

# VelociRap – Dissertação Sobre Velocidade

## 1) Enquadramento

Muita gente me goza quando digo que acho correcto cumprirem-se os limites de velocidade na estrada. A maioria acha que é porque não quero apanhar multas, mas a impressão mais forte com que fico é que as pessoas acham que é uma questão simples e sem profundidade: os carros hoje em dia são melhores que antigamente, e por isso o povo exige andar mais depressa. E aparecem valores para a velocidade limite ideal, como por exemplo 150 Km/h, sem qualquer fundamento. Não obstante, estas velocidades ideais são defendidas com grande entusiasmo e com muito afincos!

Para esta dissertação concentro-me na velocidade automóvel, e, especificamente, na velocidade limite máxima em Portugal, de 120 Km/h em auto-estrada, tentando determinar se é a ideal ou não. Proponho-me ainda demonstrar que não tem lógica definirmos velocidades em função do que nos parece adequado à nossa condução, mas sim em função dos direitos dos restantes condutores na estrada.

Como tantos outros assuntos, quando se começa a escavar a superfície dá para perceber que há um mundo de questões enterradas. Pessoalmente espanta-me que tanta gente encare o assunto de forma superficial. E por causa de já ter tido inúmeras conversas sobre isto decidi escrever para não ter de me repetir tanto.

## 2) O Problema

O problema da velocidade é razoavelmente intuitivo: coisas que andam depressa provocam estragos quando chocam com coisas que andam devagar, ou que não andam, ou que andam em sentido contrário. Mas há razões científicas, sócio-económicas, e políticas, para a velocidade ser um problema. E talvez hajam ainda outras razões!

## 3) Razões Científicas

### Estatística

Devido à crise do petróleo da década de 70 o Congresso Norte-Americano decretou um limite de velocidade de cerca de 90 Km/h para todos os estados. Até aí cada estado definia o seu limite de velocidade individualmente, mas para poupar combustível o limite foi imposto a todos os estados, e os que não aderissem sofriam penalizações. A poupança de combustível era óbvia, mas também se tornou evidente que essa medida poupava vidas humanas.

A segurança na estrada e a sua relação com a velocidade pode dividir-se em 3 frentes:

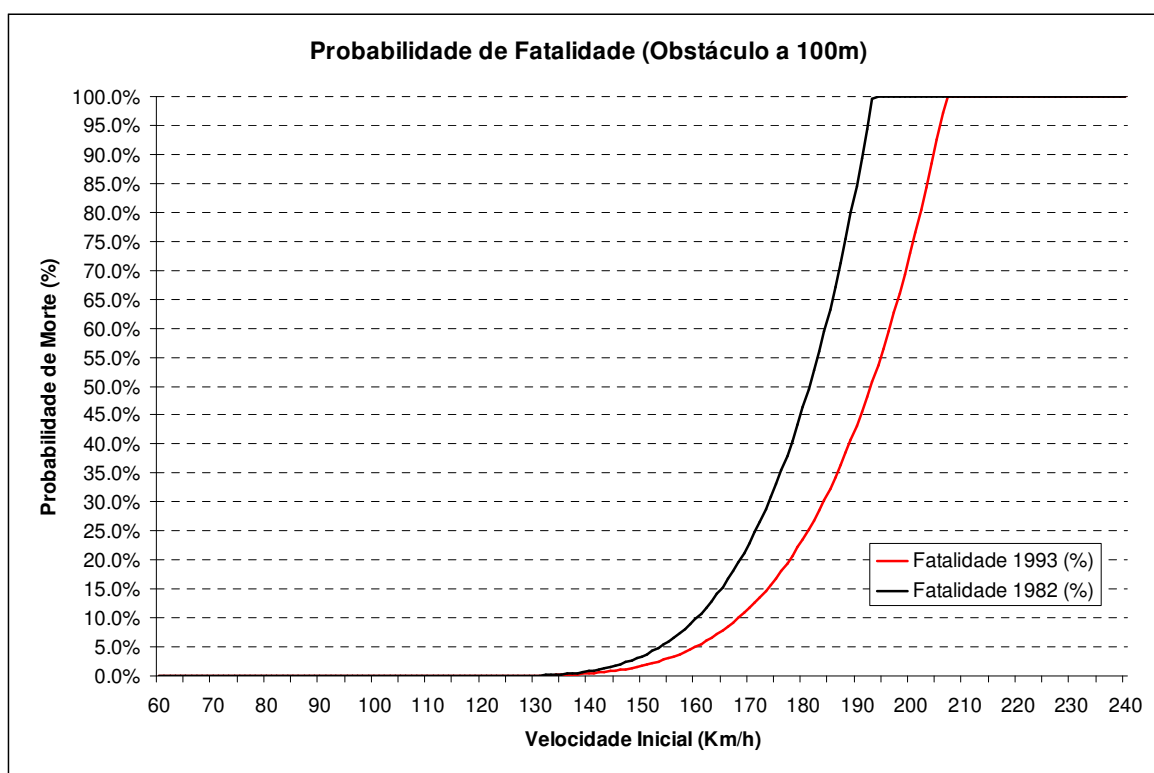
- Quanto maior a velocidade menor o tempo de reacção aos perigos, sejam eles objectos na estrada, outros condutores, pessoas, ou mesmo animais.
- Quanto maior a velocidade maior a dificuldade em abrandar o veículo a tempo antes da colisão, pois a dissipação da energia de movimento (energia cinética) demora um tempo aproximadamente proporcional ao quadrado da velocidade.
- Quanto maior a velocidade maior a desaceleração a que os passageiros ficam sujeitos quando chega o momento do impacto, e a probabilidade de ocorrerem fatalidades aumenta aproximadamente com a 4ª potência da diferença de velocidades no momento do impacto.

