INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA

CENTRO DE REFERÊNCIA EM FORMAÇÃO E EAD/CERFEAD

CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM PERÍCIA DE ACIDENTES DE TRÂNSITO

RELATÓRIO TÉCNICO-CIENTÍFICO
COLISÕES EM CRUZAMENTOS/INTERCEPTAÇÕES: ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA VELOCIDADE

Trabalho de Conclusão

LEANDRO MUTSCHALL

Florianópolis/SC

2017

LEANDRO MUTSCHALL

COLISÕES EM CRUZAMENTOS/INTERCEPTAÇÕES: ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA VELOCIDADE

Trabalho de Conclusão apresentado ao Centro de Referência em Formação e Ead/CERFEAD do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) como requisito parcial para Certificação do Curso de Pós-Graduação *lato sensu* em Perícia de Acidentes de Trânsito.

Orientadora: Denise de Mesquita Corrêa, MSc.

Florianópolis/SC

2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

MUTSCHALL, LEANDRO MUTSCHALL
COLISÕES EM CRUZAMENTOS/INTERCEPTAÇÕES: ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA VELOCIDADE / LEANDRO MUTSCHALL MUTSCHALL ; orientação de Denise de Mesquita Corrêa Corrêa. - Florianópolis, SC, 2017.
51 p.

Monografia (Pós-graduação Lato Sensu - Especialização) - Instituto Federal de Santa Catarina, Centro de Referência em Formação e Educação à Distância - CERFEAD. Especialização em Perícia de Acidentes de Trânsito. Departamento de Educação à Distância.
Inclui Referências.

1. Colisões. 2. Transversais. 3. Velocidade. I. Corrêa, Denise de Mesquita Corrêa. II. Instituto Federal de Santa Catarina. Departamento de Educação à Distância. III. Título.

LEANDRO MUTSCHALL

COLISÕES EM CRUZAMENTOS/INTERCEPTAÇÕES: ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA VELOCIDADE

Este Trabalho de Conclusão foi julgado e aprovado para a obtenção do título de Especialista em Perícia de Acidentes de Trânsito do Centro de Referência em Formação e Ead do Instituto Federal de Santa Catarina - CERFEAD/IFSC.

Florianópolis, (dia) de (mês) de ano.

.....

Prof. Nilo Otani

Coordenador do Programa

BANCA EXAMINADORA

.....

Denise de Mesquita Corrêa, MSc. - Orientadora

.....

João Mauricio Zancan

.....

Anneliese Migosky Maia, MSc.

Dedico este trabalho a você Diana, minha esposa, pessoa com quem amo partilhar a vida. Obrigado pelo carinho pela paciência e por sua capacidade de me trazer paz na correria de cada dia.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao corpo de instrutores pela dedicação e pelo conhecimento repassado.

Agradeço à professora Denise de Mesquita Corrêa pela orientação na confecção deste trabalho.

O primeiro de todos os deveres do homem, aonde quer que o leve a sua vocação ou a sua sorte, é a sinceridade, a verdade, a conformidade entre o que diz e o que sente, entre o que obra e o que diz.

(Rui Barbosa)

RESUMO

MUTSCHALL, Leandro. **Relatório técnico-científico. Colisões em cruzamentos/interceptações: análise da influência da velocidade**. 2017. XX f. Trabalho de Conclusão (Curso de Pós-Graduação *lato sensu* em Perícia de Acidentes de Trânsito) – Instituto Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC, 2017.

O trânsito envolve a utilização das vias terrestres por pessoas, veículos e animais possuindo as mais diversas condições de trafegabilidade com o movimento das suas unidades de tráfego no mesmo sentido, em sentidos opostos e em sentidos que se cruzam. Olhando especificamente para os cruzamentos, tem-se a questão da definição da prioridade de trânsito. No ano de 2014, o desrespeito à prioridade de trânsito e/ou outros fatores causaram 17.944 acidentes com 14.568 feridos e 770 óbitos. Este potencial de causar mortos e feridos reforça que, ao aproximar-se de qualquer tipo de cruzamento, o condutor deve fazer isso com cautela e velocidade moderada. Usando referências bibliográficas nacionais, efetuou-se a análise da influência da velocidade em um acidente simulado utilizado como avaliação final da fase presencial do presente curso de pós-graduação. Desta forma, o acidente em tela foi analisado em dois momentos. A primeira análise foi realizada na elaboração do laudo pericial, produto da avaliação final para a fase presencial deste curso, e a segunda análise na elaboração deste relatório técnico-científico. Como resultado, as duas análises apontaram para a mesma causa determinante. Na primeira análise foi detectado um erro em uma das fórmulas utilizadas que em outros casos (acidentes) poderia alterar o apontamento correto da causa determinante. A detecção deste erro reforça que em futuros cursos de perícia em acidentes de trânsito, o conteúdo e o número de aulas direcionadas ao estudo das colisões transversais poderia ser ampliado visando melhorar a análise deste tipo de acidente.

Palavras-chave: Colisões. Transversais. Velocidade. Causa Determinante. Trânsito.

ABSTRACT

MUTSCHALL, Leandro. **Technical-scientific report. Collisions at intersections / interceptions:** analysis of the influence of speed. 2017. XX f. Trabalho de Conclusão (Curso de Pós-Graduação *lato sensu* em Perícia de Acidentes de Trânsito) – Instituto Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC, 2017.

The traffic involves the use of land routes by people, vehicles and animals possessing the most diverse traffic conditions with the movement of their traffic units in the same direction, in opposite directions and in intersecting directions. Looking specifically for intersections, there is a question of traffic priority. The year of 2014 stated the disrespect to the priority of transit and/or other factors caused 17,944 accidents with 14,568 injured and 770 deaths. This potential to cause death and injury reinforces that, when approaching intersections, the driver must proceed with caution and moderate speed. Using national bibliographical references, the influence of velocity in a simulated accident used in a final evaluation moment of the on-campus phase of this postgraduate course was analyzed. Therefore, this accident was analyzed in two moments. The first analysis was carried out in the elaboration of the expert report, product of the final evaluation moment for the on-campus phase of this course, and the second analysis took place in the preparation of this technical-scientific report. As a result, both analysis pointed to the same determining cause. In the first analysis, an error was detected in one of the mathematical formula used that, in other cases (accidents), could change the correct indication of the determining cause. The detection of this error reinforces that in future courses of expertise in traffic accidents the content and the number of classes directed to the study of the transversal collisions could be enlarged in order to improve the analysis of this type of accident.

Keywords: Collisions. Transverse. Velocity. Determining cause. Traffic.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....10

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 12

3 RESULTADOS E ANÁLISE.....19

4 CONCLUSÕES.....24

REFERÊNCIAS.....25

APÊNDICE A – LAUDO PERICIAL.....26

1 INTRODUÇÃO

O trânsito envolve a utilização das vias terrestres por pessoas, veículos e animais, para fins de circulação, parada, estacionamento, carga e descarga. Também são consideradas vias terrestres as praias abertas à circulação, as vias internas de condomínios e as vias e áreas de estacionamento de estabelecimentos privados de uso coletivo (BRASIL, 1997).

Estas vias terrestres possuem as mais diversas condições de trafegabilidade e envolvem o movimento de veículos no mesmo sentido, em sentidos opostos e em sentidos que se cruzam. No entanto, observando especificamente para os cruzamentos, tem-se a questão da definição da prioridade de trânsito (ALMEIDA, 2015).

O CTB estabelece as normas para circulação nas vias terrestres. Tratando especificamente da prioridade de trânsito nos cruzamentos, primeiramente prevalece a sinalização do agente de trânsito sobre as demais sinalizações. Na sequência, entram as indicações do semáforo e, quando este não está presente, a indicação de preferência em cruzamentos pode ser realizada pelas placas de “Pare” (R-1) e Dê a Preferência (R-2). Em cruzamentos não sinalizados terá preferência o veículo que estiver trafegando por rodovia, em rotatória o que estiver por ela circulando e nos demais casos o veículo que vier da direita (BRASIL, 1997).

