

# RECONSTITUIÇÃO COMPUTACIONAL DE ACIDENTES: A IMPORTÂNCIA DA RECOLHA DE DADOS NO LOCAL DO ACIDENTE PELAS AUTORIDADES E RESULTADOS IMPORTANTES DAS ANÁLISES

Kenny Santos<sup>1</sup>, João P. Dias<sup>1</sup>

<sup>1</sup>IDMEC, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

email: [Kenny.santos@tecnico.ulisboa.pt](mailto:Kenny.santos@tecnico.ulisboa.pt)

---

## Sumário

*Tendo em conta o elevado número de acidentes, a reconstituição científica de acidentes toma um papel muito importante na análise dos mesmos e na determinação de toda a sua dinâmica. Para a elaboração de reconstituição de acidentes é completamente necessário a utilização dos elementos recolhidos pelas autoridades no local do acidente e deste modo extremamente importante a correta recolha de todos os elementos. Neste trabalho são analisados vários acidentes reais ilustrando-se como as falhas na recolha da informação podem conduzir a erros na determinação de responsabilidades. Além disso, a atribuição de responsabilidades sem ser determinada a dinâmica do acidente, nomeadamente as velocidades conduz a conclusões incorrectas.*

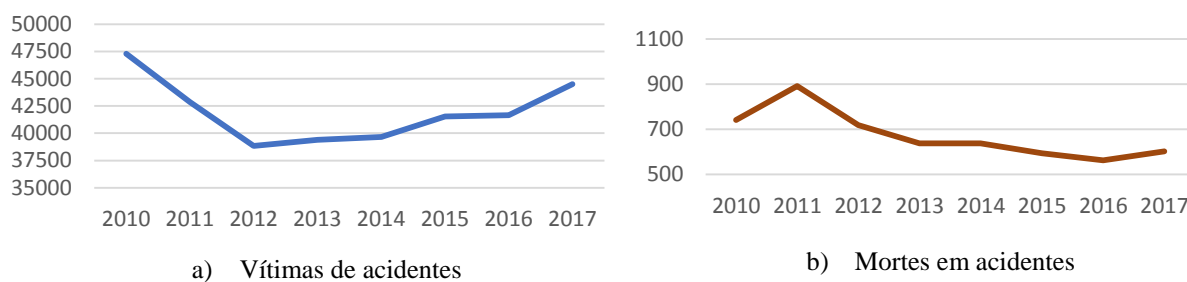
---

**Palavras-chave:** Reconstituição de acidentes; Croqui; Fotografias; Vestígios; Autoridades.

## 1 INTRODUÇÃO

Em todo o mundo, cerca de 3200 pessoas perdem a vida por dia em consequência de acidentes rodoviários sendo esta a oitava causa de morte a nível mundial esperando-se que seja a quinta causa de morte pelo ano de 2030 [1]. Para jovens entre os 15 e os 29 anos, os acidentes rodoviários constituem a causa de morte primária a nível mundial [1]. Apenas no ano de 2014 ocorreram 26000 mortes em toda a União Europeia [2] e 638 mortes em Portugal devido a acidentes rodoviários [3].

Em Portugal tem-se verificado uma diminuição do número de mortes na estrada desde 2012 até 2016 (Fig. 1 b). No entanto o número de vítimas tem vindo a crescer desde 2012 até 2017 o que constitui um problema grave a nível de sinistralidade rodoviária (Fig. 1 a).



**Fig. 1. Vítimas e mortes em acidentes rodoviários, Portugal, 2010-2017 [3].**

No Quadro 1 estão representadas as vítimas a 30 dias de acidentes rodoviários em Portugal para os anos de 1998, 2010, 2013, 2015 e 2017 onde está evidenciado novamente que entre 2013 e 2017 os números de vítimas aumentaram para todos os tipos de veículos exceto para os veículos pesados.

Quadro 1 - Total de vítimas a 30 dias em Portugal, 1998-2017 [3].

