



OBSERVATÓRIO DE SEGURANÇA
DE ESTRADAS E CIDADES

RELATÓRIO PRELIMINAR DE PERITAGEM ÀS CONDIÇÕES DE SEGURANÇA RODOVIÁRIA DA AUTO-ESTRADA A8

RELATÓRIO PRELIMINAR DE PERITAGEM ÀS CONDIÇÕES DE SEGURANÇA RODOVIÁRIA DA AUTO-ESTRADA A8

VERSÃO DE 23 DE JANEIRO DE 2010

RELATÓRIO PRELIMINAR DE PERITAGEM
ÀS CONDIÇÕES DE SEGURANÇA RODOVIÁRIA
DA AUTO-ESTRADA A8
ENTRE OS QUILOMETROS 4 E 131

O Observatório de Segurança de Estradas e Cidades (OSEC) – organização não governamental, com sede no Tribunal da Relação de Lisboa, vem pronunciar-se sobre as condições de segurança rodoviária da Auto-Estrada A8, entre os quilómetros 4 e 131.

O presente estudo preliminar baseia-se na realização e sobreposição de vários levantamentos da geometria do traçado obtidos em 12-Jan-2010, com recurso a um conjunto de hardware e software, uns adoptados e outros desenvolvidos pelo signatário, para uso no OSEC, baseando-se na georeferenciação por satélite e na utilização de antenas de GPS de alta sensibilidade.

Em circunstâncias contadas regista-se a perda de sinal de GPS, o que se traduz na obtenção de um troço linear no traçado. Para corrigir esta falta de informação, procedeu-se à sobreposição dos vários levantamentos e a posterior sobreposição nas imagens do Google Earth.

Cada levantamento obtido é caracterizado por uma sequência de pontos com coordenadas (X,Y,Z). O valor obtido para as coordenadas altimétricas (Z) tem menos fiabilidade que as restantes pelo que o valor apresentado para os raios das curvas verticais está sujeito a uma maior incerteza que o valor apresentado para o raio das curvas em planta.

Nesta fase, também realizaram-se algumas medições complementares de modo a dispor dos elementos suficientes para a elaboração do presente relatório que, em fase posterior de investigação, serão alvo de medição mais apurada. Os resultados das medições a realizar deverão ser confrontados com os elementos que constam no projecto de construção da estrada.

INTRODUÇÃO AOS PRINCIPAIS CRITÉRIOS TÉCNICOS DE SEGURANÇA RODOVIÁRIA

1. A VELOCIDADE DE TRÁFEGO E A NORMA DE TRAÇADO PORTUGUESA

No meio da Engenharia Civil, na especialidade de Transportes, responsável pela execução do projecto, pela construção e pela manutenção de estradas, está estabelecido, desde há muitos anos, com base na investigação científica do comportamento do condutor e, especialmente, nas características automáticas do seu comportamento pericial dominante que, a velocidade adoptada pelos condutores depende, principalmente, das características da estrada tais como, do raio da curva em planta, da largura da faixa de rodagem, do número de vias em cada sentido, da inclinação longitudinal da estrada, da largura da berma, da extensão das rectas, etc. Todas estas variáveis principais são escolhidas ou alteradas pelos engenheiros na fase de concepção ou de intervenção na estrada.

No leque variado de velocidades induzidas nos condutores, a segurança deve estar garantida para, pelo menos, 85% dos condutores, admitindo-se que, no máximo, 15% deles circulam acima e fora das condições de segurança. Este é o conceito aceite em Portugal e na generalidade dos países.

Entende-se que não é economicamente viável proporcionar a todos os condutores as condições de segurança necessárias à velocidade a que eles pretendem circular. *”Socialmente é, assim, aceite ignorar a pretensão de 15% dos condutores, tanto mais que habitualmente é sobre este último subconjunto de condutores que as acções de fiscalização do acatamento dos limites legais de velocidade costumam incidir.”* Cardoso (6).

Assim, para uma determinada zona da estrada, onde se pretendem avaliar as condições de segurança, deve-se avaliar, em condições sem ocorrência de chuva e sem piso molhado, no leque das medições das velocidades praticadas pelos condutores, qual a velocidade que, no máximo, é excedida por 15% dos condutores. Esta será considerada a velocidade padrão, a velocidade de referência que servirá para verificar as condições de segurança rodoviária. Esta é a Velocidade de Tráfego (VT), também designada por V85, representando a velocidade máxima praticada por, pelo menos, 85% da população dos condutores.

Em Portugal este é o conceito acolhido também pela Norma de Traçado P3/94 que regula o projecto de estradas que é actividade da competência da Engenharia Civil na especialidade de Transportes.

Atendendo à influência determinante do Traçado sobre o comportamento do condutor, derivada principalmente do **comportamento automático do condutor**, os critérios técnicos, que garantem a segurança de uma estrada, condicionam fortemente as características geométricas do seu traçado e, praticamente, pouco ou nada referem relativamente à sinalização de limites de velocidade

máxima permitida porque, como se sabe, não é esta que condiciona efectivamente o comportamento dos condutores.

O comportamento do condutor é fortemente condicionado pelo traçado da estrada, em detrimento de limites legais de velocidade sinalizados.

Com efeito, na comunidade técnica internacional este é um facto aceite.

“Sabe-se que os condutores não cumprem os limites legais de velocidade mas escolhem a velocidade que consideram mais apropriada para as condições prevalecentes (segundo ELMBERG - Universidade de Purdue), em função da “representação” mental que fazem da estrada.” Cardoso (6).

Assim, resulta que a sinalização de limite legal de velocidade deve ser apenas um reflexo complementar de um traçado cumpridor de critérios técnicos que pretender garantir a segurança para, pelo menos, 85% dos condutores.

A resposta do condutor é tão típica e previsível que existem expressões matemáticas empíricas (baseadas no comportamento verificado dos condutores) para prever a velocidade de tráfego que os condutores irão praticar num determinado elemento do traçado (recta ou curva) da estrada e que, dependendo apenas das características do traçado acabadas de referir, não dependem da sinalização afixada da velocidade máxima permitida.