Segundo o relatório de pesquisa publicado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, no ano de 2014 foram registrados nas rodovias federais 169.163 acidentes e dentre estes 17.944 são de colisões transversais. Analisando somente as colisões transversais, o número de pessoas feridas neste tipo de acidente foi de 14.568. O número de óbitos foi de 770, sendo o quarto no ranking de mortos entre os dezesseis tipos de acidentes considerados. No estado de Santa Catarina, foram registrados em rodovias federais 18.178 acidentes que resultaram em 537 óbitos. (IPEA, 2015).

Considerando que os dados estatísticos apresentados acima mostram o potencial que as colisões transversais possuem de causar óbitos e feridos, considerando também que ao aproximar-se de qualquer tipo de cruzamento o condutor deve fazê-lo com cautela e velocidade moderada, o foco deste trabalho é estudar a influência da velocidade nas colisões transversais (interceptações), buscando verificar se a colisão iria ocorrer mesmo que o veículo interceptado estivesse transitando na velocidade regulamentar. Este tipo de análise possibilita apontar com mais precisão a

causa determinante, ou seja, definir "por que" o fato ocorreu e buscar dentro do contexto o elemento ou o fator causador do acidente, evitando de atribuí-la somente ao veículo interceptador pois o veículo interceptado e que possui a prioridade de trânsito não pode valer-se desta prerrogativa para desenvolver uma velocidade excessiva.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo procura mostrar como analisar as colisões transversais e verificar a influência do excesso de velocidade do veículo com prioridade de trânsito neste tipo de acidente.

2.1 Da metodologia de trabalho apresentada em física aplicada à perícia de acidentes de trânsito

Apresentada no módulo dois da Unidade de Física Aplicada à Perícia de Acidentes de Trânsito, a metodologia de trabalho consiste em fazer uma simulação com o veículo que possuía prioridade de trânsito e que se encontrava com velocidade excessiva. Esta metodologia de trabalho consiste em posicionar o veículo com prioridade de trânsito no ponto de percepção de seu condutor, trafegando com velocidade regulamentar e sem obrigação de frear. Caso esta análise constate que em velocidade regulamentar, o acidente não teria ocorrido, o veículo interceptado não pode valer-se da prioridade de trânsito para se eximir da culpa pela causa do acidente.

A análise inicia retroagindo o veículo com excesso de velocidade até o ponto de percepção do seu condutor e calcula-se a distância que ele percorreria na velocidade regulamentar a partir daquele ponto, no tempo gasto desde a percepção até a colisão. Neste instante, o veículo que o interceptou estará sobre o ponto de colisão e o veículo interceptado, com prioridade de trânsito e em velocidade regulamentar, em geral, ainda terá uma certa distância a percorrer. Esta distância a percorrer levará mais um tempo o que determinará a distância que o veículo interceptador poderia percorrer. Esta distância, por sua vez, será comparada com a distância necessária para livrar a pista do veículo com prioridade de trânsito e excesso de velocidade.

Tomando como base esta linha de raciocínio apresentada na apostila do curso, apresentaremos, nos próximos tópicos, de maneira mais detalhada, como realizar a análise da influência da velocidade, complementando o conhecimento com informações retiradas dos autores Almeida (2015) e Aragão (2016).

2.2 Do levantamento do local

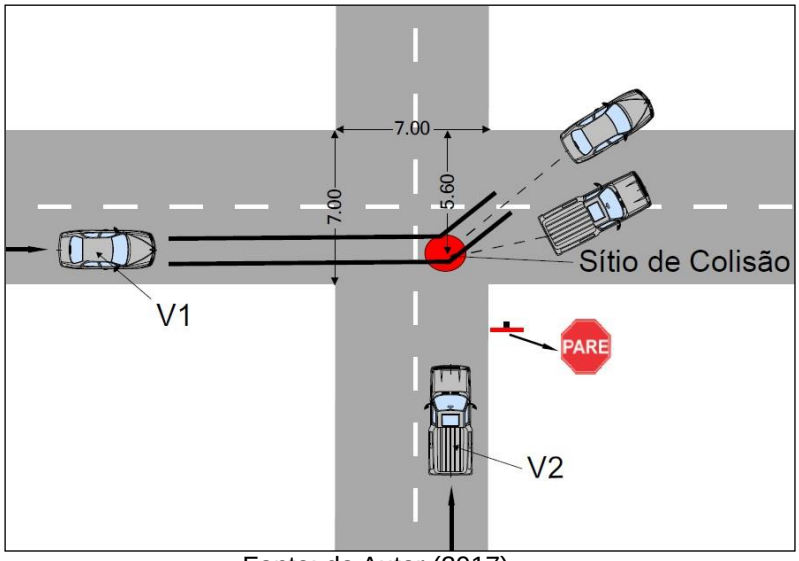
Algumas considerações acerca do levantamento do local devem ser salientadas,

visto que a falta de certos dados compromete a análise em questão. Neste sentido, Almeida (2015) alerta que além das medidas de amarração que indicam o posicionamento dos veículos e dos vestígios, é fundamental a medida da largura das vias e do comprimento dos veículos. Esta última medida deve ser tomada desconsiderando as avarias, ou seja, a medida original do veículo antes da colisão.

A definição do sítio de colisão, o levantamento do posicionamento das placas regulamentares de sinalização que determinam a prioridade de trânsito, bem como dos semáforos e sua respectiva condição de funcionamento, também devem ser anotados, pois é com estes dados que se desenvolve toda a análise.

Na figura 1, apresentada na sequência, segue um exemplo de croqui no qual além do posicionamento dos veículos, do sítio de colisão e vestígios, também são acrescentadas as medidas das vias e o posicionamento da sinalização. Fica também convencionado que o veículo com prioridade de trânsito passará a ser chamado de V1 e o veículo sem prioridade de trânsito será chamado de V2.

Figura 1: Exemplo de croqui de um acidente fictício



Fonte: do Autor (2017).

2.3 Do cálculo da velocidade

Para desenvolver o estudo da influência da velocidade nas colisões transversais, é necessário calcular a velocidade em que circulavam os veículos envolvidos na ocorrência. Para isso podemos utilizar alguns métodos, contudo, por não serem objeto do estudo deste trabalho, estes cálculos não serão apresentados e a título de exemplo,

a velocidade será dada já calculada.

2.4 Do cálculo do ponto de percepção

Aragão (2016) define o ponto de percepção como sendo a posição do veículo V1, no preciso momento da percepção. O ponto de percepção indica o local em que o condutor do V1 percebeu o outro veículo e iniciou o processo de percepção-reação, na tentativa de evitar o acidente.

Almeida (2015), no capítulo em que trata do estudo dos atropelamentos, define o ponto de percepção possível como sendo o ponto na pista, anterior ao sítio de colisão, correspondente ao trecho percorrido pelo veículo atropelador durante o tempo de travessia do pedestre, ou seja, o ponto em que o veículo estava no momento do início da travessia da pista pelo pedestre.

Para determinar o ponto de percepção, a partir daqui chamado apenas de PP é preciso conhecer a velocidade total (V_t) que o veículo desenvolvia bem como a distância de frenagem medida do seu início até imediatamente antes do ponto de colisão.

O cálculo do PP é dado pela soma da distância de percepção com a distância de frenagem, logo: $PP = d_p + d_f$

Onde: $d_p =$ obtida pela multiplicação da velocidade total com o tempo psicotécnico;

$d_f =$ distância de frenagem medida do seu início até imediatamente antes do ponto de colisão.

2.5 Do cálculo do tempo total

O tempo total corresponde ao tempo despendido pelo veículo V1 desde o pondo de percepção até o sítio de colisão. O tempo total é obtido pela soma do tempo de frenagem com o tempo psicotécnico, logo: $t_t = t_f + t_p$

Onde: $t_t =$ tempo total;

$t_f =$ tempo de frenagem (do início até o ponto de colisão);

$t_p =$ tempo psicotécnico de reação.

Para a obtenção do tempo de frenagem é necessário subtrair da velocidade total a velocidade no instante da colisão e dividir o resultado pela multiplicação do coeficiente de atrito pela aceleração da gravidade. Logo: $t_f = \frac{V_t - V_{ic}}{k.g}$

Onde: $t_f =$ tempo de frenagem;

$V_t =$ velocidade total;

$V_{ic} =$ velocidade no instante da colisão;

$K =$ coeficiente de atrito;

$g =$ aceleração da gravidade (9,8 m/s).