	1998	Variação 98 - 10	2010	Variação 10-13	2013	Variação 13-15	2015	Variação 15-17	2017
Peões	9052	-34,1%	5964	-7,8%	5499	-1,8%	5399	4,7%	5651
Veíc. Ligeiros*	35624	-12,1%	31330	-22,2%	24364	4,2%	25398	4,7%	26598
Veíc. Pesados*	1464	-43,7%	824	-17,8%	677	-3,5%	653	-0,9%	647
Velocípedes*	1670	-26,9%	1220	40,0%	1708	14,9%	1963	3,7%	2036
Ciclomotores*	14179	-73,6%	3739	-23,9%	2846	3,4%	2943	0,8%	2967
Motociclos*	5893	-34,4%	3864	-2,3%	3777	22,0%	4609	29,2%	5954
Outros*	586	-38,4%	361	43,5%	518	12,7%	584	9,6%	640
<b>TOTAL</b>	<b>68468</b>	<b>-30,9%</b>	<b>47302</b>	<b>-16,7%</b>	<b>39389</b>	<b>5,5%</b>	<b>41549</b>	<b>7,1%</b>	<b>44493</b>

Sendo a elevada sinistralidade rodoviária um problema muito atual em Portugal, muitas vezes, por questões jurídicas por exemplo, torna-se necessário a elaboração de uma reconstituição científica de um acidente de viação através da elaboração de simulações computacionais. A elaboração de tais simulações computacionais é possível através da utilização de programas como o *PC-Crash* sendo este um programa que cobre variadas situações de acidentes contendo vários modelos de cálculo como modelos de impacto com base na rigidez ou com base em malhas, modelos de cinemática entre outros [4]. A importância das simulações computacionais é notória uma vez que através destas é determinada toda a dinâmica de um acidente e são determinados elementos muito importante como velocidades de impacto e ponto de impacto.

## 2 RECONSTITUIÇÃO DE ACIDENTES

Quando ocorre um acidente rodoviário existem vários elementos que estão associados a este. Na Fig. 2 estão representados alguns desses elementos. De todos os elementos apresentados na Fig. 2, as autoridades são o elemento mais importante uma vez que são os agentes de autoridade que registam todos os outros elementos seja através de fotografias, medições, preenchimento de autos entre outros. É então de extrema importância que o trabalho efetuado pelas autoridades seja de qualidade para que todos os elementos recolhidos por estes possam ser utilizados para a elaboração de uma reconstrução do acidente.



Fig. 2. Elementos relacionados com um acidente.

Com todos os elementos necessários à elaboração de uma reconstituição científica de um acidente segue-se então, por exemplo, a metodologia apresentada na Fig. 3, sendo esta a metodologia MAIDS [5]. Trata-se de um

processo iterativo até que os resultados obtidos sejam consistentes com todos os elementos em análise e quando se verifica essa consistência está determinada a dinâmica de um acidente. No trabalho [6], ou nos livros [7] e [8] podem ser encontrados os vários conceitos e procedimentos associados à elaboração de uma reconstituição científica de um acidente rodoviário.

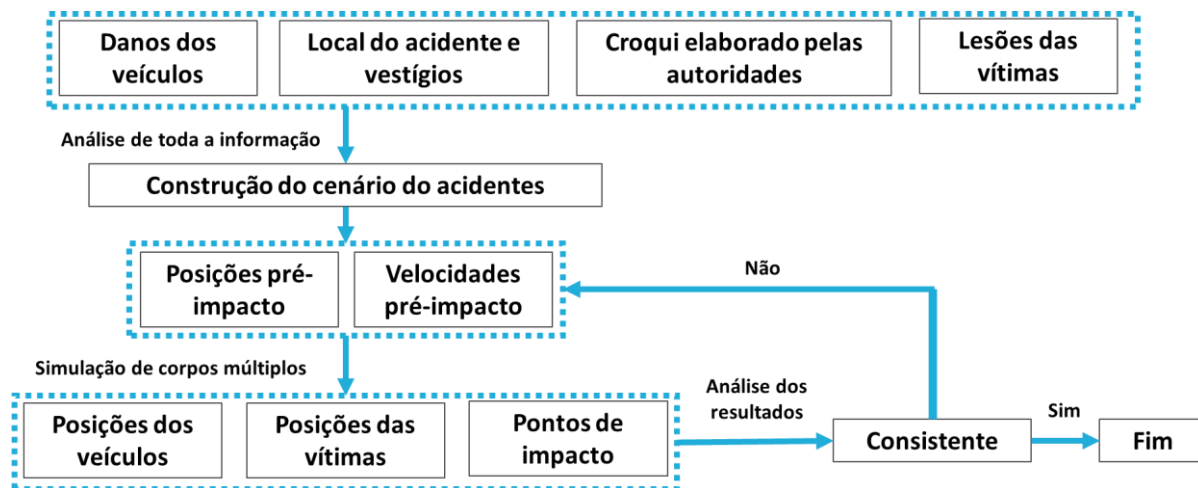


Fig. 3. Metodologia para o processo da reconstituição de um acidente.