A velocidade de tráfego praticada pelos condutores, prevista por essas expressões matemáticas, manifesta-se em regime de circulação livre, quando não sejam impedidos por outros veículos. Considera-se que estas condições verificam-se quando o intervalo de espaçamento entre veículos é igual ou superior a 6 segundos. A vigilância policial perceptível impede o regime de circulação livre.

Perante um determinado traçado de uma estrada em projecto, é da responsabilidade do engenheiro civil, na especialidade de transportes, o cálculo da estimativa da Velocidade de Tráfego (VT ou V85) que se prevê que venha a ser praticada nessa estrada. Desta forma, o engenheiro poderá verificar se os diversos critérios técnicos de segurança são satisfeitos para Velocidade de Tráfego induzida ao longo do traçado.

Os diversos critérios técnicos de segurança condicionam as características geométricas do traçado¹ e do espaço adjacente à estrada², garantindo os parâmetros mínimos de segurança até uma determinada velocidade segura que deve ser sempre maior ou igual à Velocidade de Tráfego.

¹ - Tais como: o raio da curva em planta; o raio da curva vertical; a extensão dos troços rectos e das curvas; a inclinação longitudinal e a sua extensão máxima; a sobrelevação das curvas (“relevé”); a relação entre a extensão de uma recta que antecede uma curva com um dado raio, etc.

² - Por exemplo, ao longo de uma curva em planta, no lado do intradorso, é necessário desobstruir o espaço (escavar um talude ou cortar vegetação) para garantir a visibilidade do condutor, sobre a sua via de rodagem, ao longo da Distância Mínima de Visibilidade de Paragem, para que este tenha condições de executar uma paragem em segurança, caso exista um obstáculo na estrada.

Um erro de traçado ocorre quando a estrada induz os condutores a praticarem Velocidades de Tráfego superiores às condições de segurança que o traçado oferece.

Alguns erros de traçado são também alimentados por um défice de cálculo da Norma de Traçado P3/94 portuguesa, publicada em 1994 que, por omissão, não determina o cálculo correcto das Velocidades de Tráfego, apenas apresentando uma estimativa fixa que subavalia perigosamente as reais velocidades de tráfego, quando os limites efectivos desta já se sabiam, por estudos anteriores realizados em diversos países, não obstante os estudos posteriores de Cardoso (LNEC) de 1996, ou da fórmula alemã, ou da francesa, ou dos restantes estudos e verificações que o LNEC tem desenvolvido nas estradas portuguesas.

Por exemplo, para o traçado duma auto-estrada, projectado para uma Velocidade Base de 120km/h, a Norma de Traçado portuguesa prevê que a Velocidade de Tráfego seja de 130km/h quando, efectivamente, pode ser muito superior, da ordem de 148km/h tal como consta nos estudos que o LNEC tem desenvolvido nas estradas portuguesas desde o ano de 2000 e que, por isso, tem recomendado, insistentemente, que a Norma de Traçado seja revista. Esta faceta negativa da Norma de Traçado já deveria ter sido corrigida há mais de 10 anos.

Essa insuficiência grave da Norma de Traçado, quanto à estimativa correcta das Velocidades de Tráfego, mantém-se, continuando a “permitir”, ilicitamente, a construção de estradas mais baratas³ à custa da insegurança, associadas a parâmetros de segurança fictícia resultantes da subavaliação da velocidade de tráfego. Como consequência, coloca-se a vida dos utentes das estradas em situação de risco proibido e, consequentemente, associada a níveis inadmissíveis de grande sinistralidade que continuam a caracterizar as zonas de acumulação de acidentes nas estradas portuguesas.

Este erro associa-se a outros erros da Norma de Traçado em vigor, tais como:

- a relação que postula entre o Raio da Curva e a Extensão da Recta que antecede a curva;
- a construção do Diagrama da Velocidade Específica que permite que um traçado MAU seja classificado como ACEITÁVEL, etc.

Se a Norma fosse corrigida de modo a exigir a construção do diagrama da Velocidade de Tráfego ao longo do traçado (em vez do Diagrama da Velocidade Específica) a análise da segurança seria muito mais simples, intuitiva e completa.

³ - A norma “permite” a utilização de curvas com raio mais reduzido, tornando essas curvas perigosas, mas que correspondem a uma maior economia devido: a um menor movimento de terras (escavação e aterro); a um menor investimento na construção de pontes, de viadutos e de túneis, etc.

Por estas razões, torna-se crucial a medição da Velocidade de Tráfego nestas zonas de acumulação de acidentes para tentar repor a justiça nas instâncias adequadas (Tribunais), promovendo:

- a rápida correcção da Norma de Traçado;
- o cuidado dos organismos públicos que têm aprovado, recentemente e com frequência excessiva, projectos de estradas com traçados errados que geram as zonas de acumulação de acidentes. Em Portugal é frequente a prática ilícita dos critérios economicistas prevalecerem sobre os critérios técnicos de segurança;
- o cuidado dos organismos públicos na manutenção e na correcção das condições de segurança das estradas em serviço, etc.

2. A CORRECÇÃO DAS ZONAS DEFEITUOSAS DO TRAÇADO

As zonas defeituosas do traçado geram as zonas de acumulação de acidentes devido, por exemplo, à Velocidade de Tráfego medida no local, ou na proximidade a montante, ser superior à velocidade segura que as condições do traçado conseguem garantir. Estes defeitos do traçado podem ser corrigidos alterando a sua geometria, à custa da realização de obras, ou podem ser corrigidos modelando a Velocidade de Tráfego de modo a que esta não seja superior à referida Velocidade segura.

A simples instalação de sinalização de limites de velocidade nada tem a ver com o cumprimento dos critérios técnicos de segurança que apenas se concretiza quando a Velocidade de Tráfego é, efectivamente, reduzida para os valores desejados.