Para o cálculo da velocidade no instante da colisão deve-se extrair a raiz quadrada do valor obtido pelo quadrado da velocidade total do veículo menos duas vezes o coeficiente de atrito, multiplicado pela aceleração da gravidade e pela medida da distância de frenagem antes da colisão. Logo: $V_{ic} = \sqrt{V_t^2 - 2.k.g.d_f}$

Onde: $V_{ic} =$ velocidade no instante da colisão;

$V_t =$ velocidade total do veículo;

$K =$ coeficiente de atrito;

$g =$ aceleração da gravidade (9,8 m/s);

$d_f =$ distância de frenagem antes da colisão.

2.6 Do cálculo da distância de pista

Colocado o veículo V1 no PP, é realizada uma simulação como se o mesmo trafegasse na velocidade regulamentar da pista, no intervalo de tempo em que foi retroagido (Almeida, 2015).

Aragão (2016) chama esta distância de pista de ponto de não escapada (PNE) que, quando calculado em função da velocidade da pista é chamado de ponto de não escapada da pista (PNEp) e quando em função da velocidade do veículo é chamado de

ponto de não escapada do veículo (PNEv). Em resumo, o PNE é simplesmente conceituado como a posição além da qual o acidente não mais pode ser evitado. Logo: $d_{pista} = V_{pista} . t_t$

Onde: $d_{pista} =$ distância de pista calculada em função da velocidade regulamentar;

$V_{pista} =$ velocidade regulamentar da via;

$t_t =$ tempo total (já calculado anteriormente).

2.7 Do cálculo da distância remanescente

Como dito anteriormente, esta metodologia que está sendo apresentada destina-se a colisões transversais nas quais o veículo V1 desenvolve velocidade acima da velocidade regulamentar da via. Dito isso, Almeida (2015), em sua obra continua a análise buscando verificar qual a influência do excesso de velocidade na causa do acidente. Como o veículo V1 trafegava com velocidade excessiva, ao atribuir no cálculo uma velocidade inferior, no caso a velocidade regulamentar, irá ter uma "sobra" de espaço e tempo. Utilizando o valor do PP e o valor da distância de pista calcula-se a distância remanescente que é obtida pela subtração dos dois valores. Logo: $d_r = PP - d_{pista}$

Onde: $d_r =$ distância remanescente;

$PP =$ ponto de percepção;

$d_{pista} =$ distância de pista.

2.8 Do cálculo do tempo remanescente

Dividindo a distância remanescente pela velocidade da pista, encontra-se o valor do tempo remanescente. Da mesma maneira como ocorre no cálculo da distância remanescente ao usar uma velocidade inferior à que realmente trafegava o veículo V1 teremos uma "sobra" de tempo chamada de tempo remanescente. Logo: $t_r = \frac{d_r}{V_{pista}}$

Onde: $t_r =$ tempo remanescente;

$d_r =$ distância remanescente;

$V_{pista} =$ distância de pista.

2.9 Do cálculo da distância de livramento

A distância de livramento é o espaço possível de ser percorrido pelo veículo V2 em função da velocidade que ele desenvolvia no momento do acidente e do tempo restante (remanescente), caso este veículo estivesse trafegando em velocidade regulamentar. Logo: $d_L = V.t_r$

Onde: $d_L =$ distância de livramento;

$V =$ velocidade desenvolvida pelo veículo V1;

$t_r =$ tempo remanescente.

2.10 Do cálculo da distância de travessia

A distância de travessia (d_{trav}) pode ser determinada no croqui ou ainda no local do acidente. É possível obter este valor somando a distância que ainda resta para que o veículo interceptador termine de cruzar a pista com o tamanho do próprio corpo do veículo.

2.11 Comparando a distância de livramento com a distância de travessia

Após realizados todos os cálculos, Almeida (2015) apresenta três situações possíveis que devem ser analisadas mediante a comparação dos valores obtidos para a d_L e para a d_{trav}.

A primeira situação seria quando a distância de livramento for maior que a distância de travessia $(d_L > d_{trav})$. Nesta situação, a distância teórica de livramento é suficiente para que o veículo V2 (interceptador) livre a pista para a passagem do

veículo V1 (interceptado), isto se este último estivesse trafegando na velocidade regulamentar. Conclui-se, então, que o veículo V1 deu causa ao acidente por seu excesso de velocidade.

A segunda situação seria no caso da distância de livramento ser menor do que a distância de travessia $(d_L < d_{trav})$. Nesta segunda situação, inversamente à primeira, mesmo que o veículo V1 estivesse trafegando na velocidade regulamentar não seria possível evitar o acidente concluindo-se que o veículo V2 deu causa ao acidente.

Teremos ainda uma última situação possível, quando a distância de livramento for igual à distância de travessia $(d_L = d_{trav})$. Nesse caso, Almeida (2015) salienta que tanto o veículo V1 como o veículo V2 deram causa ao acidente. O condutor do veículo V2 não foi capaz de estimar corretamente o tempo para a travessia da pista e o condutor do veículo V1, devido ao excesso de velocidade que desenvolvia, não foi capaz de evitar o acidente.

As equações matemáticas apresentadas acima consideram que o cruzamento estivesse em nível, ou seja, não estavam presentes nem aclive e nem declive. Caso alguma destas características sejam observadas em futuras análises de acidentes, devem ser levadas em consideração nos cálculos.

3 RESULTADOS E ANÁLISE

O método de trabalho descrito no capítulo da Fundamentação Teórica será aplicado na análise do acidente simulado, que foi objeto de estudo para a elaboração do Laudo Pericial, utilizado como avaliação final para a fase presencial deste curso. O referido Laudo Pericial encontra-se no Anexo A deste trabalho e todos os dados para a realização dos cálculos físicos foram dele retirados. Eventuais medições que não foram realizadas no levantamento do local serão obtidas por meio digital.

3.1 Do levantamento de local do acidente simulado

O acidente simulado é do tipo colisão transversal, tendo ocorrido durante o dia envolvendo uma motocicleta e um automóvel em rodovia federal. O pavimento é do tipo asfáltico em bom estado de conservação, composto por pista simples com duplo sentido de circulação. A sinalização horizontal é dupla contínua no centro, com pintura na cor amarela em boas condições; nas bordas é de traçado simples e contínuo na cor branca.

A pista de rolamento mede aproximadamente 7,2 metros de largura, possuindo um acostamento que mede 3,55 metros. No sentido decrescente existe um acesso para a rodovia que mede 6,11 metros de largura. Há no local a presença da placa de regulamentação R-1 (parada obrigatória) distando 6,57 metros do sítio de colisão, determinando a rodovia como via preferencial. Também foi observada no sentido decrescente placa R-19, regulamentando a velocidade máxima da via em 40 km/h, distando 18,75 metros do sítio de colisão.

Transitando pela rodovia, com prioridade de trânsito, estava a motocicleta, doravante denominada como V1. Pertencente ao V1 foi encontrada uma marca de frenagem medindo 19,93 metros, sendo que 18,78 metros antes da colisão e 1,15 metros depois da colisão.

Transitando por via secundária e buscando acessar a rodovia estava o automóvel, doravante denominado de V2. Ao veículo V2 foi atribuída derrapagem de 1,15 metros para os pneus do eixo dianteiro e 0,42 metro para os pneus do eixo traseiro.

Para cálculo da velocidade mínima que a motocicleta transitava antes do impacto iremos considerar a parcela de velocidade obtida com as marcas de frenagem,

usando o coeficiente de atrito de 0,72 somada com a parcela de velocidade obtida com a distância de projeção do seu respectivo condutor cujo o coeficiente de atrito utilizado foi de 0,66. O resultado obtido foi de que a motocicleta desenvolvia velocidade não inferior a 20,1 m/s ou 72,36 km/h, estando, portanto, com excesso de velocidade.

Para o cálculo da velocidade mínima que o automóvel transitava foi considerada a parcela de velocidade obtida com as marcas de derrapagem, usando um coeficiente de atrito de 0,65. O resultado obtido foi que o automóvel desenvolvia velocidade não inferior a 3,83 m/s ou 13,78 km/h. Os cálculos detalhados da velocidade estão no laudo pericial em anexo.