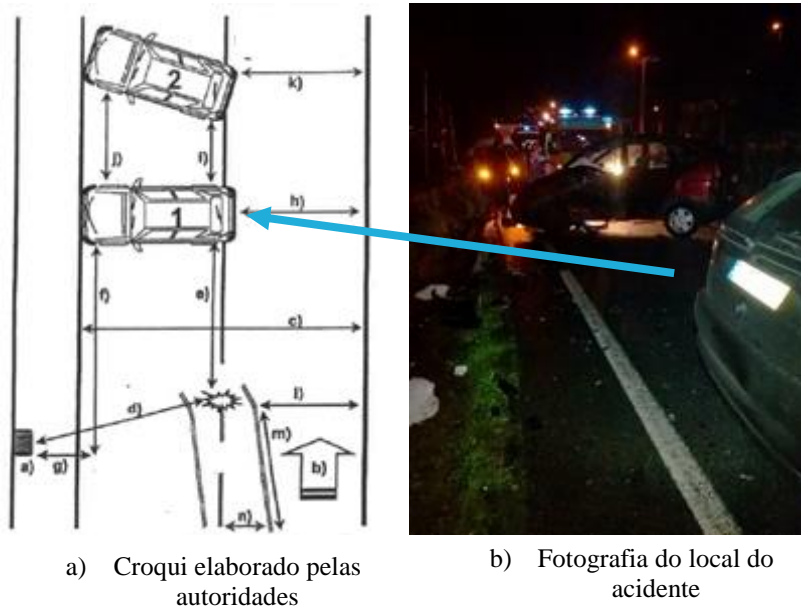
Como foi referido anteriormente os elementos recolhidos pelas autoridades após a ocorrência de um acidente têm uma elevada importância no processo da reconstituição de um acidente. No entanto, em muitos casos ou mesmo na maioria dos acidentes as autoridades cometem incorreções na obtenção da informação o que vai estar associado a uma margem de incerteza na simulação computacional. Por exemplo, se as autoridades cometem um erro na medição da posição de imobilização de um veículo, essa posição vai ser erradamente considerada numa simulação computacional o que vai ter associada a ela uma margem de incerteza nos resultados.

No trabalho [9] encontram-se os procedimentos para a recolha de informação no local do acidente, nomeadamente para a realização de um croqui, recolha de informação fotográfica e todos os procedimentos a serem efetuados no local do acidente. Se forem seguidos estes procedimentos, a recolha da informação pelas autoridades será feita de forma correta o que será contributivo para menores margens de incerteza associadas às simulações computacionais de um acidente. Neste trabalho também podem ser encontrados vários exemplos de croquis com os respetivos pontos incorretos assinalados.

Vão ser agora apresentados situações de acidentes reais que ocorreram em Portugal onde existem erros cometidos pelas autoridades na questão de elaboração de croquis e medições, na elaboração dos relatórios fotográficos e por fim, da análise dos vestígios no local do acidente. Para todos os casos reais apresentados foram realizadas simulações computacionais.

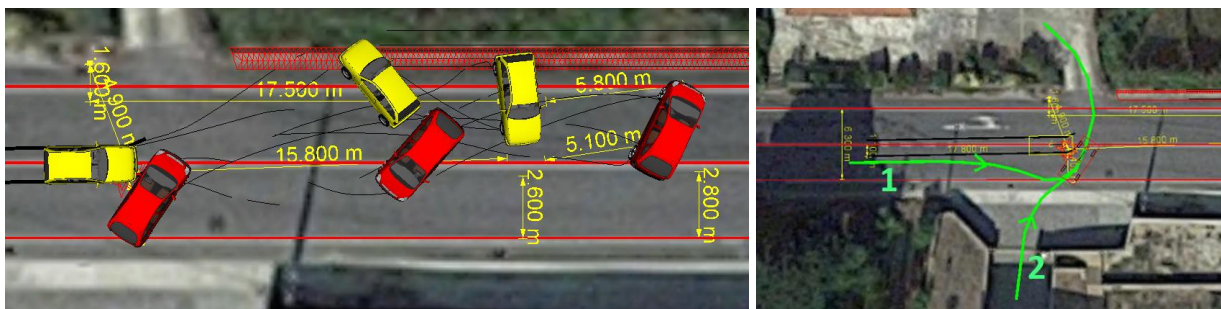
## 2.1 Exemplo nº1: Colisão lateral entre dois veículos ligeiros

No croqui elaborado pelas autoridades apresentado na Fig. 4 a), é possível verificar que o veículo nº1 se encontra com a sua zona frontal virada para a berma do lado esquerdo da via. No entanto, é possível observar na Fig. 4 b), fotografia do local do acidente tirada após a ocorrência do mesmo, que esse mesmo veículo se imobilizou com a sua zona traseira virada para a berma do lado esquerdo da via. Neste caso verifica-se uma errada orientação de imobilização no croqui elaborado pelas autoridades. Felizmente neste caso existiam fotografias no local do acidente antes dos veículos serem removidos, o que raramente acontece, particularmente quando não existem vítimas mortais e a informação é recolhida de uma forma mais ligeira.