A afixação de sinalização de limites de velocidade sem que se verifique a modelação desejada da Velocidade de Tráfego, mantém a ilicitude das condições de perigo. Desta situação pode resultar o desvalor jurídico do acto administrativo que consistiu a afixação dos referidos limites de velocidade.

3. ALGUNS CRITÉRIOS TÉCNICOS DE SEGURANÇA OBRIGATÓRIOS GARANTIR ATÉ À VELOCIDADE DE TRÁFEGO

Nesta fase de estudo preliminar verificou-se, pela realização de medições, que, no traçado em análise, a Velocidade de Tráfego varia entre 130 a 145km/h.

As **Distâncias Mínimas de Visibilidade de Paragem (DP)** e de **Decisão (DD)** a garantir no traçado estão avaliadas, em função da Velocidade de Tráfego praticada na estrada, na Norma de Traçado P3/94, no Quadro V, na sua pág. 26. No caso da estrada em análise a Distância Mínima de Visibilidade de Ultrapassagem (DU) não se aplica porque o veículo, para ultrapassar, não necessita de invadir as vias de sentido contrário.

QUADRO V
Distâncias de visibilidade mínima

Velocidade do Tráfego (km/hora)	Distância de Visibilidade (m)		
	Paragem (DP)	Decisão (DD)	Ultrapassagem (DU)
40	40	-	280
50	60	-	350
60	80	200(a)	420
70	100	240	490
80	120	270	560
90	150	300	630
100	180	330	700
110	220	370	770
120	250	400	840
130	320	430	910
140	390	470	980

(a) Valores a considerar quando a velocidade for < 60 km/hora

A relação entre os raios das curvas verticais convexas, correntemente designadas por “lombas”, e a Velocidade de Tráfego praticada na estrada, está avaliada na Norma de Traçado P3/94, no Quadro XII da pág. 55. O valor mínimo do raio vertical das “lombas” para o traçado em análise pode ser lido na coluna do Raio Mínimo Absoluto:



Velocidade
de Tráfego

QUADRO XII
Raio mínimo das concordâncias convexas

Velocidade (km/h)	Raio mínimo		Desenvolvim. mínimo		Raio mínimo de Ultrapassagem (m) (b)
	Absoluto(a) (m)	Normal (m)	Absoluto(a) (m)	Normal (m)	
40	1 500	1 500	40	60	2 500
50	1 500	2 100	50	60	4 500
60	2 000	3 000	60	120	6 500
70	3 000	4 200	70	120	8 000
80	5 000	6 000	80	120	11 000
90	7 500	8 500	90	120	14 000
100	9 000	12 500	100	120	17 000
110	12 000	13 000	110	120	22 000
120	14 000	16 000	120	120	28 000
140	20 000	20 000	140	140	28 000

(a) Só aceitáveis em estradas com faixas de rodagem unidireccionais

(b) Asseguram a visibilidade necessária para ultrapassar um veículo rodando a uma velocidade igual ou inferior a 90 Km/hora.

A relação entre o raio da curva em planta e a respectiva Velocidade Específica (velocidade máxima com que se pode percorrer uma curva em condições de segurança) pode-se calcular e também está avaliada na Norma de Traçado P3/94, no Quadro XXIII da pág. 123, pressupondo que a sobrelevação (“releve”) da curva é de 7%:

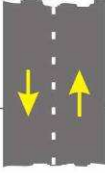
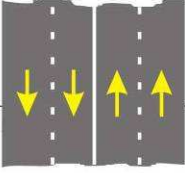
QUADRO XXIII
Velocidade específica nas curvas

Estrada c/ 2 vias		Estrada c/ 2 x 2 vias	
Raio (m)	Velocidade Específica (km/h)	Raio (m)	Velocidade Específica (km/h)
180	70	-	-
210	75	-	-
240	80	-	-
280	85	-	-
320	90	320	90
370	95	370	95
420	100	420	100
470	105	470	105
530	110	530	110
580	115	580	115
≥ 620	120	620	120
-	-	710	125
-	-	≥ 780	130

O valor da sobrelevação que deveria estar executada ao longo das curvas em planta, também conhecida por “relevé”, está definido no quadro XVII da Norma de Traçado P3/94, na pág. 75, na coluna respeitante a estradas com 2 x 2 vias:



RELATÓRIO PRELIMINAR DE PERITAGEM ÀS CONDIÇÕES DE SEGURANÇA RODOVIÁRIA DA AUTO-ESTRADA A8

**QUADRO XVII**
Sobreelevação em curva

Estradas c/ 2 Vias		Estradas com 2 x 2 Vias (a)	
Raio (m)	Sobreelevação (%)	Raio (m)	Sobreelevação (%)
≤ 450	7	≤ 900	7
525	6,5	1100	6,5
600	6,0	1300	6,0
700	5,5	1500	5,5
850	5,0	1750	5,0
1000	4,5	2000	4,5
1200	4,0	2250	4,0
1400	3,5	2600	3,5
1600	3,0	3000	3,0
1900 ≤ R < 2500	2,5	3500 ≤ R < 5000	2,5
≥ 2500	-	≥ 5000	-

(a) Nestas estradas a velocidade do tráfego é normalmente superior em 30% à das estradas com 2 vias

Quando, numa curva em planta, a sobrelevação é inferior ao valor preconizado na Norma, as condições de segurança da curva resultam diminuídas, ou seja, este defeito de projecto ou construtivo pode participar activamente na causalidade de um despiste que resulte do percurso de uma curva. O mesmo despiste poderia não ter ocorrido se a sobrelevação fosse a correcta.

Como se pode verificar, todos os parâmetros de segurança que deveriam estar executados na estrada, referidos anteriormente (Distância Mínima de Visibilidade de Paragem e Distância Mínima de Visibilidade de Decisão, Raio da Curva Vertical, Raio da Curva em planta e a Sobrelevação – que determinam a Velocidade Específica da curva em planta) dependem da **Velocidade de Tráfego (ou V85)** praticada na estrada.