Estes factores conjugados são responsáveis por grandes diferenças na probabilidade de os passageiros sofrerem ferimentos sérios, pois todos eles acumulam e todos aumentam a gravidade com a velocidade. O exemplo seguinte assume um caso típico de alguém que circula pela auto-estrada, e após uma curva se depara com um camião carregado (40 toneladas) e parado 100 metros após a curva, num dia bom com piso seco, e com pneus novinhos em folha (coeficiente de 0.8 em vez do mais comum de 0.7 ou 0.6 para pneus usados), e trava a fundo.

Velocidade inicial (Km/h)	60	90	120	150	180	210	240
Distância para o obstáculo (m)	100	100	100	100	100	100	100
Tempo de reacção (s)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Distância percorrida durante a reacção (m)	16.7	25.0	33.3	41.7	50.0	58.3	66.7
Distância ao camião após a reacção (m)	83.3	75.0	66.7	58.3	50.0	41.7	33.3
Distância de travagem (m)	17.7	39.9	70.9	110.7	159.4	217.0	283.4
Distância de paragem = reacção + travagem (m)	34.4	64.9	104.2	152.4	209.4	275.3	350.1
Velocidade de impacto com o camião (Km/h)	0.0	0.0	3.6	41.1	79.2	118.0	157.7
Probabilidade de fatalidade (%)	0.0%	0.0%	0.0%	1.7%	23.6%	100.0%	100.0%

Note-se o aumento de 0% para quase 2% quando se altera a velocidade de 120 km/h para 150 Km/h. A diferença explica-se pela velocidade de impacto: 4 Km/h contra 41 Km/h. Note-se que 2% é um número mau! As estradas portuguesas são hoje consideradas muito perigosas, e segundo as estatísticas da Direcção Geral de Viação em 2006 morreram 2.4 pessoas por cada 100 acidentes, ou seja, 2.4%. O número 2% é especialmente mau se considerarmos que são fatalidades facilmente evitáveis, e é por isso que as autoridades decretam limites. Daqui se depreende que aumentar o limite de velocidade não será boa ideia para já. As várias medidas que têm sido tomadas conseguiram baixar este número de 6% em 1987, mas ainda assim ainda estamos com 119 mortos em 2005 comparados com 49 da Suécia, no mesmo ano, por cada milhão de habitantes.

O gráfico seguinte mostra a probabilidade de fatalidade para uma colisão de um veículo contra um objecto imóvel que “aparece de repente” numa auto-estrada, em função da velocidade inicial do veículo. No gráfico vê-se bem a transição de “segurança total” (sem fatalidades) para “alguns mortos” a cerca de 130 Km/h. No entanto, numericamente, percebe-se que a probabilidade deixa de ser zero aos 118 Km/h, embora seja ainda muitíssimo baixa (daí que o gráfico não permite detectar este pormenor). Note-se também que de 1993 para cá os dispositivos de segurança nos automóveis não sofreram nenhum melhoramento significativo quando comparando a transição de 1982 para 1993.



Também se demonstra facilmente que o aumento da velocidade permitida aumenta o número de acidentes, e, consequentemente, da probabilidade de haverem fatalidades.

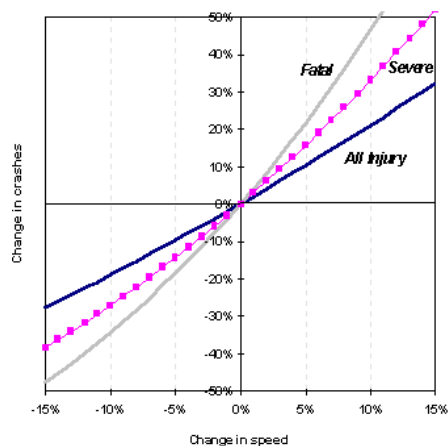


Figure 8. Effects of changes in the speed on injury and fatal crashes (from Nilsson, 1981).

Assim, mais uma vez, estamos a procurar o ponto óptimo. A segurança máxima conseguia-se com todos os automóveis a circular a 10 Km/h ou menos, pois aí não haveriam fatalidades certamente! A 200 Km/h todos os acidentes iriam provavelmente resultar em fatalidades. Por isso procura-se o ponto óptimo, e com este exemplo realista percebe-se que 118 Km/h seria o limite ideal (para se poder lidar com as situações de paragens e avarias que podem acontecer nas auto-estradas). Aqui percebe-se que 120 Km/h não é um número escolhido arbitrariamente, já que nos desenhos de auto-estradas estas distâncias típicas de paragens e curvaturas do traçado terão de contemplar todo o tipo de imprevistos de circulação (como a avaria do camião no exemplo acima).

### Física

A energia acumulada num objecto em movimento tem de lhe ser retirada quando se quer que ele pare. Um automóvel de 1000 Kg a deslocar-se a 120 Km/h tem uma energia acumulada de cerca de 550.000 Joules. Esta energia é suficiente para atirar um homem de 70 Kg a mais de 800 metros de altura (se não fosse a resistência do vento a travá-lo), e no momento do arranque ele deslocar-se-ia a mais de 450 Km/h. Este exercício matemático serve para perceber, desde logo, que a energia de um automóvel destes em movimento numa auto-estrada dá para fazer uma pessoa em fanicos. E também se percebe que se os travões e pneus conseguem tirar a energia a um ritmo constante (pois aplicam uma força máxima), então as distâncias de paragem seguem uma lei quadrática.

A tabela seguinte mostra vários carros comuns e a energia que contêm no seu movimento a várias velocidades. A tabela não considera os pesos dos passageiros. A título de curiosidade a tabela inclui o valor energético para um camião TIR carregado com 40 toneladas, apesar de este caso estar excluído desta dissertação.