**Fig. 4. Comparação entre croqui e fotografia do local do acidente do exemplo nº1.**

Após a elaboração das simulações computacionais chegou-se à conclusão neste caso que o veículo nº2 (vermelho) estaria a efetuar uma viragem à esquerda no momento do impacto ou que estaria a seguir em frente tendo sido excluído a hipótese de inversão de marcha que foi atribuída pelas autoridades (Fig. 5 e Fig. 6). Foram obtidas velocidades de circulação entre 103 km/h e 109 km/h e entre 10 km/h e 30 km/h para o veículo nº1 (amarelo) e para o veículo nº2 (vermelho), respetivamente.

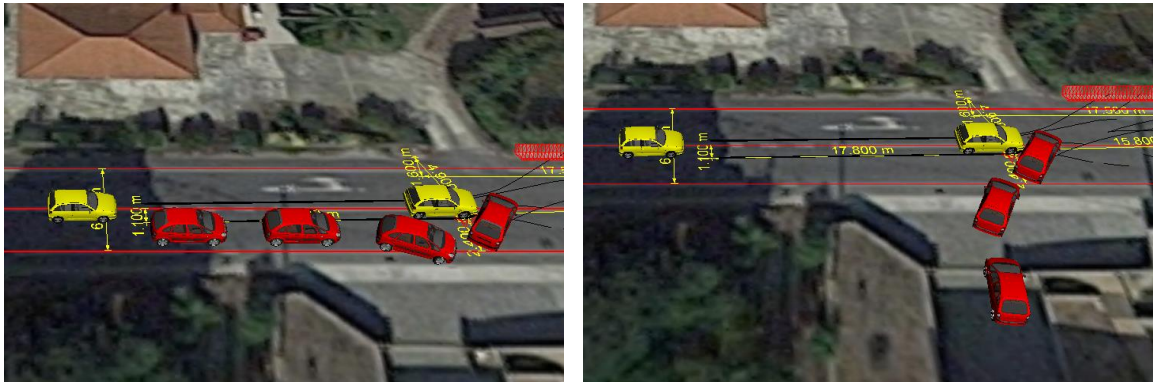


a) Ponto de impacto, posição intermédia e posições de imobilização.

b) Possíveis trajetórias para o veículo nº2.

**Fig. 5. Resultados obtidos através das simulações computacionais (exemplo nº1).**

O veículo nº2 (vermelho) foi culpabilizado pelo acidente em questão pois foi concluído pelas autoridades que este efetuava uma manobra de inversão de marcha. No entanto essa hipótese está errada (Fig. 6) e de facto este acidente ocorreu devido à elevada velocidade de circulação do veículo nº1 (amarelo) sendo que se este circulasse à velocidade de 50 km/h (limite de velocidade no local do acidente), este conseguiria evitar o acidente e assim evitando também a morte do condutor do veículo nº2 (vermelho).

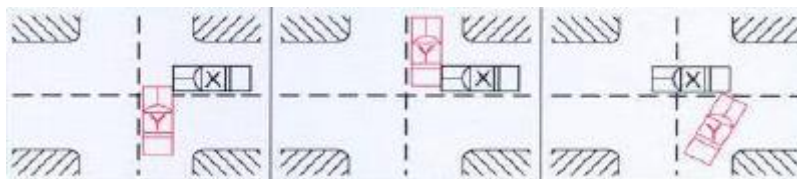


a) Viragem à esquerda.

b) Seguir em frente.

**Fig. 6. Possíveis trajetórias para o veículo nº2 (vermelho) (exemplo nº1).**

Consultando a Tabela Prática de Responsabilidades elaborado pela Associação Portuguesa de Seguradores pode-se contemplar que a responsabilidade de um acidente é sempre atribuída a um veículo que está a efetuar uma inversão de marcha (caso 51, [10]). Se fosse considerado pelas autoridades que o veículo nº2 estaria a efetuar um viragem à esquerda ou a seguir em frente também lhe seria atribuída a responsabilidade do acidente pelas seguradoras (caso 30, [10], Fig. 7).