4. VERIFICAÇÃO DO CUMPRIMENTO DE ALGUNS DOS PRINCIPAIS CRITÉRIOS TÉCNICOS DE SEGURANÇA NO TRAÇADO DA AUTO-ESTRADA A8 ENTRE OS QUILOMETROS 4 E 131

1º - CRITÉRIO: DA VELOCIDADE ESPECÍFICA DA CURVA DEVER SER SUPERIOR À VELOCIDADE DE TRÁFEGO

Cada curva em planta é caracterizada por uma velocidade segura, até à qual estão garantidas as condições de segurança – é a **Velocidade Específica** da curva, que depende do seu raio e da sua sobrelevação (“releve”).

Para que um traçado garanta a segurança mínima, a velocidade de tráfego verificada para o percurso de cada curva, tem que ser inferior à velocidade específica dessa curva.

É do plano de responsabilidade dos engenheiros a escolha do raio das curvas em planta e das respectivas sobrelevações de modo a que a Velocidade de Tráfego esperada seja sempre inferior à Velocidade Específica de cada uma destas curvas. Note-se que o valor mínimo da sobrelevação está patente no quadro XVII, que já apresentámos e, os valores da sobrelevação executada nas várias curvas deverão ser aferidos no local na fase seguinte de investigação.

Listamos abaixo as Velocidades Específicas (V_e) de cada uma das curvas “mais apertadas” (com menor raio) do troço de estrada em análise que apresentamos, assinaladas com setas vermelhas, no documento anexo (TRAÇADO EM PLANTA A8 12-JAN-2010.PDF):

R=750m	$V_e=119\text{km/h}$
R=700m	$V_e=116\text{km/h}$
R=630m	$V_e=112\text{km/h}$
R=600m	$V_e=110\text{km/h}$
R=430m	$V_e=97\text{km/h}$
R=650m	$V_e=113\text{km/h}$
R=590m	$V_e=109\text{km/h}$
R=500m	$V_e=103\text{km/h}$
R=530m	$V_e=105\text{km/h}$
R=800m	$V_e=122\text{km/h}$

Conforme se verifica no local, as Velocidades de Tráfego praticadas (VT entre 130 a 145km/h) são muito superiores às Velocidades Específicas (velocidades seguras) destas curvas, o que coloca em condições de risco proibido a segurança rodoviária, por defeitos de traçado que induzem os condutores a circularem em condições de perigo.

Este erro de traçado é causal à perda do domínio da direcção do veículo durante o percurso das referidas curvas perigosas. Se o raio destas curvas tivesse sido bem escolhido, respeitando a

relação $V_e > V_T$ (da responsabilidade dos engenheiros) a circulação rodoviária realizar-se-ia dentro das condições de risco permitido.

2º - CRITÉRIO: EVITAR REDUÇÕES SUPERIORES A 20km/h NA VELOCIDADE DE TRÁFEGO

Um dos aspectos da construção do Diagrama da Velocidade de Tráfego é o de tentar simular o seguinte comportamento característico do condutor: quando este ingressa numa recta tem tendência a aumentar a velocidade e, se a recta for suficientemente comprida, estabiliza a velocidade num dado valor elevado (V_T entre 145 e 148km/h).

De seguida, quando o condutor avista a aproximação a uma curva tem tendência a reduzir a velocidade de modo a percorrer a curva a uma velocidade que considera segura, só que, o condutor, também tem tendência a não alterar muito a velocidade máxima que praticou na recta que percorre.

Se o percurso da curva exigir uma redução de velocidade acentuada (superior a 20km/h), em relação à velocidade máxima desenvolvida na recta, então coloca-se o condutor em condições de risco proibido de errar na avaliação e não reduzir a velocidade de modo atempado e adequado. Quando ocorre esse erro de traçado, o condutor é induzido a percorrer a curva em velocidade excessiva, fora das condições de segurança o que pode ser causal ao despiste.

Para respeitar a capacidade de avaliação dos condutores, a nossa Norma de Traçado define, como redução máxima admissível o valor de 20Km/h. A Associação Mundial da Estrada (PIARC) também adopta esse limite máximo, apesar de recomendar como BOA uma redução de velocidade até 10km/h.

O cumprimento destes últimos critérios técnicos de segurança é especialmente determinante para a protecção dos condutores que conhecem o traçado que, como se sabe, têm tendência a diminuir as margens de segurança, na sua avaliação empírica, na medida em que vão conhecendo melhor o traçado. Ao contrário, o condutor que não conhece o traçado pode ter tendência a ser mais cauteloso.

O facto de existirem curvas que são caracterizadas por grande acumulação de acidentes, por incumprimento grave destes dois últimos critérios, onde a maior parte dos condutores acidentados são bons conhecedores do traçado, vem comprovar o que já se referiu.

A simples execução do diagrama da Velocidade de Tráfego revelaria imediatamente as zonas muito perigosas (risco proibido) deste traçado, se ainda estivesse em fase de projecto, antes de ter sido construído.

Com base nas características deste traçado construído, calculando e desenhando o diagrama da Velocidade de Tráfego, verificamos que o perigo destas zonas é potenciado pela acumulação simultânea de incumprimento grave de vários critérios técnicos de segurança causais ao despiste.

No traçado em estudo existem situações (rectas ou curvas de grande raio ou curvas sem a extensão mínima) que induzem à prática ou à manutenção de velocidades da ordem de 145km/h e, a jusante, existem curvas de raio muito apertado (500m ou 600m) que, para serem percorridas em segurança ($V_e=103\text{km/h}$ ou $V_e=110\text{km/h}$) o condutor necessita de executar uma redução de velocidade de 42km/h ($=145-103$) ou 35km/h ($=145-110$) respectivamente. Esta necessidade de redução de velocidade, com amplitude superior a 20km/h, coloca em perigo proibido os utentes da estrada e, esta situação, é agravada porque também se acumula, na mesmas zonas, o incumprimento grave do 1º critério técnico já referido onde os condutores serão induzidos a percorrer a curva a uma velocidade VT superior à Velocidade segura (Velocidade Específica da curva ou V_e).