3.2 Da análise da influência do excesso de velocidade da motocicleta

Os dados apresentados acima foram extraídos do Laudo Pericial apresentado no Anexo B. As informações desnecessárias aos cálculos físicos foram retiradas para tornar a leitura e compreensão mais diretamente relacionada com a análise da ocorrência.

CÁLCULO DO PONTO DE PERÇEPÇÃO

O cálculo do PP é dado pela soma da distância de percepção com a distância de frenagem, logo: $PP = d_p + d_f$

Onde: $d_p = 20{,}1 \times 1 = 20{,}1$ metros;

$d_f = 18{,}78$ metros;

$PP = 20{,}1 + 18{,}78 = 38{,}88$ metros.

Obs.: foi utilizado um tempo de reação psicotécnico de 1 segundo.

CÁLCULO DA VELOCIDADE NO INSTANTE DA COLISÃO

O cálculo da velocidade no instante da colisão é realizado usando a seguinte

fórmula:

$$V_{ic} = \sqrt{V_t^{\,2} - 2.k.g.d_f}$$

$$V_{ic} = \sqrt{20{,}1^2 - 2.0{,}72.9{,}81.18{,}78} = 11{,}77 \text{ m/s}$$

Onde: $K =$ coeficiente de atrito (0,72);

$g =$ aceleração da gravidade (9,8 m/s);

$d_f =$ distância de frenagem antes da colisão.

CÁLCULO DO TEMPO DE FRENAGEM ANTES DA COLISÃO

Usando a fórmula abaixo é possível calcular o tempo de frenagem antes da colisão:

$$t_f = \frac{V_t - V_{ic}}{k.g}$$

$$t_f = \frac{20{,}1 - 11{,}77}{0{,}72 \times 9{,}81} = 1{,}17$$

Onde: $K =$ coeficiente de atrito (0,72);

$g =$ aceleração da gravidade (9,8 m/s).

CÁLCULO DO TEMPO TOTAL

O tempo total é obtido pela soma do tempo de frenagem com o tempo psicotécnico:

$$t_t = t_f + t_p$$

$$t_t = 1{,}17 + 1 = 2{,}17 \text{ segundos}$$

CÁLCULO DA DISTÂNCIA DE PISTA

O cálculo da distância de pista é feito usando a seguinte fórmula:

$$d_{pista} = V_{pista}.t_t$$

$$d_{pista} = 11{,}11 \times 2{,}17 = 24{,}1 \text{ metros}$$

CÁLCULO DA DISTÂNCIA REMANESCENTE

Utilizando o valor do PP e o valor da distância de pista calcula-se a distância remanescente que é obtida pela subtração dos dois valores:

$$d_r = PP - d_{pista}$$

$$d_r = 38{,}88 - 24{,}1 = 14{,}78 \text{ metros}$$

CÁLCULO DO TEMPO REMANESCENTE

Dividindo a distância remanescente pela velocidade da pista, encontra-se o valor do tempo remanescente.

$$t_r = \frac{d_r}{V_{pista}}$$

$$t_r = \frac{14{,}78}{11{,}11} = 1{,}33 \text{ segundos}$$

CÁLCULO DA DISTÂNCIA DE LIVRAMENTO

A distância de livramento é calculada multiplicando-se a velocidade que o veículo V2 desenvolvia pelo tempo restante (remanescente):

$$d_L = V.t_r$$

$$d_L = 3.83 \times 1{,}33 = 5{,}09 \text{ metros}$$

CÁLCULO DA DISTÂNCIA DE TRAVESSIA

O valor da distância de travessia é obtido pela soma da distância que ainda resta

para que o veículo interceptador termine de cruzar a pista com o tamanho do próprio corpo do veículo:

$$d_{trav} = 5{,}56 + 4{,}28 = 9{,}84 \text{ metros}$$

COMPARANDO A DISTÂNCIA DE LIVRAMENTO COM A DISTANCIA DE TRAVESSIA

Como resultado, temos que a distância de livramento (5,09 metros) é menor do que a distância de travessia (9,84 metros). Nesta situação, mesmo que o veículo V1 estivesse trafegando na velocidade regulamentar não seria possível evitar a colisão concluindo-se que o veículo V2 deu causa ao acidente por calcular erroneamente o tempo para atravessar a rodovia.

4 CONCLUSÕES

O objetivo principal deste trabalho foi estudar a influência da velocidade em acidentes do tipo colisão transversal, buscando verificar se a colisão iria ocorrer mesmo se o veículo interceptado estivesse transitando na velocidade regulamentar.

Esta metodologia de análise foi aplicada em dois momentos distintos ao acidente simulado da fase presencial, no primeiro, por ocasião da confecção do laudo pericial utilizado como avaliação final da fase presencial e, em um segundo momento, na elaboração deste relatório técnico-científico.

Efetuando a comparação dos resultados obtidos na análise da causa determinante do acidente simulado, ambos os resultados apontaram o condutor do veículo V2 como causador do acidente. Este condutor estimou erroneamente o tempo de travessia da pista, o que levou seu veículo a interceptar o traçado do veículo com prioridade de trânsito.

Contudo, apesar das duas análises apontarem para a mesma causa determinante, foi detectado um erro nos cálculos. Este erro foi apontado na fase de correção do laudo pericial do acidente simulado. A fórmula equivocada utilizada para cálculo da distância de travessia considerou o comprimento do veículo somado com a largura da faixa. A fórmula correta deve levar em consideração o comprimento do próprio corpo do veículo somado com a distância que falta para atravessar a pista.

A detecção deste erro reforça a consideração realizada no início desse trabalho de que o estudo das colisões transversais necessita ser aprofundado. No acidente estudado, o erro não causou alteração na causa determinante, mas em outras situações isso poderá ocorrer, levando à conclusão equivocada de qual condutor deu causa à colisão.

Como sugestão, os futuros cursos de perícia em acidentes de trânsito poderiam ampliar o conteúdo da apostila e das horas/aula direcionadas ao estudo das colisões transversais.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. L. de. **Manual de perícias em acidentes de trânsito.** 2. ed. Campinas: Millennium, 2015.

ARAGÃO, R. F. **Acidentes de trânsito:** análise da prova pericial. 6. ed. Campinas: Millennium, 2016.

ARAÚJO, A. X; MACHADO, W. R. **Perícia Em Acidentes de Trânsito:** Física Aplicada à Perícia de Acidentes de Trânsito - Módulo II. Florianópolis: IFSC, 2016.

BRASIL. Decreto**-lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997**. Institui o Código de Trânsito Brasileiro. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9503.htm>. Acesso em: 29 dez. 2016.

BRASIL. **Relatório de Pesquisa: Acidentes de Trânsito nas Rodovias Federais Brasileiras:** Caracterização, Tendências e Custos para a Sociedade.

IPEA. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/150922_relatorio_acidentes_transito.pdf>. Acesso em: 29 dez. 2016.

APÊNDICE A – LAUDO PERICIAL

PERÍCIA PRF

LAUDO PERICIAL DE ACIDENTE DE TRÂNSITO

Laudo Pericial PRF nº:	Emissão:	Acidente ocorrido em:

0000000 22/11/2016 04/11/2016

MINISTÉRIO DA JUSTIÇA

MINISTRO DA JUSTIÇA

Alexandre de Moraes

DEPARTAMENTO DE POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL

DIRETORA GERAL

Maria Alice Nascimento Souza

CORDENADOR GERAL DE OPERAÇÕES

Ciro Vieira Ferreira

8ª SUPERINTENDÊNCIA DE POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL

SUPERINTENDENTE REGIONAL

Fabrício Colombo

PERITO RESPONSÁVEL:

Leandro Mutschall

Policial Rodoviário Federal - Autor

Matrícula: 1971019

Laudo Pericial de Acidente de Trânsito Nº: 0000000

SUMÁRIO

1. EMBASAMENTO LEGAL 1

2. HISTÓRICO DO ACIDENTE 2

3. DO LOCAL 3

3.1. Da Via 3

3.2. Dos Vestígios Encontrados no Local 4

4. DOS VEÍCULOS 7

4.1. Do Veículo V1 - Honda CBX 250 Twister 7

4.2. Do Veículo V2 - GM Astra GLS 2.0 MPFI 7

5. DA VÍTIMA 9

6. DO ESTUDO DA DINÂMICA DO EVENTO 11

6.1. Dos Cálculos Físicos 11

6.1.1 Do Estudo da Causa Determinante do Acidente 12

7. CONCLUSÕES 14

8. ENCERRAMENTO 15

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 16

APÊNDICE A - CROQUI DO LOCAL DO ACIDENTE 17

APÊNDICE B - MEMORIAL DE CÁLCULOS FÍSICOS 18

1. EMBASAMENTO LEGAL

A base legal para a atividade de levantamento de local de acidentes de trânsito e a realização de perícia pela Polícia Rodoviária Federal (PRF) passa inicialmente pela lei nº 9503/95 - Código de Trânsito Brasileiro, seguido pelo Decreto nº 1655/95 que trata das competências da PRF e internamente pela Portaria nº 1375/07 - Regimento interno da PRF.