**Fig. 7. Caso 30 da Tabela Prática de Responsabilidades [10].**

Este exemplo mostra que a Tabela Prática de Responsabilidades elaborado pela Associação Portuguesa de Seguradores pode muitas vezes estar errada pois não tem em consideração a velocidade de circulação dos veículos. No presente exemplo a responsabilidade do acidente só não seria do veículo nº1 caso este circulasse dentro do limite de velocidade. A determinação das posições dos veículos no momento do impacto, ponto de impacto e velocidades de circulação dos veículos são fundamentais para a atribuição da responsabilidade do acidente.

## 2.2 Exemplo nº2: Atropelamento

Regularmente é indicado pelas autoridades nos relatórios e croquis por si elaborados que o ponto provável de embate corresponde à posição de imobilização dos destroços. Tal consideração é errada pois está a ser desprezada a projeção dos destroços.

No croqui representado na Fig. 8 foi indicado como ponto provável de embate o ponto nº5 uma vez que foram registados destroços do veículo ligeiro atropelante nesta zona. Pode-se verificar na Fig. 8 que o ponto 5 do croqui se encontra a 38,5 metros da posição de imobilização do peão e o peão imobilizou-se a 3 metros da linha de início da passagem de peões e sendo assim o ponto provável do embate identificado pelas autoridades encontra-se a 41,50 metros da passagem de peões.

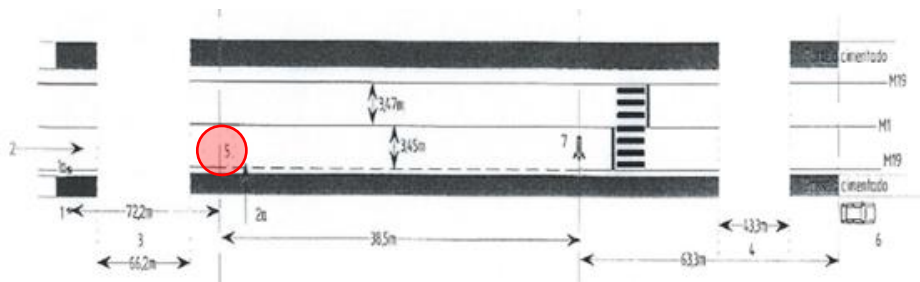


Fig. 8. Croqui do exemplo nº2.

Após a realização das simulações computacionais determinou-se que o ponto de impacto se encontra a cerca de 53,55 metros da linha de início da passagem de peões. Deste modo, como seria de esperar, o ponto provável de embate identificado pelas autoridades com base nos destroços está errado e afastado cerca de 12 metros do ponto de impacto obtido com as simulações computacionais (Fig. 9).

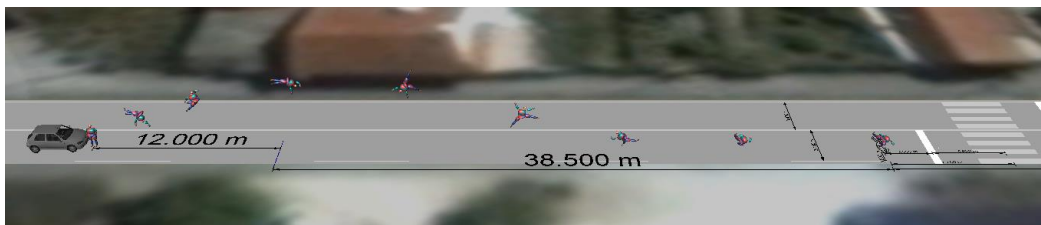


Fig. 9. Simulação computacional do exemplo nº2.

Mais uma vez, a determinação do ponto de impacto é muito importante para poder atribuir a responsabilidade de um acidente e a determinação deste ponto de impacto não pode ser feita através da localização dos vestígios.

### 2.3 Exemplo nº3: Atropelamento

Neste acidente ocorreu um atropelamento, no entanto, tanto no croqui da Fig. 10 como em todos os relatórios elaborados pelas autoridades não há qualquer referência sobre a posição de imobilização do peão. Sem a posição de imobilização do peão, no caso de um atropelamento é praticamente impossível realizar a simulação computacional. As autoridades chegaram ao local do acidente e o peão já tinha sido reencaminhado para o hospital e não registaram qualquer vestígio de sangue. Neste caso teve de se considerar a posição de imobilização do peão tendo em atenção um único depoimento que dizia que o peão estava imobilizado em cima do passeio ao pé da traseira do veículo ligeiro. Esta posição tem associada a si uma margem de incerteza pois pode variar centímetros ou mesmo vários metros para satisfazer esta condição. É crucial que sejam indicados nos croquis as posições de imobilização de todos os utentes vulneráveis.