Veículo	Massa (Kg)	Energia (KJ)				
		50 Km/h	90 Km/h	120 Km/h	150 Km/h	180 Km/h
Smart	740	71	231	411	642	925
Renault Clio 1.0i	800	77	250	444	694	1,000
Opel Corsa 1.0	935	90	292	519	812	1,169
Mercedes E220 CDI	1,590	153	497	883	1,380	1,988
Land Rover 1997	2,250	217	703	1,250	1,953	2,813
Camião TIR	40,000	3,858	12,500	-	-	-

$$E = \frac{mv^2}{25920} \text{ (KJ)}$$

Se tivermos em mente que quanto mais energia acumulada o veículo tiver então maior a sua capacidade de fazer estragos, então esta tabela mostra bem a diferença entre a quantidade de energia armazenada sob a forma de movimento entre os vários veículos se circular a mesma velocidade. Mas, ainda mais, mostra as diferenças entre quaisquer dois automóveis, de massas diferentes, a velocidades diferentes (por exemplo, um Land Rover a 120 Km/h tem mais de 17 vezes a energia de um Smart a 50 Km/h, embora a velocidade seja apenas 2.4 vezes superior).

A tabela também mostra algo menos óbvio para muita gente, que é o facto da energia seguir uma lei quadrática (e não linear com a velocidade), pois, por exemplo, um aumento de 3x na velocidade de um veículo corresponde a um aumento de 9x na sua energia acumulada (e portanto 9x na distância de travagem). Isto significa que quando se pretende imobilizar o veículo (e portanto só as pastilhas de travões é que retiram a energia do carro em vez da deformação dos materiais) então a distância de travagem segue também uma lei que é quadrática (pois a

quantidade de energia que as pastilhas conseguem retirar em cada segundo é mais ou menos constante e limitada pela capacidade do material).

Se contemplarmos o tempo de reacção do condutor as contas são mais complexas, claro, mas podemos assumir que o tempo de reacção é constante (ou pelo menos que existirá um valor médio obtido por análise estatística). Em qualquer caso o tempo de reacção só agrava estes números. E se não fosse pelos sistemas de ABS e a tecnologia dos pneus e pastilhas as distâncias de travagem seriam ainda piores. Isto é importante porque a melhor maneira de evitar acidentes é, em geral, imobilizando o veículo a tempo. Em qualquer caso, considera-se comum que o tempo de paragem é igual ao tempo de travagem mais 1 segundo de reacção.

Nos anos 40 e 50 houve um tipo meio doido chamado John Stapp que fez muitas experiências nele próprio com desacelerações fortes (<http://csel.eng.ohio-state.edu/voshell/gforce.pdf>). Até à altura assumia-se que um ser humano morreria quando sujeito a acelerações de magnitude superior a 18G. O Stapp demonstrou que se sobrevive a acelerações até muito maiores que isso, mas também mostrou que 18G já provoca alguns danos no organismo. Os problemas maiores são com os sistemas de restrição (correias e cintos que seguram o corpo e que aplicam muita pressão sobre as zonas de contacto com o corpo), e também na visão (com a ruptura de vasos e capilares).

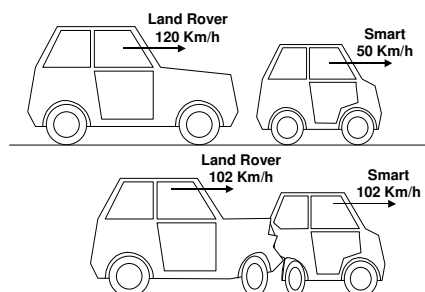
Daí para cá já se sabe muito mais sobre como o corpo humano suporta desacelerações, e como estas podem provocar ferimentos. Nomeadamente, sabe-se que com forças laterais de apenas 10G os danos podem ser muito severos (valor este que facilmente se atinge com impactos laterais em automóveis). Mas há que ter em conta outros danos com baixas forças G que resultam de fenómenos de torção, distensão e compressão, etc.

Em 1954 o Stapp ia-se partindo todo quando fez uma travagem a 46G. Rebentou os capilares todos dos olhos e ficou cego, e ficou praticamente inconsciente. Mas num espaço de um dia recuperou a visão, e mostrou que esta aceleração estará perto dos limites suportáveis sem ferimentos permanentes, mas que se lhe consegue sobreviver.

É preciso ter em conta que o Stapp era um homem relativamente jovem, robusto, e atlético. Se quisermos ter em conta pessoas normais do século 21 então precisamos considerar que dentro dos automóveis dos dias de hoje circulam homens, mulheres, crianças, e idosos, na sua maioria menos atléticos que o Coronel Stapp. Aliás, muita gente costuma dizer que os carros hoje protegem mais e melhor, mas talvez as pessoas hoje sejam mais frágeis! Em particular, há muito poucos estudos feitos com crianças, e há alguns indícios que as crianças possam ser mais vulneráveis a forças G que os adultos.

A pergunta que se segue flui naturalmente: será que há alguma velocidade de circulação automóvel que faça atingir este nível de aceleração em caso de impacto?

Vamos imaginar uma situação hipotética de choque entre um Land Rover de 2250 Kg a 120 Km/h contra a traseira de um Smart de 740 Kg a 50 Km/h. Faço notar que ambos os veículos circulariam a uma velocidade legal, por isso estaremos a imaginar um acidente fortuito, sem ilegalidade nem asneira óbvia de ninguém, em que o Land Rover sofreu, por exemplo, um furo e perdeu o controlo. Esta situação não é a pior, pelo contrário será uma das mais optimistas, pois trata-se de uma colisão muito simples numa auto-estrada, num caso em que ninguém esteja manifestamente a fazer asneira (vamos assumir que não há ninguém parado numa auto-estrada nem a fazer marcha atrás nem algo do género).



Este desenho (feito com as mais modernas tecnologias gráficas) exemplifica o impacto. Nesta situação, e tendo em conta as técnicas de concepção dos automóveis modernos, será normal a maior parte da energia ser absorvida pelos materiais. Eles são dimensionados para dissipar uma certa quantidade de energia suavemente,

desacelerando o resto das peças do veículo, incluindo os interiores e os passageiros (que estarão, na maior parte dos casos, fixos aos assentos pelos cintos de segurança).