No Código de Trânsito Brasileiro dentre as várias atribuições da PRF nas rodovias e estradas federais, conforme o artigo 20 inciso IV, compete também efetuar o levantamento dos locais de acidente de trânsito e dos serviços de atendimento, socorro e salvamento de vítimas.

No decreto nº 1655/95, em seu artigo 1º inciso V, de maneira mais explícita estão a realização de perícias e levantamentos de locais, bem como testes de dosagem alcoólica e outros procedimentos estabelecidos em leis e regulamentos, necessários à elucidação dos acidentes de trânsito.

Internamente o Regimento Interno do Departamento de Polícia Rodoviária Federal (DPRF), publicado na portaria nº 1375/07 em seu artigo 1º inciso V repete o que foi previsto no decreto nº 1655/95 incluindo no texto a análise de disco diagrama.

Portanto, o levantamento de locais de acidentes bem como a realização de perícia, quando necessário, pela PRF, se dá em cumprimento ao Decreto Presidencial nº 1655/95, à Lei 9503/97 e à Portaria nº 1.375/07 do Ministério da Justiça.

2. HISTÓRICO DO ACIDENTE

Em 04/11/2016 às 07h30, no quilômetro 145,0 da rodovia BR 116, localizada no município de Mandirituba/PR, ocorreu o acidente do tipo colisão transversal, envolvendo dois veículos. O veículo V1, uma motocicleta Honda CBX 250 Twister de placa AMW2830/PR e o veículo V2 um automóvel GM Astra GLS 2.0MPFI de placa AMF0987/PR.

O acionamento da equipe de perícia ocorreu às 07h40, logo após a equipe PRF de serviço na região, receber a confirmação da morte do condutor do veículo V1 (motocicleta) pela equipe de resgate dos Bombeiros Militares que atenderam a ocorrência. A chegada da equipe de perícia, composta pelo policiais Mutschall e Cutrim deu-se às 07h50. Foi encontrada uma cena preservada, isolada e sinalizada. Os veículos permaneciam em seus locais de repouso. O condutor do veículo V2 (automóvel) foi socorrido para o hospital local. A vítima morta foi removida pelo Instituto Geral de Perícias para o IML local.

3. DO LOCAL

3.1. Da Via

Trecho de rodovia federal, localizado no quilômetro 145 da BR 116, com traçado em reta, situado no município de Mandirituba/PR. É composto por pista simples, com duplo sentido de circulação, medindo aproximadamente 7,2 metros de largura. O pavimento é do tipo asfalto, em bom estado de conservação. A via possui uma faixa para cada sentido de circulação, demarcada por linhas horizontais em boas condições, dupla contínua de cor amarela no eixo longitudinal e simples na cor branca para delimitação das bordas. O acostamento possui pavimento do tipo asfalto, medindo 3,55 metros de largura (Figura 1).

Figura 1: Fotografia panorâmica do local do acidente

No sentido Rio Negro - Curitiba existe um acesso para uma estrada local, medindo 6,11 metros de largura, devidamente sinalizado com uma placa R-1, regulamentando a parada obrigatória no acesso à BR 116, distando 6,57 metros do sítio de colisão (Figura 2). Também foi observada neste mesmo sentido a presença de sinalização vertical, placa R-19, regulamentando em 40 km/h a velocidade de circulação no local, distando 18,75 metros do sítio de colisão (Figura 3).

Figura 2: Acesso para estrada local e placa R-1

Figura 3: Placa R-19 de 40 km/h

O terreno marginal é plano e recoberto por vegetação rasteira, a pista de rolamento apresenta bom estado de conservação e encontrava-se seca no momento do acidente. As condições meteorológicas eram boas caracterizadas céu nublado com aberturas de sol. A visibilidade no local é boa, sem restrições e os trechos anteriores e posteriores ao acidente possuem condições semelhantes.

3.2. Dos Vestígios Encontrados no Local

O veículo V1 (motocicleta) foi encontrado imobilizado junto à lateral esquerda do veículo V2 (automóvel), ambos imobilizados em posição diagonal à rodovia, com a região frontal direcionada para o sentido decrescente, na faixa do sentido decrescente (Figura 4).

Figura 4: Posição final do veículos V1 e V2

Foi encontrada uma marca de frenagem com 19,93 metros de comprimento, pertencente ao V1 sendo que 18,78 metros antes da colisão e 1,15 metros depois do sítio de colisão (deflexão da frenagem). O veículo V2, devido à força da colisão, sofreu derrapagem de 1,15 metros para os pneus do eixo dianteiro e 0,42 metro para os pneus do eixo traseiro (Figuras 5 e 6).

Figura 5: Marcas de frenagem do veículo V1

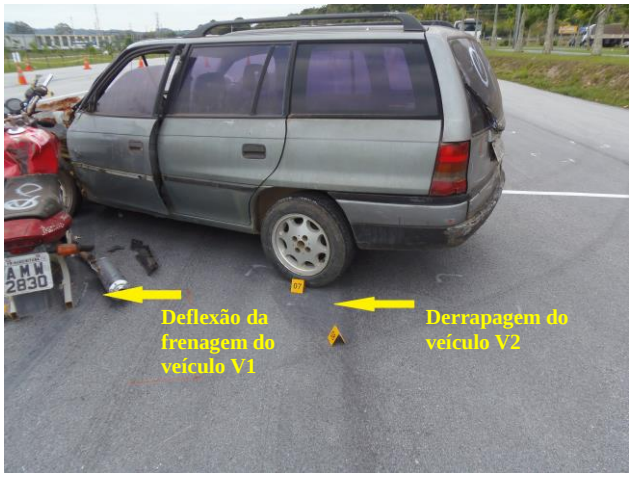


Figura 6: Deflexão da frenagem do veículo V1 e marca da derrapagem do veículo V2

O condutor do V1 estava em decúbito ventral, com orientação longitudinal sobre o eixo da via, a cabeça apontando para o sentido decrescente e os pés unidos apontando para o sentido crescente, distando 13,59 metros do sítio de colisão. Nota-se ainda marcas de fluidos biológicos (sangue), medindo 2,52 metros resultado do atritamento do corpo do condutor do V1 com o pavimento asfáltico e também próximo à cabeça. O capacete foi encontrado distando 2,2 metros da cabeça do condutor do V1 (Figura 7).

Figura 7: Fotografia da posição final do condutor da motocicleta (vítima) após a projeção, das marcas de fluido biológico e do capacete

4. DOS VEÍCULOS

4.1. Do Veículo V1 - Honda CBX 250 Twister

O veículo V1 é uma motocicleta marca Honda, modelo CBX 250 Twister, ano 2005 cor vermelha, placa AMW-2830, chassi 9C2MC35005R035274. O veículo está registrado na cidade de Mandirituba/PR, pertencendo a Leandro Wenc, portador do CPF 086.958.519-31, e no momento do acidente era conduzido por Tizil do Ceará, CPF 201.372.445-56.

Devido ao impacto em V2 a motocicleta Honda sofreu diversas avarias, estas presentes principalmente na porção anterior e média, orientadas no sentido anterior para posterior. Dentre as avarias sofridas podemos destacar as ocorridas nos amortecedores dianteiros, roda dianteira, guidão e suas fixações, farol, painel, tanque de combustível e partes do motor (Figuras 8 e 9). Os pneumáticos estão em bom estado de conservação.