Situações de acumulação de incumprimentos graves de vários critérios técnicos de segurança ocorrem, por exemplo, nas curvas implantadas próximas dos seguintes quilómetros:

- entre o K12 e o K13 agravado no sentido Norte para Sul;
- ao K19 agravado no sentido Sul para Norte;
- ao K25;
- entre o K30 e o K31 agravado no sentido Sul para Norte;
- entre o K31 e o K32 agravado no sentido Norte para Sul;
- entre o K36 e o K37 agravado no sentido Sul para Norte;
- entre o K40 e o K41 agravado no sentido Norte para Sul;
- entre o K43 e o K44;
- entre o K47 e o K48 agravado no sentido Norte para Sul;
- entre o K53 e o K54;
- entre o K55 e o K56;
- ao K58;
- ao K66;
- ao K72;
- entre o K76 e o K78;
- entre o K103 e o K104;

3º - CRITÉRIO: GARANTIR AS CONDIÇÕES DE VISIBILIDADE AO CONDUTOR QUE PERMITAM TRAVAGENS SEGURAS

A **Distância de Visibilidade de Paragem** é especialmente crítica nas curvas em planta e nas curvas verticais convexas (lombas) para permitir, ao condutor, a visibilidade atempada sobre a existência de eventuais obstáculos parados na via de rodagem e, assim, permitir-lhe as capacidades para efectuar uma travagem em condições de segurança, se tal for necessário.

Pelo Quadro V, já referido, para as velocidades de tráfego entre 130 e 145km/h, a Distância Mínima de Visibilidade de Paragem a garantir ao longo dessas curvas em planta deveria estar disponibilizada entre 320 e 425 metros.

Contudo, verificamos que ao longo do traçado existem longas extensões onde as distâncias mínimas de visibilidade disponíveis aos condutores são gravemente incumpridas, o que retira capacidades aos condutores de executarem manobras em segurança, podendo ser causal a embates violentos ou a despistes ou outras manobras perigosas para evitarem o embate num obstáculo existente na via, por exemplo, um outro veículo parado ou acidentado.

Algumas destas situações estão também assinaladas no documento anexo (TRAÇADO EM PLANTA A8 12-JAN-2010.PDF) com a nota “**Obstrução lateral que impede gravemente a visibilidade do condutor**”.

O raio das curvas verticais convexas (lombas) deve respeitar o valor mínimo, previsto pelo Quadro XII da Norma de Traçado já referido, de acordo com a velocidade de tráfego prevista para essa zona da estrada, de maneira a garantir, ao condutor, a visibilidade atempada sobre eventuais obstáculos na estrada.

Para as velocidades de tráfego previstas entre 130 e 140km/h e por este Quadro XII da Norma, o raio mínimo (absoluto) destas curvas verticais (lombas) deveria apresentar valor entre 17000 e 20000 metros, respectivamente.

Contudo, verificamos que ao longo do traçado existem, com grande frequência, raios de curvas verticais muito inferiores a 17 000 metros, da ordem de 5 000 a 8 500 metros. Nestas condições, de onde resultam graves incumprimentos das distâncias mínimas de visibilidade disponíveis aos condutores, retiram-se capacidades aos condutores (visibilidade atempada) para executarem manobras em segurança, podendo ser causal a embates violentos ou a despistes para evitarem o embate.

Chama-se a atenção que os valores obtidos para estes raios das curvas verticais têm uma margem erro significativa, mas o seu afastamento em relação aos valores que seriam adequados é tão grande que constituem fortes indícios de incumprimento técnico grave que deverão ser aferidos na fase seguinte de investigação.

Algumas destas situações estão também assinaladas no documento anexo (PERFIL LONGITUDINAL A8 12-JAN-2010.PDF) com a nota “**Raio Vertical Deficiente (lomba perigosa)**”.

4º - CRITÉRIO: GARANTIR QUE A INCLINAÇÃO LONGITUDINAL NÃO OCORRE EM COMPRIMENTO EXCESSIVO

A Norma de Traçado limita a extensão dos troços de estradas consoante a sua inclinação longitudinal. Quanto maior for a inclinação longitudinal menor poderá ser a sua extensão.

Verifica-se que os veículos pesados vão reduzindo a velocidade consoante a inclinação longitudinal e a sua extensão. A partir de certa redução de velocidade coloca-se em perigo a circulação rodoviária face à restante velocidade praticada pelos outros veículos, podendo, esta circunstância, causar embates traseiros nos veículos pesados, ou manobras perigosas para evitar esses embates.

A Norma postula que para Velocidades de Tráfego de 130km/h a inclinação máxima está limitada às seguintes condições:

- em auto-estrada a inclinação máxima deverá ser 3%, ao longo duma extensão máxima de 3000m;
- a inclinação máxima poderá ser 5%, ao longo duma extensão máxima de 600m;
- a inclinação máxima poderá ser 6%, ao longo duma extensão máxima de 300m;

Na auto-estrada A8 verificamos que estes valores são violados com muita gravidade, tal como se pode observar no documento anexo (PERFIL LONGITUDINAL A8 12-JAN-2010.PDF) onde se regista uma zona (do quilómetro 12, K12) com inclinação longitudinal de 5% durante uma extensão de 2500 metros, quando essa extensão não poderia ser superior a 600 metros. Este tipo de incumprimento grave repete-se ao longo de parte significativa do traçado.

Da tipologia dos acidentes acima descritos, que envolvam veículos, a baixa velocidade, subindo estas zonas inclinadas com extensão excessiva, e que esses acidentes ocorram nas zonas onde a extensão já é superior a 600 metros, é forte a causalidade, do incumprimento deste critério técnico de segurança da Norma, na produção dos acidentes.

5º - CRITÉRIO: GARANTIR AS CONDIÇÕES DE SEGURANÇA CONTRA A OCORRÊNCIA DE HIDROPLANAGEM

Nesta fase de investigação não foi possível medir a macrorugosidade (macrotextura) das múltiplas zonas do pavimento, devido à ocorrência de chuva. Estas medições são determinantes para avaliar a segurança contra a hidroplanagem ao longo do traçado em estudo.