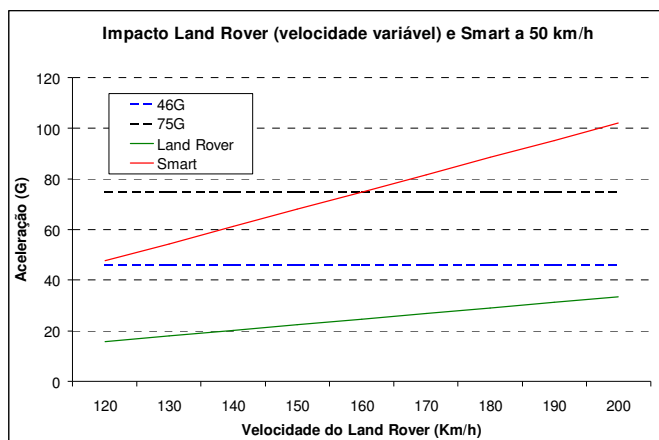
Essas zonas de deformação são as exteriores do veículo, e considera-se que o habitáculo (o espaço onde estão os passageiros) se quer o mais rígido possível (sem deformação absolutamente nenhuma) seja qual for a gravidade do embate, pois se algo invadir o habitáculo não só reduz os espaço disponível para cabeças, troncos, braços, e pernas desacelerarem, mas também porque algum objecto “menos macio” que entrasse no habitáculo poderia facilmente provocar danos nos passageiros. As partes deformáveis estão dimensionadas para uma certa velocidade máxima de embate, e por isso em embates com diferencial de velocidade mais pequeno a deformação não será total (como mostra a figura da colisão).

Para concluir este exemplo imaginemos que o Land Rover tem um máximo cerca de 1,2 metros de frente para a absorção de energia, e que o Smart tem um máximo de 40 cm de traseira para o mesmo fim (incluindo bagageira e espessura dos bancos). E vamos imaginar que foram ambos projectados para utilizar todo esse espaço em impactos com um diferencial de velocidade máximo de 120 Km/h. Assim, podem calcular-se alguns dados:

Land Rover @ 120 Km/h -> Smart @ 50 Km/h

Total de comprimento deformado 1	14%	Land Rover (17 cm na dianteira).
Total de comprimento deformado 2	44%	Smart (13 cm na traseira).
Total de comprimento deformado 1+2	0.3 m	Ambas as deformações somadas.
Velocidade final após o embate	102.7 Km/h	Ambos os veículos seguem juntos após o embate.
Alteração da velocidade do Land Rover	-17.3 Km/h	Sofre uma pequena desaceleração.
Alteração da velocidade do Smart	52.7 Km/h	Sofre uma grande aceleração.
Duração do embate	31 ms	
Aceleração do Land Rover	-15.7 G	Desaceleração (frontal negativa Gx) aceitável.
Aceleração do Smart	47.6 G	Aceleração (frontal positiva Gx) severa (perto dos limites).

Como se pode ver a aceleração no Smart está nos 48G, e isso é um impacto significativo. Se o Land Rover fosse a 130 Km/h o impacto seria de 54G, o que provocaria, certamente, danos sérios (como fracturas de ossos e falhas de órgãos) especialmente nos passageiros do Smart.



Destes cálculos se depreende que a velocidade de 120 Km/h tem, de facto, alguma base científica para ser o limite máximo nas nossas auto-estradas. Esta velocidade-limite confirma a velocidade-limite obtida empiricamente dos dados de sinistralidade, e explica porque é que há alguns anos a velocidade mínima em auto-estrada passou de 40 Km/h para 50 Km/h.

É também importante ter em conta que é muito fácil ao proprietário do Land Rover sentir-se seguro o suficiente para andar a acelerar. Mas note-se que numa colisão destas a vítima “é o outro”, e por isso é que se torna importante respeitar os seus direitos (dos outros). Este aspecto é um dos mais mal entendidos nas nossas estradas: se eu andar em excesso de velocidade estarei a desrespeitar os direitos dos outros. Para fins de comparação ficam aqui mais dados de outras combinações de acidentes.

Land Rover 1 @ 120 Km/h -> Land Rover 2 @ 50 Km/h

Total de comprimento deformado 1	29.2%	Land Rover 1 (35 cm na dianteira).
Total de comprimento deformado 2	29.2%	Land Rover 2 (18 cm na traseira).
Total de comprimento deformado 1+2	0.53 m	Ambas as deformações somadas.
Velocidade final após o embate	85 Km/h	Ambos os veículos seguem juntos após o embate.
Alteração da velocidade do Land Rover 1	-35 Km/h	Sofre uma desaceleração média.
Alteração da velocidade do Land Rover 2	35 Km/h	Sofre uma aceleração média.
Duração do embate	54 ms	
Aceleração do Land Rover 1	-18.37 G	Desaceleração (frontal negativa Gx) elevada.
Aceleração do Land Rover 2	18.37 G	Aceleração (frontal positiva Gx) elevada.

Smart 1 @ 120 Km/h -> Smart 2 @ 50 Km/h

Total de comprimento deformado 1	29.2%	Smart 1 (15 cm na dianteira).
Total de comprimento deformado 2	29.2%	Smart 2 (9 cm na traseira).
Total de comprimento deformado 1+2	0.23 m	Ambas as deformações somadas.
Velocidade final após o embate	85 Km/h	Ambos os veículos seguem juntos após o embate.
Alteração da velocidade do Smart 1	-35 Km/h	Sofre uma desaceleração média.
Alteração da velocidade do Smart 2	35 Km/h	Sofre uma aceleração média.
Duração do embate	24 ms	
Aceleração do Smart 1	-41.34 G	Desaceleração (frontal negativa Gx) severa.
Aceleração do Smart 2	41.34 G	Aceleração (frontal positiva Gx) severa.

Land Rover @ 120 Km/h -> Camião @ 50 Km/h

Total de comprimento deformado 1	55.2%	Land Rover (66 cm na dianteira).
Total de comprimento deformado 2	3.1%	Camião (1 cm na traseira).
Total de comprimento deformado 1+2	0.67 m	Ambas as deformações somadas.
Velocidade final após o embate	53.73 Km/h	Ambos os veículos seguem juntos após o embate.
Alteração da velocidade do Land Rover	-66.27 Km/h	Sofre uma grande desaceleração.
Alteração da velocidade do Camião	3.73 Km/h	Sofre uma aceleração quase nula.
Duração do embate	69 ms	
Aceleração do Land Rover	-27.3 G	Desaceleração (frontal negativa Gx) muito elevada.
Aceleração do Camião	1.54 G	Aceleração (frontal positiva Gx) negligenciável.