Figura 8: Veículo V1 - danos na região frontal

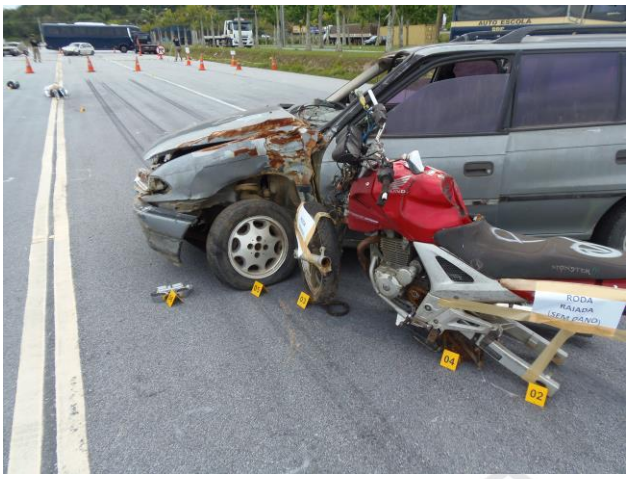


Figura 9: Veículo V1 - danos no tanque de combustível

4.2. Do Veículo V2 - GM Astra GLS 2.0 MPFI

O veículo V2 é um automóvel marca GM, modelo Astra GLS 2.0 MPFI, ano 1995 cor prata, placa AMF-0987, chassi W0L000051S2727649. O veículo está registrado na cidade de Curitiba/PR, pertencendo a Orlei de Mello Ramos, portador do CPF 039.383.509-03 e conduzido no momento do acidente por Paulo Sergio Machado, CPF 705.398.889-73.

Devido ao impacto o veículo V2 sofreu danos em sua lateral anterior esquerda, com amassamento do paralama esquerdo, capô, porta dianteira esquerda e coluna A esquerda (Figura 10), reproduzindo um estampamento da motocicleta na região de impacto (Figura 11). Os pneumáticos estão em bom estado de conservação.

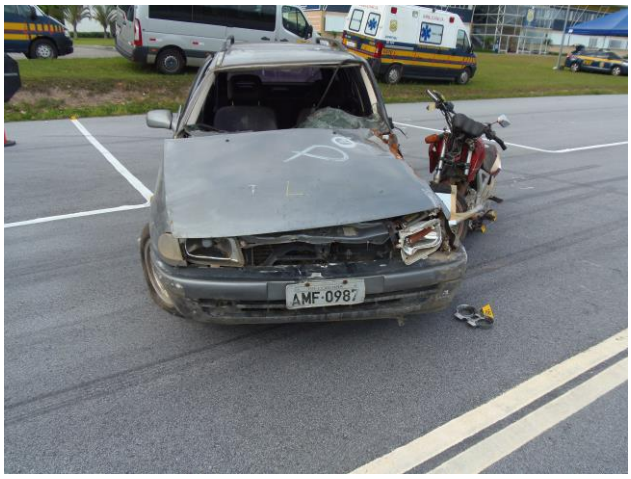


Figura 10: Região frontal do veículo V2

Figura 11: Região lateral esquerda do veículo V2

5. DA VÍTIMA

A ocorrência em estudo resultou na morte do condutor do veículo V1, motocicleta Honda CBX 250 Twister, placa AMW-2830, em consequência das lesões sofridas na colisão com o veículo V2, GM Astra, placa AMF-0987.

O condutor do V1, foi identificado como sendo o Sr. Tizil do Ceará, CPF 201.372.445-56, filho de Zeca Urubú do Ceará e Pombinha do Ceará, nascido em 20/10/1956 (Figura 12 e 13). Encontrava-se em decúbito ventral, alinhado longitudinalmente sobre o eixo da via, com a cabeça apontando para o sentido decrescente. Usava camiseta branca de algodão e bermuda marrom (Figura 14). A presença do capacete sugere que o mesmo estava sendo utilizado, contudo foi localizado 2,2 metros da cabeça do condutor, sendo que este equipamento de segurança desprendeu-se da cabeça no momento da colisão.

Figura 12: Identificação da vítima (CNH)

Figura 13: Identificação da vítima, fotografia da face

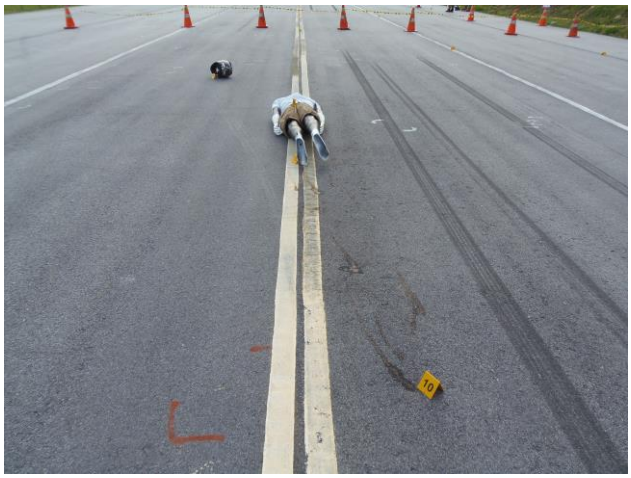


Figura 14: Posição final da vítima, do capacete e dos fluidos biológicos

Ao exame perinecroscópico foram observadas escoriações em ambos os joelhos da vítima, por atritamento contra o pavimento asfáltico e um trauma aberto (corte) na região frontal do crânio (Figuras 15 e 16). Após a realização do levantamento do local do acidente o corpo da vítima foi liberado para o IGP para ser conduzido ao IML.

Figura 15: Vítima - lesões nos joelhos (escoriações)

Figura 16: Vítima - trauma aberto na região frontal da cabeça

6. DO ESTUDO DA DINÂMICA DO EVENTO

Com base nos registros fotográficos e na interpretação dos vestígios presentes no local foi possível determinar o local do sítio de colisão, afirma-se também que o veículo V1, motocicleta Honda, seguia no sentido decrescente, quando colidiu transversalmente em V2, GM Astra, que entrava na via utilizando um acesso local também pela pista decrescente. Após o impacto o condutor do V1 foi lançado à frente, colidindo contra o pavimento em um ponto distante 9,85 metros do sítio de colisão. Sofreu ainda atritamento contra o pavimento por mais 3,74 metros tendo a área de repouso distante 13,59 metros do sítio de colisão (medida tomada no centro do abdome).

Antes do impacto, foi observada marca de frenagem do veículo V1 medindo 18,78 metros e após o impacto 1,15 metros, totalizando 19,93 metros de frenagem do veículo V1. O veículo V2, devido à força da colisão, sofreu derrapagem de 1,15 metros para os pneus do eixo dianteiro e 0,42 metro para os pneus do eixo traseiro.

Na análise das condições do pavimento não foram observadas irregularidades, defeitos ou quaisquer outros fatores que possam ter contribuído para a ocorrência deste acidente. As condições de visibilidade do local são boas, não existindo qualquer obstrução para a visão tratando-se de um trecho em reta. As condições da sinalização horizontal estavam adequadas e foi constatada a presença de placa (R-19) que regulamenta a velocidade em 40 Km/h, distando 18,75 metros do sítio de colisão e placa de parada obrigatória (R-1) no acesso à BR 116, distando 6,57 metros do sítio de colisão.

6.1. Dos Cálculos Físicos

Com base nas informações colhidas no local do evento através da análise dos vestígios (já descritos no capítulo Do Local), foi possível determinar o sítio de colisão, bem como as velocidades mínimas desenvolvidas pelos veículos momentos antes do evento, conforme variação do coeficiente de atrito. Os valores dos coeficientes de atrito para utilização nos cálculos físicos bem como as fórmulas e métodos para o cálculo da velocidade dos veículos foram obtidos livro Manual de Perícias em Acidentes de Trânsito, de autoria de Lino Leite de Almeida, pela editora Millennium, 2015.