Contudo, nas **Zonas de Disfarce de Sobrelevação**, que existem antes e depois de percorrer curvas para a esquerda, a segurança contra a hidroplanagem, em pavimentos não drenantes, só é possível garantir com a adopção de ranhuras adequadas na superfície do pavimento. O recurso a uma elevada macrotextura na superfície do pavimento não é suficiente para, nestas zonas, garantir os níveis de segurança necessários contra a hidroplanagem.

Estas ranhuras deverão ter largura, profundidade e espaçamento entre si para que sejam capazes de drenar os caudais necessários durante a ocorrência de chuvadas muito fortes.

Na estrada em estudo verificou-se que existem muitas destas **Zonas de Disfarce de Sobrelevação** que não dispõem de ranhuras no pavimento o que é fortemente causal à hidroplanagem em condições proibidas, capazes de provocar a perda do controlo da direcção do veículo e consequente despiste, para a prática de velocidades a partir de 80 – 90km/h.

Noutras zonas destas verificou-se que as ranhuras existentes estão executadas de modo muito incompleto e, portanto, inseguro.

Em algumas destas ranhuras também se verificou que estavam preenchidas com areia (ver fotografia abaixo), pelo que resultam ineficazes, persistindo o perigo proibido de sujeitar os condutores à hidroplanagem.



Nos últimos anos tem-se realizado o alargamento das plataformas de alguns troços de auto-estrada, passando de duas vias para três vias em cada sentido. Este tipo de intervenção corresponde a um aumento significativo do comprimento das linhas de água sobre o pavimento rodoviário, agravando ainda mais o perigo de hidroplanagem a que se sujeitam os utentes dessas vias, em virtude de não haver qualquer cuidado de aumentar a capacidade drenante superficial do pavimento para os níveis mínimos necessários, onde, o aumento desse perigo de hidroplanagem passa a ocorrer para chuvadas mais fracas.

Mesmo um juiz de direito, que desconheça em absoluto os critérios técnicos de segurança que uma estrada deve garantir, percebe, no seu senso comum, que sendo a velocidade máxima permitida de 120km/h e que o condutor tem o dever de reduzir a velocidade durante a ocorrência de uma chuvada, e, se esse condutor reduzir para 100km/h, já terá cumprido o seu dever de cuidado, ainda para mais porque, sob uma chuvada intensa e, se não circularem outros veículos próximos, o condutor, a 100km/h, disporá de boas condições de visibilidade sobre a estrada.

Contudo, com aquela chuvada intensa, a vida dos utentes da estrada é colocada em perigo concreto, porque a hidroplanagem ocorre para velocidades superiores a 80-90km/h, por defeito grave da capacidade de drenagem superficial do pavimento da estrada.

Ao condutor, a circular na auto-estrada, nunca se poderá exigir que consiga avaliar que, durante chuvadas, a que correspondem condições aceitáveis de visibilidade sobre a estrada, mesmo que reduza a velocidade para 100km/h ou até para 90km/h, que ainda estará sujeito à hidroplanagem que surge a partir de velocidades de 80km/h. Esse campo de avaliação está a montante do campo de avaliação do condutor e pertence ao engenheiro civil sendo sua a obrigação de avaliar o cumprimento das condições técnicas de segurança.

Junta-se, em anexo, uma versão melhorada do artigo "O PERIGO GRAVE DE HIDROPLANAGEM NAS ESTRADAS PORTUGUESAS, FORMULAÇÃO DE CÁLCULO E PROPOSTAS PARA RESOLUÇÃO DOS PROBLEMAS" publicado na revista técnica nº5 "TECNOLOGIA E VIDA" da ANET-Norte (Outubro/2009). Neste artigo apresenta-se a metodologia de cálculo para caracterizar o pavimento rodoviário de modo a garantir os níveis adequados de segurança contra a hidroplanagem.

Em conclusão, impõe-se a execução dos trabalhos que reponham as condições de segurança rodoviária que podem consistir na execução de obras para correcção do traçado, das suas imediações, melhoramento das características do pavimento e execução correcta de ranhuras no pavimento.

Contudo, deverão ser implementadas intervenções urgentes para modelar a Velocidade de Tráfego para níveis correctos, assim como a execução urgente das ranhuras adequadas no pavimento para garantir os níveis mínimos de segurança contra a hidroplanagem, nas zonas perigosas de disfarce de sobrelevação, que existem ante e depois de percorrer curvas para a esquerda.

23 de Janeiro de 2010

Pela Equipa de Engenharia

Francisco Pires Salpico

Membro do Conselho Executivo do Observatório de Segurança de Estradas e Cidades

Engenheiro Civil (IST), Mestre em Engenharia de Estruturas (IST)