Smart @ 120 Km/h -> Camião @ 50 Km/h

Total de comprimento deformado 1	57.3%	Smart (28.6 cm na dianteira).
Total de comprimento deformado 2	1.1%	Camião (0.2 cm na traseira).
Total de comprimento deformado 1+2	0.288 m	Ambas as deformações somadas.
Velocidade final após o embate	51.27 Km/h	Ambos os veículos seguem juntos após o embate.
Alteração da velocidade do Smart	-68.73 Km/h	Sofre uma grande desaceleração.
Alteração da velocidade do Camião	1.27 Km/h	Sofre uma aceleração quase nula.
Duração do embate	30 ms	
Aceleração do Smart	-65.65 G	Desaceleração (frontal negativa Gx) muito severa.
Aceleração do Camião	1.21 G	Aceleração (frontal positiva Gx) negligenciável.

Land Rover @ 120 Km/h -> Parede @ 0 Km/h

Total de comprimento deformado 1	100%	Land Rover (120 cm na dianteira).
Total de comprimento deformado 2	0%	Parede (0 cm na traseira).
Total de comprimento deformado 1+2	1.2 m	Ambas as deformações somadas.
Velocidade final após o embate	0 Km/h	A velocidade é completamente anulada.
Alteração da velocidade do Land Rover	-120 Km/h	Sofre uma desaceleração total.
Alteração da velocidade do Parede	0 Km/h	Nem se mexe.
Duração do embate	72 ms	
Aceleração do Land Rover	-47.24 G	Desaceleração (frontal negativa Gx) severa (perto dos limites).
Aceleração da Parede	0 G	Aceleração (frontal positiva Gx) nula.

Smart @ 120 Km/h -> Parede @ 0 Km/h

Total de comprimento deformado 1	100%	Smart (50 cm na dianteira).
Total de comprimento deformado 2	0%	Parede (0 cm na traseira).
Total de comprimento deformado 1+2	0.5 m	Ambas as deformações somadas.
Velocidade final após o embate	0 Km/h	A velocidade é completamente anulada.
Alteração da velocidade do Smart	-120 Km/h	Sofre uma desaceleração total.
Alteração da velocidade do Parede	0 Km/h	Nem se mexe.
Duração do embate	30 ms	
Aceleração do Smart	-113.38 G	Desaceleração (frontal negativa Gx) garantidamente fatal.
Aceleração da Parede	0 G	Aceleração (frontal positiva Gx) nula.

O choque contra objectos sólidos raramente resulta na imobilização total do veículo, pois há sempre alguma componente de velocidade lateral ou de deformação que resulta em parte da energia cinética não ser dissipada no impacto (após o embate o carro rodopia, anda de lado, ou ganha “alguma altitude”, e portanto continua com alguma da energia inicial).

Hans C. Joksch publicou em 1993 um relatório muito famoso e até hoje universalmente aceite (e mais tarde em 1995 uma adenda para contemplar o efeito dos airbags: <http://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/2027.42/1132/2/88362.0001.001.pdf>) no qual mostra que a probabilidade de fatalidade está relacionada com a quarta potência da variação de velocidade pela seguinte fórmula aproximada (em milhas por hora):

$$probabilidade\_de\_fatalidade = (variação\_de\_velocidade\_em\_mph/71)^4$$

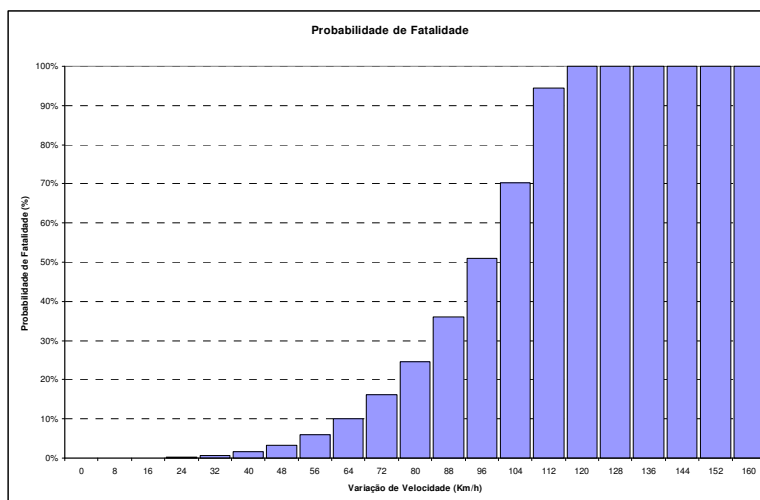
... ou, equivalentemente (em quilómetros por hora):

$$probabilidade\_de\_fatalidade = (variação\_de\_velocidade\_em\_kph/113.6)^4$$

O que esta fórmula significa é que Joksch constatou que sempre que há uma colisão e o veículo sofre uma variação de velocidade de X Km/h, então a probabilidade de algum dos ocupantes falecer é de  $(X/113.6)^4$ . Por exemplo, um veículo que se desloca a 113.6 Km/h e embate contra uma parede de “betão indestrutível” imobilizando-se completamente sofre uma variação de velocidade total, dos 113.6 Km/h. Portanto a probabilidade de algum dos ocupantes falecer é de 100% pois  $(113.6\text{ Km/h}/113.6)^4=1$  (ou 100%).

Mas se esse mesmo veículo embater contra um obstáculo “menos sólido que uma parede de betão indestrutível”, como por exemplo outro automóvel na via, e a sua velocidade após o embate for de 83.6 Km/h, então a variação de velocidade é de apenas 30 Km/h, e a probabilidade de algum dos ocupantes falecer será dada por  $(30/113.6)^4=0.0049$  (ou 0.5%). Felizmente são raros os acidentes que correspondem ao primeiro caso, senão seria muitíssimo improvável sobreviver a um acidente a 120Km/h.