Para cálculo da velocidade mínima em que a motocicleta circulava antes do impacto iremos considerar a parcela de velocidade obtida com as marcas de frenagem, usando o coeficiente de atrito de 0,72 somada com a parcela de velocidade obtida com a distância de projeção do seu respectivo condutor cujo o coeficiente de atrito utilizado foi de 0,66. Onde:

$V1_{fren}$: velocidade calculada usando-se as marcas de frenagem do veículo V1

$V1_{lanç}$: velocidade calculada usando-se a distância de projeção do condutor do veículo V1

Velocidade de circulação de V1: $\sqrt{V1_{fren}^{2} + V1_{lanç}^{2}}$

Velocidade de circulação de V1: $\sqrt{V1_{fren}^{2} + V1_{lanç}^{2}} = \sqrt{60{,}4^2 + 39{,}85^2} = 72{,}36$ km/h (mínima)

Velocidade de circulação de V1: $\sqrt{V1_{fren}^{2} + V1_{lanç}^{2}} = \sqrt{60{,}4^2 + 47{,}73^2} = 76{,}97$ km/h (máxima)

Portando a velocidade mínima de circulação apurada para a motocicleta foi calculada entre 72,36 e 76,97 km/h.

Para cálculo da velocidade mínima em que o automóvel circulava antes do impacto iremos considerar a parcela de velocidade obtida com as marcas de derrapagem, usando o coeficiente de atrito de 0,65. Onde:

Velocidade de circulação de V2: $\sqrt{2.\mu.g.d_{derrap}} = \sqrt{2.0{,}65.9{,}81.1{,}15} = 3{,}83$ m/s ou 13,78 km/h.

Portando a velocidade mínima de circulação apurada para o automóvel foi calculada em 13.78 km/h.

6.1.1 Do Estudo da Causa Determinante do Acidente

Considerando que o veículo V1 circulava a uma velocidade mínima de 72,36 a 76,97 km/h e o veículo V2 a uma velocidade não inferior a 13,78 km/h. Considerando também um tempo de reação psicotécnico de 1 segundo e a velocidade regulamentar local de 40 km/h, foi efetuada a análise da causa determinante do acidente.

Foi calculada a distância de travessia, considerando a soma do comprimento do automóvel com a largura da faixa a ser transposta, resultando em 7,88 metros. Para a velocidade mínima de circulação da motocicleta estimada em 72,36 km/h a distância de livramento

calculada foi de 5,09 metros. Para a velocidade mínima de circulação da motocicleta estimada em 76,97 metros a distância de livramento calculada foi de 5,93 metros.

Estes valores, como são inferiores à distância de travessia, 7,88>5,09 e 7,88>5,93, atribuem como causa determinante do acidente a obstrução da via preferencial pelo veículo automóvel. Nesta análise, mesmo considerando que a motocicleta estivesse trafegando na velocidade regulamentar da pista o acidente teria ocorrido, pois o condutor da motocicleta não teria como evitá-lo.

Toda a relação dos dados utilizados nos cálculos, bem como as fórmulas e métodos estão listados na Apêndice B - Memorial de Cálculos.

7. CONCLUSÕES

Analisados os vestígios encontrados e realizadas as devidas correlações com os danos nos veículos e as lesões encontradas na vítima, o evento caracterizou-se como sendo um acidente do tipo colisão transversal, ocorrido no km 145 da BR 116, município de Mandirituba/PR. A velocidade regulamentada paro o local é de 40 km/h. O acidente envolveu a motocicleta Honda CBX 250 Twister placa AMW-2830/PR que colidiu transversalmente no automóvel IMP GM Astra GLS 2.0 MPFI placa AMF-0987 que acessava a via preferencial. O condutor da motocicleta foi a óbito no local e o condutor do automóvel foi socorrido para o hospital local.

Os cálculos físicos foram baseados na identificação, registro e medição das marcas de frenagem da motocicleta, da distância de projeção do seu respectivo condutor após o impacto e das marcas de derrapagem deixadas no pavimento pelo automóvel.

Para a frenagem da motocicleta foi utilizado um coeficiente de atrito de 0,72. Para o atrito do condutor da motocicleta contra o asfalto foi utilizado um coeficiente de 0,66. A parcela de velocidade atribuída à projeção do seu respectivo condutor foi calculada pelo método de Searle (1983), resultando num valor mínimo e máximo para a estimativa desta respectiva parcela de velocidade. Para a derrapagem sofrida pelo automóvel foi utilizado um coeficiente de atrito de 0,65.

A motocicleta era conduzida a uma velocidade mínima que ficou estimada entre 72,36 e 76,97 km/h. O condutor do veículo automóvel conduzia a uma velocidade mínima estimada em 13,78 km/h.

Apesar da possibilidade da velocidade excessiva da motocicleta ter contribuído para o agravamento das lesões sofridas pelo seu respectivo condutor, a análise da causa determinante do acidente mostrou que o condutor do veículo automóvel, para atravessar a via preferencial, estimou erroneamente o seu tempo de travessia, o acidente ocorreria mesmo que o veículo com prioridade de trafego desenvolvesse a velocidade regulamentar da via.

O acidente em estudo resultou na morte de Tizil do Ceará, CPF 201.372.445-56, condutor da motocicleta, em virtude das lesões sofridas pela colisão no automóvel Astra e pela projeção de seu corpo sobre o pavimento asfáltico. Ante o exposto e considerando todos os dados analisados e apresentados conclui-se que a atitude do condutor do veículo automóvel deu causa para a ocorrência deste evento acidente.

8. ENCERRAMENTO

Nada mais havendo a relatar, encerra-se o presente laudo o qual segue impresso e devidamente assinado, composto por oito capítulos e dois apêndices, totalizando 24 (vinte e quatro) páginas.

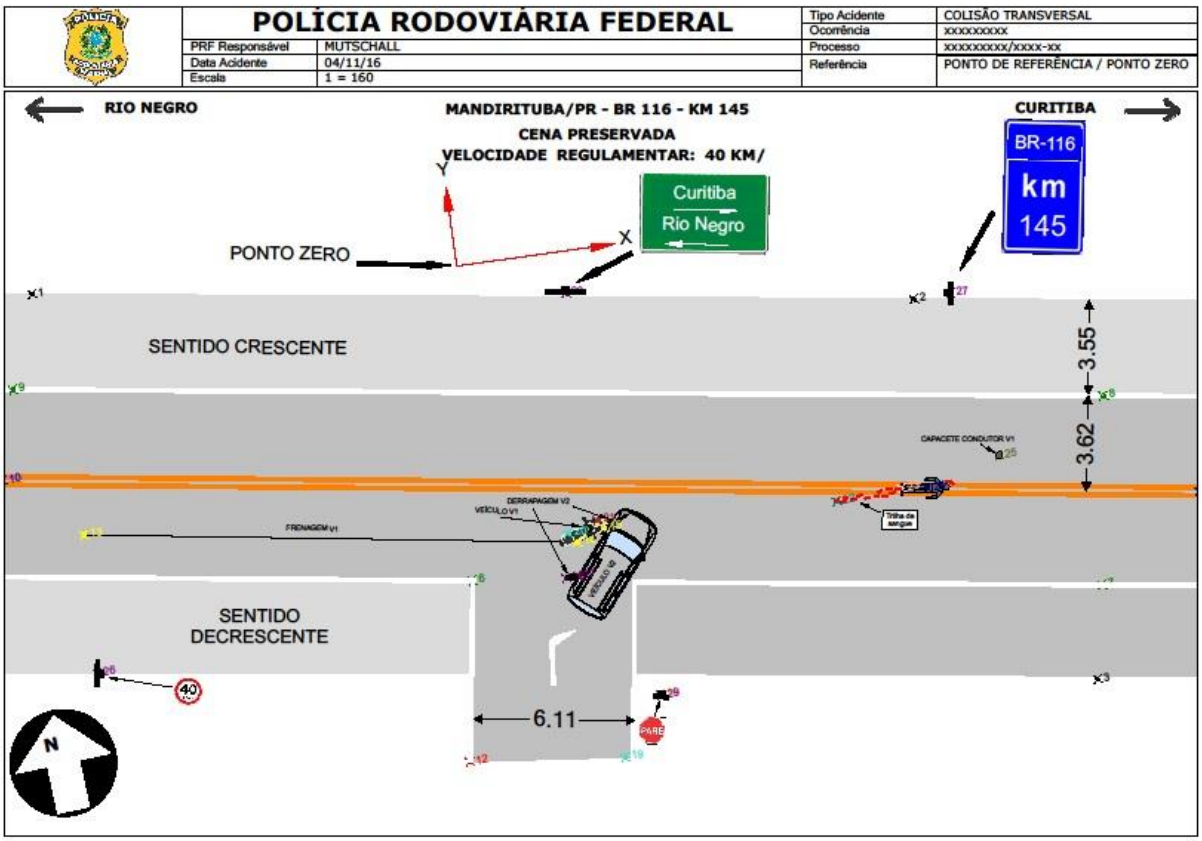
Joinville, 22 de novembro de 2016

Leandro Mutschall
Policial Rodoviário Federal
Matrícula 1971019

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, L. L de. **Manual de Perícias em Acidentes de Trânsito**. 2. ed. Campinas: Millennium, 2015.

