

# A SINALIZAÇÃO E A ILUMINAÇÃO COMO FATORES POTENCIADORES DA SEGURANÇA RODOVIÁRIA

**Fernando Bivar<sup>1</sup>, António J. Santos<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Colaborador AFESP - Instituto de Oftalmologia Dr. Gama Pinto, Área de Subvisão e Ergofoftalmologia, Travessa Larga, N° 2, 1169-019 Lisboa, Portugal

email: [fbivar@igpinto.min-saude.pt](mailto:fbivar@igpinto.min-saude.pt) <http://www.institutogamapinto.com/>

<sup>2</sup> Colaborador AFESP - Membro CTT 155 - Investigador Auxiliar no Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Departamento de Edifícios (LNEC/DED-NAICI), Av. Brasil 101, 1700-066 Lisboa, Portugal

email: [asantos@lnec.pt](mailto:asantos@lnec.pt) <http://www.lnec.pt>

---

## Sumário

*A sinalização, vertical e horizontal, constitui um dos meios mais eficazes de garantir a segurança rodoviária, mas há que ter em consideração que as especificidades de cada sistema de sinalização influencia e condiciona o comportamento dos indivíduos. Com a presente comunicação pretende-se efetuar uma reflexão acerca dos aspetos da visão, da iluminação e da sinalização que podem influenciar o comportamento dos indivíduos no contexto da segurança rodoviária.*

---

**Palavras-chave:** Sinalização Rodoviária; Iluminação; Visão; Segurança; Ergonomia

## 1 INTRODUÇÃO

De entre os vários fatores que contribuem para a segurança rodoviária podem mencionar-se a existência de boas condições de iluminação e de sinalização. A sinalização, vertical e horizontal, constitui um dos meios mais eficazes de garantir a referida segurança mas há que ter em consideração que as especificidades de cada sistema de sinalização influencia e condiciona o comportamento dos indivíduos [1,2,3].

Ao falar de visão na condução automóvel, e na sua relação com a sinalização, temos de falar de visão como um todo, quer em relação ao condutor em si próprio, quer em relação ao meio ambiente a que o condutor está sujeito em cada instante. Os principais fatores que influenciam o desempenho da função visual na condução automóvel são: a acuidade visual, o contraste, o encandeamento, a cor, o campo visual e a perceção de profundidade. Direta ou indiretamente correlacionados com estes fatores muitos outros podem ser mencionados, como sejam as diferentes cores usadas na sinalização, a localização e posição relativa da sinalização em relação a condutores e peões, a velocidade máxima admissível, a orientação relativa do(s) movimento(s) de deslocação em relação a fontes de luz intensas (o sol, por exemplo), a “quantidade” e a “qualidade” da informação visual proveniente da sinalização que o condutor tem de processar e o período de tempo de que dispõe para esse processamento, entre outros [4].

A acuidade visual, um dos aspetos mais relevantes da visão, pode ser influenciada por outros fatores podendo melhorar ou piorar dependendo da situação em causa. Por outro lado, o contraste pode influenciar a acuidade visual na condução automóvel em situações de baixa luminosidade do meio ambiente ou em situações intrínsecas ao condutor como é o caso das condições de visão após cirurgias refrativas (cirurgia à miopia e à catarata, por exemplo). O encandeamento constitui também um fator muito relevante na segurança na condução automóvel dependendo o seu grau de severidade do tipo de fonte de encandeamento, da intensidade e orientação relativa entre o condutor e a fonte de encandeamento, entre outros fatores.

Com a presente comunicação pretende-se efetuar uma reflexão acerca dos aspetos da visão, da iluminação e da sinalização que podem influenciar o comportamento dos indivíduos no contexto da segurança rodoviária.

## 2 A IMPORTÂNCIA DA SINALIZAÇÃO NA SEGURANÇA RODOVIÁRIA

### 2.1 Aspectos Gerais

A adequada sinalização rodoviária constitui um dos principais meios de mitigação dos riscos na segurança rodoviária. Sendo um meio, preferencialmente passivo, e em princípio inteligível por todos os principais envolvidos no processo rodoviário (condutores e peões), deve contribuir para a segurança mediante a identificação dos principais riscos e sugestão ou imposição de meios de mitigação ou eliminação desses riscos [4,5]. Adicionalmente a sinalização pode assumir ainda um papel meramente informativo que pode não ter que ver diretamente com questões de segurança (a indicação da localização de um determinado monumento ou arruamento, por exemplo). É ainda possível distinguir a sinalização do tipo permanente da sinalização temporária (indicação de realização de obras em vias de circulação, por exemplo). A sinalização pode também assumir um caráter estático (painéis tradicionais com informação não variável no tempo, por exemplo) ou um caráter dinâmico (sinalização com iluminação própria de conteúdo variável).