Variação de Velocidade		Probabilidade de fatalidade
Mph	Kph	
0	0	0%
5	8	0%
10	16	0%
15	24	0%
20	32	1%
25	40	2%
30	48	3%
35	56	6%
40	64	10%
45	72	16%
50	80	25%
55	88	36%
60	96	51%
65	104	70%
70	112	94%
75	120	100%
80	128	100%
85	136	100%
90	144	100%
95	152	100%
100	160	100%



Este gráfico mostra como esta probabilidade aumenta, e vê-se que tem, de facto, um crescimento muitíssimo rápido com o aumento da velocidade.

Abaixo pode ver-se o mesmo efeito mas de forma talvez mais intuitiva. O programa de televisão *Myth Busters* fez uma análise de uma situação de impacto a 50 Mph (80 Km/h) e 100 Mph (160 Km/h), e os dados recolhidos permitem-nos perceber, em grande medida, o porquê da evolução tão rápida da probabilidade de fatalidade quando se aumenta a velocidade.



Ensaio de colisão *Myth Busters* com 2 veículos: à esquerda 80 Km/h contra uma “parede de aço indestrutível”, e à direita a 160 Km/h contra a mesma parede. Considero que é aqui feito uso legítimo desta imagem por se tratar apenas de um fotograma, por se fazer acompanhar da referência aos respectivos autores, pelo carácter informativo das intenções do autor, e pelo propósito não comercial da sua utilização.

Os veículos são idênticos, exceptuando a cor, e podem ser considerados “automóveis típicos” de gama média em 2010. O da esquerda, cor-de-laranja, foi arremessado contra uma “parede de aço estacionária e indestrutível” a 80 Km/h, e o da direita, amarelo, foi arremessado contra a mesma parede a 160 Km/h.

As diferenças na capacidade de os passageiros sobreviverem são bem notórias: no da esquerda vemos que os passageiros da frente claramente estarão em apuros, já que se vê que houve compressão significativa do habitáculo (na casa dos 90cm), e provavelmente teriam alguns danos nos membros inferiores (possivelmente até fracturas). Atrás o habitáculo praticamente não sofreu deformações, e os passageiros de trás poderiam ter sofrido “danos menores”.

O veículo da direita, por outro lado, mostra porque é que a probabilidade de sobrevivência é zero a essa velocidade. O automóvel ficou com cerca de metade do tamanho, e toda a mecânica dianteira (motor, direcção, bateria, radiador, etc.) foram comprimidos para o interior do habitáculo. O condutor e passageiro da frente claramente não teriam qualquer hipótese de sobrevivência, já que o habitáculo resultante deixou de conter espaço para os seus corpos na forma sólida. Será até mesmo muito provável que o mesmo aconteça com os passageiros de trás, já que não parece haver qualquer espaço que possa ser ocupado por uma única pessoa inteira, nem mesmo meia pessoa.

Os veículos estavam equipados com acelerómetros, e o da esquerda mediu uma desaceleração média de 58G durante o impacto. Tendo em conta que o Coronel Stapp sobreviveu a 46G, e tendo em conta que os acelerómetros iam solidários com o carro (o que não será típico para os ocupantes) constatamos que há a hipótese de os ocupantes sobreviverem - não poderemos ter a certeza, mas com estes elementos é uma possibilidade credível que adultos saudáveis pudessem sobreviver a este impacto.

O veículo da direita registou 185G de desaceleração média durante o impacto, o que não deixa margem para dúvidas de que os ocupantes não teriam sobrevivido, mesmo se adultos e saudáveis. É importante também salientar que a probabilidade de os sistemas de restrição e apoio à sobrevivência ajudarem de forma significativa é muito pequena, pois o habitáculo não terá sequer espaço para desacelerar troncos e cabeças de pessoas, e por isso, mesmo com airbags e cintos de segurança, os ocupantes acabarão esmagados na mesma.

### Psicologia

Ainda há mais razões científicas. Os estudos demonstram que os acidentes se tornam mais prováveis conforme a diferença das velocidades dos automóveis que nela circulam sejam muito diferentes. Assim estabelece-se empiricamente uma regra, a regra dos 85%. Esta regra separa os 85% de condutores mais lentos dos 15% mais rápidos. Os estudos demonstram que há menos acidentes se as velocidades praticadas estiverem em torno da velocidade destes 85% mais lentos. Isto significa que se se andar mais depressa ou mais devagar que o grupo dos 85% então aumenta-se o risco de acidente ([http://en.wikipedia.org/wiki/Speed\\_limit](http://en.wikipedia.org/wiki/Speed_limit)).



Então temos aqui outra razão científica para encontrar a velocidade de 120 Km/h, que é aquela que mais facilmente permite uma condução confortável à maioria dos condutores e dos automóveis que conduzem. Não é por acaso, pois em toda a Europa os limites em auto-estrada centram-se, na sua esmagadora maioria, em 120 Km/h (variando um pouco em torno disso), e os fabricantes sabem-no e desenham os seus carros para fornecerem bom conforto e estabilidade a essas velocidades.

Por isso o “carro médio típico”, tem esta “velocidade máxima normal” contemplada no seu projecto, pois para os fabricantes é importante definir máximos para se manterem os custos sob controlo. Não podemos esquecer que muito do nosso parque automóvel é constituído por Clio’s e Corsa’s e 206’s e afins. Eu já ouvi muitos condutores destes carros dizerem que a 140 Km/h não vão confortáveis e sentem alguma insegurança, por exemplo, e que se sentem muito mais seguros a 120 Km/h (ou mesmo a 110 Km/h).

Todos estes limites são teóricos, claro, e pode perfeitamente acontecer que num dado local hajam razões para impor outros limites. É verdade que os carros hoje são mais seguros que antigamente, mas as estradas estão muito mais congestionadas! A maneira mais fácil é defini-los baseados nas estatísticas de sinistralidade, já que a velocidade excessiva é a principal causa de sinistralidade.