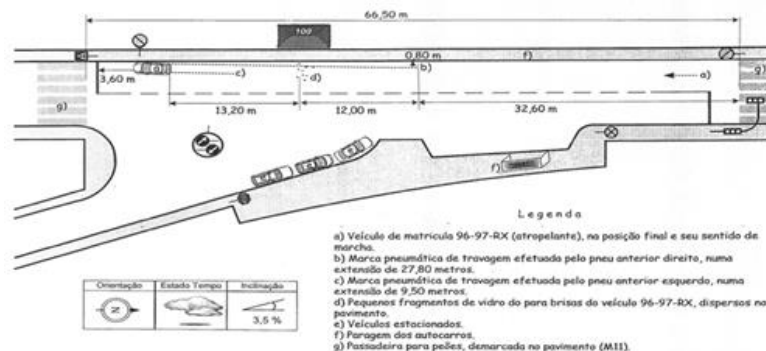


Fig. 10. Croqui do exemplo nº3.

Do acidente resultou uma vítima mortal, o peão que era uma criança, e a condutora do veículo declarou que o atravessamento da via se deu fora da passagem para peões. Após a elaboração das simulações computacionais concluiu-se que o atropelamento pode ter ocorrido na passagem para peões ou até 14 metros afastado desta, no máximo (Fig. 11).



**Fig. 11. Possíveis locais do atropelamento (retângulo vermelho) (exemplo nº3).**

Apesar da localização do atropelamento, foi estimado que a velocidade de circulação do veículo estava compreendida entre 81 km/h e 90 km/h (probabilidade de morte entre 83.82% e 99.14%), sendo o limite de velocidade no local do acidente de 40 km/h (probabilidade de morte entre 1.87% e 3.61%). A velocidade no momento do impacto está na causa da morte do peão. Como referido anteriormente, a determinação do ponto de impacto, assim como das velocidades de impacto, têm uma enorme importância para a determinação do responsável de um acidente. Também neste exemplo se encontravam vestígios no local do acidente que não são indicadores do ponto de impacto.

#### **2.4 Exemplo nº4: Colisão lateral entre dois veículos ligeiros**

No presente exemplo não foi elaborado um relatório fotográfico pelas autoridades pois não foram tiradas fotografias no local do acidente. As fotografias têm um papel essencial no processo da elaboração de uma reconstituição de um acidente pois é a partir delas que se avaliam os danos dos veículos, o local do acidente e os vestígios lá presentes. Na Fig. 12 estão representadas algumas das fotografias consideradas provenientes de uma seguradora e dos condutores envolvidos no acidente.



**Fig. 12. Exemplos de fotografias do exemplo nº4.**

Novamente, segundo o caso 30, [10], apresentado na Fig. 7 a responsabilidade do acidente é atribuída ao condutor que não cedeu a passagem ao outro veículo devido à presença de um sinal de STOP no cruzamento (Fig. 13). Determinou-se, através das simulações computacionais, que o veículo que circulava na via com o sinal de STOP tinha uma velocidade no momento do impacto entre 5 Km/h e 15 Km/h o que é compatível com a sua paragem no STOP, ou seja, este veículo poder ter parado no STOP como pode não ter parado. No entanto, o outro veículo envolvido no acidente, que circulava na via com prioridade, tinha uma velocidade no momento do impacto entre 81.1 Km/h e 87.1 Km/h sendo o limite de velocidade de 50 Km/h.

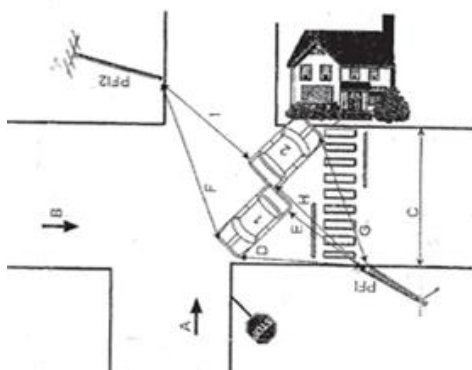
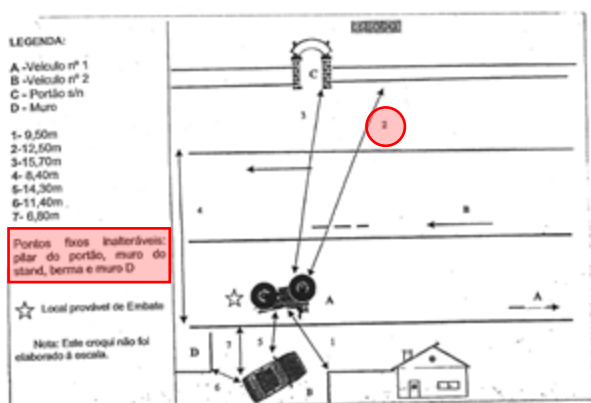


Fig. 13. Croqui do exemplo nº4.