e-mail= francisco.salpico@gmail.com

Telemóvel= 91 400 54 33

4 - BIBLIOGRAFIA

- (1) - “Prediction of Hydroplaning Potential from Runoff Characteristics of Highway Pavements”, Reed, J. R., Kibler, D. F., Huebner, R. S., and Marks, G.W., FHWA/RD-84/004, The Pennsylvania Transportation Institute, 1985;
- (2) - “Manual dos Sistemas Prediais de Distribuição e Drenagem de Águas”, Vítor M. R. Pedroso, LNEC;
- (3) - “Avaliação de Traçados Rodoviários”, do Engº António Maria Pinto Moreira, Tese de Mestrado na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Dezembro de 2000;
- (4) - “TRECHOS DE ACUMULAÇÃO DE ACIDENTES”, dos Engºs J.L. Cardoso e A.J. de Castilho, Memória 651 do LNEC, 1985;
- (5) - “Estudo das relações entre as características da estrada, a velocidade e os acidentes rodoviários. Aplicação a estradas de 2 vias e 2 sentidos em zonas não urbanas”, Cardoso, J. L., Relatório 33/91, LNEC, Lisboa, 1990;
- (6) - “Estudo das Relações Entre as Características da Estrada, a Velocidade e os Acidentes Rodoviários. Aplicação a Estradas de Duas Vias e Dois Sentidos”, Engº João P.L. Cardoso, Tese elaborada no LNEC para Doutoramento no IST, 1996;
- (7) - “Acidentes de Viação – Responsabilidade Civil e Criminal por Defeitos de Construção e Manutenção das Estradas”, Engº Francisco Salpico e outros autores juristas (Juizes e um Procurador Adjunto do Ministério Público), Edição Livraria Petrony, 2007
- (8) - “Estudo pormenorizado dos acidentes. Resumo do estudo bibliográfico e definição da metodologia geral (1º Relatório de Progresso)”, de autoria de Engº João L. Cardoso (LNEC) e Dr. Mário Santos Horta (psicólogo-Prevenção Rodoviária Portuguesa), LNEC, 1991
- (9) - “Auditoria de Segurança Rodoviária ao Projecto de Estradas da Rede Rodoviária Nacional – Manual de Aplicação”, Relatório /01 – LNEC- NTSR, Lisboa, Janeiro de 2002, Estudo para o IEP.
- (10) - “CAMINOS” de José Luis Escario, Volume 1, Editorial DOSSAT, Madrid, 5ª edição, 1976
- (11) - “Estudo e Concepção de Estradas”, Engº Fernando M. M. Figueira, Editora Almedina, Coimbra, 1984
- (12) - “Estudo pormenorizado dos acidentes. Resumo do estudo bibliográfico e definição da metodologia geral (1º Relatório de Progresso)”, de autoria de Engº João L. Cardoso (LNEC) e Dr. Mário Santos Horta (psicólogo-Prevenção Rodoviária Portuguesa), LNEC, 1991
- (13) - “ACCIDENTOLOGÍA VIAL Y PERICIA”, da Editora EDICIONES LA ROCCA, BUENOS AIRES, 1999, VÍCTOR A. IRURETA
- (14) - “A COMODIDADE E A SEGURANÇA COMO CRITÉRIOS CONDICIONANTES DA GEOMETRIA DO TRAÇADO - O CASO DAS CLOTÓIDES DE TRANSIÇÃO”, Engº Adalberto Quelhas da Silva França, Dissertação para Doutoramento em Engenharia Civil na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 1988

- (15) – "Rugosité Géométrique et Conditions d'Ecoulement de l'Eau Sur les Chaussées", LUCAS, J. , Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, n°39, Jul.-Ago, 1969, p.73-84
- (16) – "Criteria For Predicting Hydroplaning Potencial", Huebner, R.S. et al, Journal of Transportation Engineering, vol.112 n°5, Set, 1985, P.549-553
- (17) – "Lições de Hidrologia", Lencastre, A.; Franco, F.M., Universidade Nova de Lisboa. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Cap.3
- (18) – "Velocidades Praticadas Pelos Condutores nas Estradas Portuguesas – Ano de 2004", LNEC-Relatório /05-NPTS realizado para a DGV, Proc. 0703/1/13773, Novembro de 2005
- (19) – "Development and Performance of the Portable Skid Resistance Tester". *ASTM Special Technical Publication No. 326*, pp. 50-74, 1962, Giles, C.G., B.E. Sabey, and K.H.F. Cardew
- (20) - "Skid Resistance and Crashes – A Review of the Literature". *Research Report No. 311, ARRB Transport Research Ltd*, Vermont South Victoria, Australia, 1997, Cairney, P.
- (21) - "Friction Measurement Methods and the Correlation between Road Friction and Traffic Safety" – Literature Review. *Project Code 80435, Swedish National Road and Transport Research Institute*, Linköping, Sweden, 2001. *Page 63*, Wallman, C.G. and H.
- (22) – "Skidding Accidents, Friction Numbers, and the Legal Aspects Involved" In *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 623*, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1976. Schulze K.H., A. Gerbaldi, J. Chavet
- (23) – "Relationship between Surface Characteristics and Accidents". Proc. 3rd International Symposium on Pavement Surface Characteristics, pp. 271-281, 1996. Gothie, M.
- (24) - "Pavement Surface Macrotecture - Measurement and Application", por Gerardo W. Flintsch, Edgar de León, Kevin K. McGhee, Imad L. Al-Qadi, do Virginia Tech Transportation Institute, Virginia Tech, Blacksburg, VA (TRB 2003 Annual Meeting CD-ROM). (http://www.ltrc.lsu.edu/TRB_82/TRB2003-001436.pdf)
- (25) - "Improved Surface Drainage of Pavements-Final Report". NCHRP, 1998. Anderson, D.A., Huebner, R.S., Reed, J.R., Warner, J.C., and Henry J.J.
- (26) - "High and Low Speed Skidding Resistance: The Influence of Texture Depth." TRL Report 367. Crowthorne, U.K., 1998. Roe, P.G., A.R. Parry, and H.E. Viner.
- (27) – "Análise Histórica de Medição de Atrito das Pistas do Aeroporto Santos Dumont – RJ", INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA, CENTRO TÉCNICO AEROESPACIAL, Divisão de Infra-Estrutura Aero náutica, tese de graduação, Edimar de Lima dos Santos, 2004, Brasil. (http://www.civil.ita.br/graduacao/tgs/resumos/2004/TGIEI010_2004a_Edimar.pdf)
- (28) - "Effect of Pavement Temperature on Frictional Properties of Hot-Mix-Asphalt Pavement Surfaces at the Virginia Smart Road", Yingjian Luo, Blacksburg, Virginia, January 8, 2003, pág.10. (<http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-02052003-130920/unrestricted/YingjianLuo-Thesis.pdf>)
- (29) – "Manuel de Sécurité Routière", Association Mondiale de la Route, PIARC-2003