E também é importante notar o aspecto global e estatístico: se aumentar o limite em 10% as energias libertadas nas colisões subirão cerca de 20% e as probabilidades de fatalidades aumentam mais de 40%. Por isso o ponto óptimo é mesmo crítico, e não se pense que “ah, são só mais 10 Km/h” ou “só mais 20 Km/h” pois a velocidades elevadas as probabilidades de ferimentos graves aumentam vertiginosamente.

Também se consegue demonstrar que a velocidade é um vício. O alargamento das bermas leva os condutores a andarem mais depressa. A proximidade de estruturas altas em torno da estrada fá-los andarem mais devagar. Vários estudos demonstram um fenómeno de adaptação à velocidade no qual alguém que tenha conduzido alguns minutos numa via de grande velocidade e depois entre numa via de velocidade reduzida (como uma localidade) terá maior tendência a desrespeitar os limites e andar em excessos de 20 Km/h ou mais.

Também se demonstra que os ganhos de tempo ao exceder-se a velocidade são muito reduzidos quando comparados com um aumento exponencial (4ª potência) da probabilidade de ferimento ou fatalidade. A tabela seguinte mostra as probabilidades de fatalidade em caso de colisão com um objecto imóvel, a 100 metros de distância, para as diferentes velocidades iniciais, e os ganhos de tempo se a viagem for num troço de auto-estrada com 20 Km (valor típico para “regresso a casa”). Mostra também o aumento da probabilidade de fatalidade para as várias velocidades comparando com o valor de cerca de 100 em 1.000.000 que se obtém para 120 Km/h (o mínimo não nulo obtém-se para 118 Km/h de cerca de 1 em 1.000.000).

Velocidade (Km/h)	Tempo Total da Viagem de 20Km (m)	Ganho de Tempo (m)	Ganho de Tempo (%)	Aumento de Probabilidade de Fatalidade
100	12.0	-2.0	-20%	0 x
105	11.4	-1.4	-14%	0 x
110	10.9	-0.9	-9%	0 x
115	10.4	-0.4	-4%	0 x
120	10.0	0.0	0%	1 x
125	9.6	0.4	4%	55 x
130	9.2	0.8	8%	393 x
135	8.9	1.1	11%	1,463 x
140	8.6	1.4	14%	3,935 x
145	8.3	1.7	17%	8,707 x
150	8.0	2.0	20%	16,911 x
155	7.7	2.3	23%	29,918 x
160	7.5	2.5	25%	49,345 x
165	7.3	2.7	27%	77,063 x
170	7.1	2.9	29%	115,205 x
175	6.9	3.1	31%	166,174 x
180	6.7	3.3	33%	232,653 x
185	6.5	3.5	35%	317,616 x
190	6.3	3.7	37%	424,340 x
195	6.2	3.8	38%	556,416 x
200	6.0	4.0	40%	717,766 x

Há que considerar que a exposição ao risco se faz durante todo o percurso. Por exemplo, a viagem a 150 Km/h resulta num ganho de tempo de 2 minutos mas num aumento de exposição ao risco de fatalidade em caso de acidente de quase 17.000 vezes mais (em cada um dos 8 minutos que a viagem demora!!), comparando com a mesma viagem a 120 Km/h.

#### 4) Razões Sócio-Económicas

Em termos sociais o aspecto mais importante a considerar fica patente no exemplo do Land Rover a colidir com a traseira do Smart. Na realidade, e quando se fala em incumprimento do limite de velocidade, estaremos a falar do problema social e cívico que é aumentar o risco de os outros morrerem por nossa causa. Ou morrerem, ou partirem uma perna, ou mesmo (no caso de acidentes menos graves) de sofrermos o incómodo de um nabo qualquer que não respeitou o limite provocar um acidente que nos dá cabo do carro todo!

Deveria ser a responsabilidade de todos os condutores não aumentarem o risco para os outros. O pior argumento que os maus condutores vulgarmente dão é que têm um carro bom, e portanto podem andar mais depressa. E o argumento é mau porque o nosso Estado concede o direito aos menos ricos de, ainda assim, terem um carro. Para isso o Estado permite que se vendam carros de 7.000 EUR ou 10.000 EUR, que estão nos mínimos da segurança, e isso é correcto num Estado como o nosso que reconhece direitos aos cidadãos menos afortunados. Para que esses carros baratos sejam seguros basta que os limites de velocidade sejam respeitados por todos.

Só porque alguns querem circular a 150 Km/h não seria aceitável num país como o nosso impedir-se a homologação de carros de 10.000 por não estarem aptos a lidar com acidentes a essas velocidades. Subia-se a fasquia para que valores? Carros de 20.000 EUR? Isso era o mesmo que dizer que as nossas estradas iam passar a favorecer os ricos e a prejudicar (ou mesmo impedir) a circulação de pobres. Num Estado com vocação social como o nosso isso simplesmente não seria aceitável.

Outra forma de aumentar o limite dentro dos mesmos patamares de segurança: poderíamos optar por colocar limites nas nossas auto-estradas entre 80 Km/h e 150 Km/h, por exemplo. Todavia, isso também não seria aceitável, pois se algum velhinho quer andar a 60 Km/h deveria estar no seu direito. E se algum condutor circula com reboque, ou se algum camionista transporta matérias perigosas, é importante que possam circular a menos de 80 Km/h. A ideia geral é que a estrada é para todos, e este é um princípio com o qual é fácil concordar à luz das nossas cultura e tradição, e isso consegue-se facilmente com um limite de velocidade razoável, como 120 Km/h.

Depois há outro factor social a considerar: o de gerir bem o equilíbrio entre velocidade e morte. No nosso país isso tem sido bem conseguido, e tem-se baixado o número de fatalidades sem reduzir os limites de velocidade. Note-se que teria muito mais simples reduzir os limites de 120 Km/h para 100 Km/h ou de 50 Km/h para 30 Km/h. Em vez desta solução muito mais simples (que até seria lucrativa por via das multas) tem-se investido em medidas muito mais complexas como as inspecções periódicas automóveis e campanhas de sensibilização nos média.