APÊNDICE A - CROQUI DO LOCAL DO ACIDENTE



APÊNDICE B - MEMORIAL DE CÁLCULOS FÍSICOS

DOS CÁLCULOS FÍSICOS
Data do acidente: 04/11/2016
Local: BR 116 Km 145 na cidade de Mandirituba/PR
Tipo de acidente: Colisão Transversal - Motocicleta x Automóvel

Dos cálculos da Velocidade de Circulação:

Para cálculo da velocidade mínima em que a motocicleta circulava iremos considerar a parcela de velocidade obtida com as marcas de frenagem, usando o coeficiente de atrito de 0,72 e a parcela de velocidade obtida com a distância de projeção do seu respectivo condutor cujo o coeficiente de atrito utilizado foi de 0,66.

Onde:

μ: coeficiente de atrito

g: aceleração da gravidade (9,81 m/s)

$V1_{fren}$: velocidade calculada usando-se as marcas de frenagem do veículo V1

$V1_{lanç}$: velocidade calculada usando-se a distância de projeção do condutor do veículo V1, utilizando o método de Searle (1983).

Velocidade de circulação de V1: $\sqrt{V1_{fren} + V1_{lanç}}$

$V1_{fren}$: $\sqrt{2.\mu.g.d_{fren}} = \sqrt{2.0,72.9,81.19,93} =$ 16,78 m/s ou 60,4 km/h

$V1_{lanç}$: $\sqrt{\frac{2.\mu.g.d_{proj}}{1+\mu^2}} = \sqrt{\frac{2.0,66.9,81.13,59}{1+0,66^2}} = 11,07$ m/s ou 39,85 km/h (mínima)

$V1_{lanç}$: $\sqrt{2.\mu.g.d_{proj}} = \sqrt{2.0,66.9,81.13,59} = 13,26$ m/s ou 47,73 km/h (máxima)

Velocidade de circulação de V1: $\sqrt{V1_{fren}{}^2 + V1_{lanç}{}^2} = \sqrt{60,4^2 + 39,85^2} = 72,36$ km/h (mínima)

Velocidade de circulação de V1: $\sqrt{V1_{fren}{}^2 + V1_{lanç}{}^2} = \sqrt{60,4^2 + 47,73^2} = 76,97$ km/h (máxima)

Portando a velocidade mínima de circulação apurada para a motocicleta foi calculada entre 72,36 e 76,97 km/h.

Para cálculo da velocidade mínima em que o automóvel circulava iremos considerar a parcela de velocidade obtida com as marcas de derrapagem, usando o coeficiente de atrito de 0,65.

Onde:

Velocidade de circulação de V2: $\sqrt{2.\mu.g.d_{derrap}} = \sqrt{2.0{,}8.9{,}81.1{,}15} =$ 4,25 m/s ou 15,3 km/h.

Portando a velocidade mínima de circulação apurada para o automóvel foi calculada em 15,3 km/h.

Do Estudo da Causa Determinante

Utilizando o método descrito por Almeida (2015), foi realizada a análise dos resultados, buscando esclarecer qual dos condutores deu causa ao acidente. No evento em estudo, tem-se um veículo com prioridade de trânsito (motocicleta) com velocidade excessiva e um veículo sem prioridade com velocidade regular, em um acesso controlado por placa de "PARE". Faz-se necessário então analisar a influência do excesso de velocidade da motocicleta no acidente.

Considerando a velocidade de 20,1 m/s ou 72,36 km/h:

1- Cálculo do PP (ponto de percepção)

Tempo de reação = 1 segundo

Distância de reação= Veloc total V1 x tempo de reação= 20,1 x 1= 20,1 metros

PP= distância reação + distância de frenagem antes da colisão= 20,1 + 18,78= 38,88 metros

2 - Cálculo do tempo de frenagem antes da colisão

Veloc total= 20,1

Veloc no inst da colisão= $\sqrt{Vtot^2 - 2.\mu.g.d_{frenac}} = \sqrt{20{,}1^2 - 2.0{,}72.9{,}81.18{,}78} = 11{,}77$ m/s

Tempo de frenagem antes da colisão= $\dfrac{Vtotal - Vac}{\mu.g} = \dfrac{20{,}1 - 11{,}77}{0{,}72.9{,}81} = 1{,}17$ segundos

3 - Cálculo do tempo total da motocicleta antes da colisão

Ttotal= Tfren + Treação Ttotal= 1,17 + 1= 2,17 segundos

4 - Distância percorrida no tempo total com velocidade regulamentar

Dvelocpista= Vpista.Ttotal = 11,11 x 2,17= 24,1 metros

5 - Distância remanescente

Drem= PP - Dvelocpista= 38,88 - 24,1= 14,78 metros

6 - Tempo remanescente

Trem= $\frac{Drem}{Vpista} = \frac{14{,}78}{11{,}11} = 1{,}33$ segundos

7 - Distancia de livramento

Dlivr=Veloc do automóvel x Trem= 3,83 x 1,33 = 5,09 metros

8 - Comparar a distância de livramento com a distância de travessia

Dliv= 5,09

Dtrav= comprimento do veículo + largura da faixa = 4,28 + 3,6 = 7,88 metros

Dliv<Dtrav

Considerando a velocidade de 21,38 m/s ou 76,97 km/h:

1- Cálculo do PP (ponto de percepção)

Tempo de reação = 1 segundo

Distância de reação= Veloc total V1 x tempo de reação= 21,38 x 1= 21,38 metros

PP= distância reação + distância de frenagem antes da colisão= 21,38 + 18,78= 40,16 metros

2 - Cálculo do tempo de frenagem antes da colisão

Veloc total= 21,38

Veloc no inst da colisão= $\sqrt{Vtot^2 - 2.\mu.g.d_{frenac}} = \sqrt{21{,}38^2 - 2.0{,}72.9{,}81.18{,}78} = 13{,}84$ m/s

Tempo de frenagem antes da colisão= $\frac{Vtotal - Vac}{\mu.g} = \frac{21{,}38 - 13{,}84}{0{,}72.9{,}81} = 1{,}06$ segundos

3 - Cálculo do tempo total da motocicleta antes da colisão

Ttotal= Tfren + Treação Ttotal= 1,06 + 1= 2,06 segundos

4 - Distância percorrida no tempo total com velocidade regulamentar

Dvelocpista= Vpista.Ttotal = 11,11 x 2,06= 22,88 metros

5 - Distância remanescente

Drem= PP - Dvelocpista= 40,16 - 22,88= 17,28 metros

6 - Tempo remanescente

Trem= $\frac{Drem}{Vpista} = \frac{17{,}28}{11{,}11} = 1{,}55$ segundos

7 - Distancia de livramento

Dlivr=Veloc do automóvel x Trem= 3,83 x 1,55 = 5,93 metros

8 - Comparar a distância de livramento com a distância de travessia

Dliv= 5,93 metros

Dtrav= comprimento do veículo + largura da faixa = 4,28 + 3,6 = 7,88 metros

Dliv<Dtrav

Resultado: Utilizando as velocidades de 20,1 m/s e 21,38 m/s para a motocicleta, foram calculadas as distâncias de livramento em 5,09 metros e 5,93 metros respectivamente, ambas inferiores a distância de travessia, calculada em 7,88 metros. Isto significa que o condutor do automóvel, que atravessava a via preferencial estimou erroneamente o seu tempo de travessia, o acidente ocorreria mesmo que o veículo com prioridade de trafego desenvolvesse a velocidade regulamentar da via.