- (30) - "Rainfall and Visibility-The View From Behind the Wheel", Ivey D.L., Lehitipuu, E. K. and Button, J. W., Research Report 135-3, Texas Transport Institute, Colege Station, Tex. Feb, 1975
- (31) – “The Use of the Gallaway Formula for Aquaplaning Evaluation in New Zealand”, por John Chesterton, Noel Nancekivell, Noel Tunnicliffe, The Northern Gateway Alliance, Transportation and the Pursuit of Excellence, NZIHT & Transit NZ 8th Annual Conference 2006
(http://www.transit.govt.nz/content_files/conference/J-Chesterton.pdf)
- (32) – “Engenharia de Segurança Rodoviária em Áreas Urbanas – Recomendações e Boas Práticas”, de Sousa Marques, Prevenção Rodoviária
- (33) – “GUIDE FOR PAVEMENT FRICTION”, NCHRP Project 1-43 by Transportation Sector of Applied Research Associates (ARA), Inc, Dr. Jim W. Hall, Jr; Leslie Titus-Glover; Kelly Smith; Lynn Evans; Dr. James Wambold; Thomas Yager; Zoltan Rado, 2005
(<http://www.transportation.org/sites/design/docs/Friction%20Guide%20with%20AASHTO%20changes%20-%20208-14-2007%20line%20nos.pdf>)
- (34) – “A FUNDAMENTAL APPROACH TO SKIDDING RESISTENCE USING THE IFI”, Bevan Sullivan, Pavement Management Services
(<http://www.pavement.com.au/downloads/papers/Skid%20Paper%20Bevan.pdf>)
- (35) – “HYDROPLANING, HYDRODYNAMIC DRAG, AND VEHICLE STABILITY”, ASTM Special Technical Publication n° 793, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA (1983)
- (36) – “Proposed design Guidelines for Reducing Hydroplaning on New and Rehabilitated Pavements”, Research Results Digest, September 1999 n°243, National Cooperative Highways Research Program
- (37) – “Frition Fundamentals, Concepts and Methodology”, A. Andresen, J. C. Wambold, Transportation Development Centre Transport Canada, October 1999
(<http://www.tc.gc.ca/TDC/publication/pdf/13800/13837e.pdf>)
- (38) – “Are we afraid of the IFI?”, Dr John Yeaman, *Pavement Management Services Pty Ltd*,
(<http://www.pavement.com.au/downloads/papers/afraid%20of%20the%20IFI.pdf>)
- (39) – “THE INFLUENCE OF TEXTURE DEPTH ON SKIDDING RESISTANCE”, P.D. Cenek, N.J.Jamieson (Opus Central Laboratories) and J.I.Towler (Transit New Zealand)
(http://www.transit.govt.nz/content_files/news/ConferencePaper18_PDFFile.PDF)
- (40) – “Aderência Pneu-pavimentado e as Condições de Segurança de Pistas Aeroportuárias”, João Paulo Souza Silva, Tese de Mestrado em Geotecnia pelo Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília – UnB (http://www.espacodasophia.com.br/edicoes_anteriores/07-07/colaboradores/joao_paulo/joao.pdf)
- (41) - “FRICTION FUNDAMENTALS, CONCEPTS AND METHODOLOGY”, A. Andersen B. Sc (MFT Mobility Friction Technology AS), J.C. Wambold, Ph. D. (CDRM, Inc), TP 13837E, Transportation Development Centre, Transport Canada, Outubro 1999.
(<http://www.tc.gc.ca/TDC/publication/pdf/13800/13837e.pdf>)
- (42) – “International Friction Index (IFI)“, Dr. J.C. Wambold , State College, PA, TESC Conference Penn Stater Conference Center, 7 Dezembro 2005
(http://www.outreach.psu.edu/programs/tesc2005/images/1c_wambold.pdf)



- (43) – “Tratamientos y Mezclas Resistentes al Deslizamiento”, Guzmán, B. R., El Asfalto (=Boletín nº 71 de 1995 de la Comisión Permanente del Asfalto, Buenos Aires)
- (44) – “CLASSIFICAÇÃO DA ADERÊNCIA PNEU-PAVIMENTO PELO ÍNDICE COMBINADO IFI-INTERNATIONAL FRICTION INDEX, PARA REVESTIMENTOS ASFÁLTICOS”, Márcia APS, tese de doutoramento na Escola Politécnica da Universidade de S. Paulo, 2006
(<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-11122006-144825/>)
- (45) – “The Tire Pavement Interface”, Pottinger, M.G.; Yager, T.J., ASTM Standards, Baltimore, 1986 (STP,929)
- (46) – “Grooving: Aspectos Teóricos e Executivos da Aplicação em Pavimentos Aeroportuários”, Silva, A. M.; Rodrigues Filho, O. S., COPASP, S. Paulo, 1981
- (47) – “Atrito em Pistas Molhadas”, Silva, A. M., Revista da Directoria de Engenharia da Aeronáutica, Rio de Janeiro, 1981.
- (48) – “Pavimento Drenante em Concreto Asfáltico”, Momm, L., no Encontro Nacional de Conservação Rodoviária, 7, Vitória, ES, 2002, Anais
- (49) – “Synthesis of Pavement Issues Related to High-Speed Corridors”, Button Joe W., Emmanuel G. Fernando and Dan R. Middleton, Federal Highway Administration, Texas Transportation Institute Technical Report n’FHWA&TX/05&0/4756/1, Setembro 2004
- (50) – “Hydroplaning Simulation using MSC.Dytran”, Toshihiko Okano* & Masataka Koishi*, THE YOKOHAMA RUBBER CO., LTD, 2-1 Oiwake Hiratsuka Kanagawa 254-8601, Japan
(<http://www.google.pt/search?hl=pt-PT&q=Hydroplaning+Simulation+using+MSC.Dytran&btnG=Pesquisa+do+Google&meta=>)
- (51) – “Wet Runway Friction: Literature and Information Review”, Prepared by: G. Comfort ,Prepared for Transportation Development Centre, On behalf of Aerodrome Safety Branch Transport Canada, August 2001