Assim, quando se define um limite de velocidade assume-se que se quer a maior velocidade que resulta num número de mortos “ainda razoável”. Esta abordagem levanta muitas questões éticas, e qualquer defensor da vida puxaria a coisa para o lado do “mais devagar”. Quem tem pressa ou nunca pensou muito no assunto geralmente puxa para o lado do “mais depressa”. O equilíbrio deverá então ser achado da forma mais sensata e informada, em vez de se mandarem novos limites para o ar como 150 Km/h, por exemplo, sem fundamento nenhum. É importante não esquecer que um aumento de 5 Km/h pode resultar na morte de mais pessoas, e todas elas serão filhos de alguém ou irmãos ou conjugues.

Outro aspecto interessante é o custo com seguros. Mais uma vez não queremos favorecer apenas os ricos, e por isso quer-se que os prémios de seguros estejam também sob controlo. Em 2006 a média dos valores dos prémios de seguros automóveis foi de 1240 EUR, e em 2005 os custos brutos com sinistros foram de cerca de 1.400.000.000 EUR (ISP), e os custos globais (incluindo os indirectos) foram de 4.000.000.000 EUR (APM-JC).

O mesmo raciocínio se aplica aos custos com hospitais, pois actualmente os acidentes de viação custam ao Estado quase 5% da riqueza produzida em Portugal. Os custos hospitalares que resultam da sinistralidade automóvel rondam anualmente os 2.700.000.000 EUR, aos quais acrescem os custos das indemnizações, das pensões de invalidez, e das baixas de trabalho. Muitas destas verbas são dispendidas pelo Estado directa ou indirectamente (Correio da Manhã).

Em termos de projectos rodoviários é importante também haver limites de velocidade bem definidos, pois estes são um factor limitador nas características físicas das estradas e auto-estradas. Seria caro ao nosso país construir vias de um novo tipo, chamadas de, por exemplo, autoestrada-expresso, com limites entre os 80 Km/h e os 150 Km/h, e de garantir a sua qualidade ao longo dos anos, e para todas as condições meteorológicas. E tudo isso para se ganharem uns minutos em cada viagem!

## 5) Razões Políticas

Pode ser interessante uniformizar a velocidade máxima na Europa. Claro que primeiro tem de se uniformizar a qualidade das vias e o seu tipo. Mas como primeiro passo a uniformização da velocidade máxima permite uma redução significativa no custo de fabrico dos automóveis, e é importante notar que o nosso país é um dos países da Europa mais sensíveis a esses custos.

Outra razão política muito importante deriva da péssima imagem das estradas e condutores portugueses no estrangeiro, e os correspondentes prejuízos no turismo.

A “malta verde” (associações e grupos de activistas defensores do ambiente) querem que se baixem os limites de velocidade para proteger o meio ambiente (pois menos velocidade resulta em menos emissões de poluentes). Um dos seus alvos preferidos é a Alemanha, com as suas estradas especiais que não têm limite de velocidade. A mesma Alemanha tem uma tradição de conduzir depressa e como um dos construtores mundiais dos mais emblemáticos “carros velozes” defende afincadamente a preservação das “auto-estradas deslimitadas” (autobahn).

## 6) Outros Limites

Claro que é importante considerar outros limites, como o de 50 Km/h dentro das localidades. Este é particularmente importante, pois concluiu-se, estatisticamente, que 60 Km/h era um limite demasiado alto (com taxas de fatalidade muito elevadas) e que um limite de 50 km/h é muito menos perigoso para peões.

Os motociclos, por exemplo, são um problema porque os sistemas de restrição e protecção de que dispõem são praticamente nulos, e demonstra-se que com um impacto no capacete superior a uns 20 Km/h a probabilidade de sobreviver sem danos permanentes é muitíssimo baixa. Aliás, a melhor hipótese dos motociclistas é caírem no asfalto sem chocarem com nada, para desacelerarem suavemente.

Os pilares de suporte das barreiras de protecção são responsáveis por um grande número de baixas entre os motociclistas, mas como os custos de modificar toda a infra-estrutura são muitíssimo elevados e os motociclistas são, comparativamente, poucos, então seria mais fácil simplesmente proibir o acesso destes veículos às auto-estradas. Enquanto isso não acontece os motociclistas continuarão a ter o maior número de fatalidades em relação ao número de acidentes nos quais estão envolvidos (mais do dobro dos ligeiros de passageiros).

E ainda será importante falar de pisos molhados, danificados, pneus em mau estado, veículos mais velhotes (não esquecer que os proprietários deverão ter o direito de os manter a custos razoáveis, na lógica de Estado social), animais, e todas as outras condicionantes que fazem com que os limites de velocidade máximos devam ser reduzidos. Fora das localidades, onde se dão os acidentes com maior gravidade, o limite de 90 Km/h é o mais enganador pois a maioria das estradas nacionais não tem condições para velocidades tão elevadas.

## 7) Conclusão

Estão aqui apresentadas inúmeras razões para que hajam limites de velocidade impostos por lei. E também estão evidenciadas algumas razões a justificar porque esse limite não deverá andar muito longe dos 120 Km/h. Para um maníaco da segurança rodoviária (como eu) o direito de exigir que os outros não ultrapassem esses limites é inquestionável.

Se eu vou na auto-estrada a 120 Km/h e alguém passa por mim a 150 Km/h ou 180 Km/h porque razão tenho de confiar que essa pessoa sabe conduzir a essas velocidades? É mais do que certo que essa pessoa pensa que sabe conduzir depressa, mas as estatísticas mostram que a quantidade de pessoas dessas que estão enganadas é muito alta. E já não falo em saber conduzir depressa: porque é que essa pessoa acha que consegue lidar com um imprevisto como um furo ou um animal na estrada quando vai a essas velocidades? Porque é que essa pessoa acha que tem o direito de arriscar a minha saúde??