Deste modo, quando o veículo que tinha de parar no STOP iniciou a manobra de viragem não conseguia observar o outro veículo e iniciou a manobra. Devido à alta velocidade do veículo com prioridade este acabou por colidir no outro. A determinação da velocidade de impacto dos veículos mostra-se novamente ser essencial para a atribuição da responsabilidade de um acidente.

## 2.5 Exemplo nº5: Colisão lateral entre um motociclo e um veículo ligeiro

No croqui elaborado pelas autoridades apresentado na Fig. 14 a), pode se ler no retângulo a vermelho que foram considerados os seguintes pontos fixos: pilar do portão, muro do stand, berma e muro D. Tendo em conta estes pontos fixos inalteráveis pode-se se então verificar que a medição 2, circundada a vermelho, da Fig. 14 a) não tem ligação a nenhum destes pontos fixos e comparando com a fotografia do local do acidente da Fig. 14 b) pode-se verificar que essa medição pode ter sido efetuada de qualquer local do muro que procede o pilar do portão.



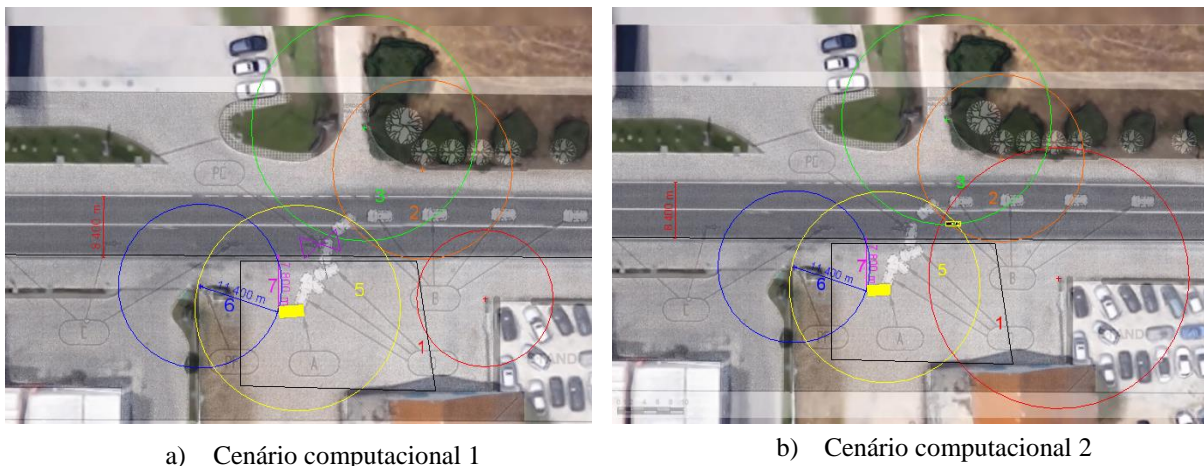
a) Croqui elaborado pelas autoridades

b) Fotografia do local do acidente

Fig. 14. Comparação entre croqui e fotografia do local do acidente do exemplo nº5.



Devido à medição 2 não estar bem definida, tanto a posição de imobilização do motociclo assim como a do veículo ligeiro não estão completamente definidas e podem se deslocar conforme o sítio que se considere que foi efetuada a medição 2. No entanto no presente acidente foi elaborado um croqui à escala pelas autoridades onde está representada a posição de imobilização do veículo ligeiro e esse croqui foi utilizado para a elaboração do cenário computacional no programa *PC-Crash*. Na folha de medições elaborada pelas autoridades, a medida 1 tem o valor de 9,50 metros. Verificou-se que utilizando a medida 1 de 9,50 metros, esta medida não cruzaria com as restantes (Fig. 15 a) e deste modo é impossível determinar a posição de imobilização do motociclo mesmo que se arbitre um ponto fixo inalterável para a medição 2 uma vez que este não foi definido como se viu anteriormente (Fig. 15 a). Após alguns testes verificou-se que a medição 1 deveria de ser 19,50 metros e não 9,50 metros (Fig. 15 b) e deste modo ocorreu presumivelmente um erro tipográfico.



**Fig. 15. Cenário computacional do exemplo nº5.**

Na realização da simulação computacional deste acidente a posição de imobilização do motociclo não estava completamente definida e deste modo existe uma margem de incerteza elevada nos resultados da simulação computacional. Este é mais um exemplo onde a determinação das velocidades de circulação dos veículos são essenciais para a atribuição da responsabilidade do acidente pois o veículo ligeiro para efetuar a viragem à esquerda tinha de ceder a passagem aos veículos, como o motociclo, que circulavam no sentido contrário.

Através das simulações computacionais foi determinado que o motociclo circulava com uma velocidade compreendida entre 84 km/h e 89 km/h, sendo o limite de velocidade no local do acidente de 50 km/h. Caso o motociclo circulasse com uma velocidade dentro do limite de velocidade, o veículo ligeiro teria tempo de efetuar a manobra de viragem e não ocorreria acidente. A determinação das velocidades de circulação foi o fator chave, mais uma vez, na atribuição da responsabilidade do acidente.

### 3 DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Através da análise de cinco acidentes reais, ocorridos em Portugal, fica clara a importância da recolha de informação no local do acidente por parte das autoridades. Essa informação é indispensável para o processo da elaboração de uma reconstituição científica de um acidente e portanto essa informação deve ter a melhor qualidade possível.

A importância da elaboração de uma reconstituição de um acidente é evidente pois só a partir desta se pode determinar a dinâmica do acidente e elementos de elevada relevância para a atribuição da responsabilidade de um acidente como, por exemplo, as velocidades de impacto dos veículos, as velocidades de circulação dos veículos, ponto de impacto e as posições dos veículos no momento do impacto.

A Tabela Prática de Responsabilidades [10] elaborada pela Associação Portuguesa de Seguradores não considera nos seus casos de acidente, para atribuição da responsabilidade dos mesmos, as velocidades de impacto e de circulação dos veículos, entre outros fatores, e deste modo, as seguradoras retiram conclusões erradas muitas vezes pela consulta desta tabela.

A velocidade no momento do impacto dos veículos envolvidos num acidente assim como a sua velocidade de circulação, o ponto de impacto e toda a dinâmica de um acidente são elementos de elevada importância na análise de acidentes rodoviários e que não são, quando são determinados, determinados de forma correta pelas autoridades devido à sua falta de conhecimentos específicos das matérias relativas a este tema. No entanto, cabe às autoridades a recolha de todos os elementos no local do acidente e esses elementos são essenciais para a realização de uma reconstituição científica de um acidente. Deste modo, tendo em conta a importância dos elementos encontrados no local de um acidente, as autoridades devem de ter o cuidado e a atenção de efetuar a sua recolha de forma cuidadosa e correta.

#### **4 AGRADECIMENTOS**

Este trabalho foi suportado pela FCT, pelo IDMEC, sobre o LAETA, UID/EMS/50022/2019.

#### **5 REFERÊNCIAS**

1. WHO, “Global status report on road safety 2013: Supporting a decade of action.,” Geneva, Switzerland: World Health Organization, 2015.
2. CARE, “Accidents data statistics,” European Commission Road Safety. Page consulted in 17 of November of 2016, <[https://ec.europa.eu/transport/road\\_safety/sites/roadsafety/files/pdf/statistics/dacota/asr2016.pdf](https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/pdf/statistics/dacota/asr2016.pdf)>, 2016.
3. ANSR, “Dados de sinistralidade,” Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária. Page consulted in 3 of December of 2018, <<http://www.ansr.pt/Estatisticas/RelatoriosDeSinistralidade/Pages/default.aspx>>, 2017.
4. S. Datentechnik, “PC-Crash A simulation program for Vehicle-Accidents - Operating and Technical Manual 11.0.,” Linz, Austria, 2016.
5. ACEM, “MAIDS Report on the Project Methodology and Process.,” Brussels, Belgium: Association des Constructeurs Européens de Motocycles, 2003.
6. C. Pinto, “Uma abordagem global para a reconstituição de acidente rodoviários: do croqui a acidentes complexos,” Cadeira de Projecto Mecânico, Instituto Superior Técnico, Departamento de Engenharia Mecânica, Lisboa, Portugal, 2003.
7. D. J. Van Kirk, Vehicular accident investigation and reconstruction. Boca Raton, Florida: CRC Press, 2001.
8. H. Franck and D. Franck, Methods for accident reconstruction: a forensic engineering perspective. Boca Raton, Florida: CRC Press, 2010.
9. R. F. M. da Silva, “Simulação de acidentes e técnicas de registo e recolha de informação,” Projecto de fim de curso em Engenharia Mecânica, Instituto Superior Técnico, Departamento de Engenharia Mecânica, Lisboa, Portugal, 2004.
10. Associação Portuguesa de Seguradores, “Tabela Prática de Responsabilidades,” 2000.