É habitual dividir a sinalização rodoviária em dois grandes grupos quanto à sua localização: sinalização horizontal e sinalização vertical.

A importância da sinalização horizontal é por demais evidente uma vez que, entre outras funções, estabelece as condições para uma circulação segura e expedita ao balizar a movimentação transversal ou longitudinal dos veículos (passagens para peões, por exemplo). Para além disso pode servir de interface na relação entre veículo-peão ao estabelecer zonas de não coexistência física em simultâneo. À semelhança de outros tipos de sinalização a sinalização horizontal deve ser projetada e implementada de modo a que a sua visibilidade seja máxima e essa visibilidade, do ponto de vista técnico é verificada mediante análise/medição de um conjunto de parâmetros padronizados (coeficiente de retroreflexão, fator de luminância e coordenadas cromáticas [6]).

À semelhança da sinalização horizontal, a sinalização vertical desempenha também um papel fundamental na segurança rodoviária ao transmitir a condutores e peões informação fundamental relacionada com a segurança (estabelecendo limites, obrigatoriedades e sugestões, tanto em relação às vias como ao ato de deslocação em veículos motorizados), orientação, localização, ou outra de caráter mais geral. A necessidade de uma adequada visibilidade para a sinalização vertical pontual, associada a potenciais velocidades de deslocação elevadas e tempos de reação curtos, fazem com que a sinalização vertical não deva ser excessiva, deva estar adequadamente localizada e possua a informação e as dimensões adequadas ao fim a que se destinam e não origine confusão visual (excesso de informação a processar pelo cérebro). Do ponto de vista da visibilidade e da segurança é necessário que a sinalização satisfaça um conjunto de valores mínimos para vários parâmetros, como os já mencionados coeficiente de retroreflexão, fator de luminância e coordenadas cromáticas [7].

Um aspeto comum à sinalização consiste na deterioração das suas propriedades óticas ao longo do tempo como consequência do desgaste natural devido às ações meteorológicas (exposição solar, chuva, deposição de poeiras e sujidades, etc.), a mau funcionamento, entre outros. Neste sentido, torna-se necessário proceder a ações de manutenção e verificação periódica da sua adequabilidade e garantia das mais adequadas características técnicas (fotocolorimétricas, legibilidade, durabilidade, resistência mecânica, etc.) de modo a assegurar as condições de segurança para os utentes. Estes aspetos de garantia de segurança tornam-se ainda mais relevantes durante os períodos noturnos.

Não se conhecendo, até à data, quaisquer estudos científicos, devidamente fundamentados do ponto de vista técnico, que permitam estabelecer uma relação entre a falta de manutenção da sinalização rodoviária e o aumento de acidentes rodoviários, parece, no entanto, razoável admitir que essa relação possa existir, uma vez que a falta de manutenção pode conduzir a uma degradação progressiva das propriedades óticas da sinalização (incluindo aquelas relacionadas com a sua visibilidade) e, no limite, essa degradação pode originar a “perda total ou parcial” do conteúdo da sinalização, situação que, por sua vez, poderá eventualmente contribuir para a sinistralidade rodoviária. Volta a frisar-se que não são conhecidos estudos técnicos credíveis que suportem a ideia anterior. O único “trabalho”, nestes domínios, de que se tem conhecimento (não se conhecendo nem a metodologia na base desse estudo, nem o tipo de amostra, nem outras eventuais conclusões do mesmo) parece, indicar a existência de uma *“relação entre a falta de manutenção da sinalização rodoviária e o aumento do número de acidentes rodoviários”* [8]. Segundo aquele trabalho, *“cerca de metade das marcas rodoviárias apresentam valores de coeficiente de retroreflexão inferiores aos mínimos exigidos sendo a sua visualização atempada difícil ou mesmo impossível”*. No mesmo estudo refere-se ainda que *“cerca de 75% das marcações*

rodoviárias não cumpre com eficácia a sua função de orientação dos automobilistas, em particular em períodos noturnos e com situações climáticas adversas”. É ainda referido que “frequentemente a sinalização é divergente, contraditória e errónea” podendo, conseqüentemente, conduzir a confusão visual e a acidentes. Naturalmente, a solução para estes problemas passa por um adequado projeto de sinalização tendo a segurança e a correta informação dos utentes como principais objetivos, todavia, em muitas situações uma adequada manutenção da sinalização já existente poderia contribuir significativamente pra reverter a situação de aumento da sinistralidade devida a questões relacionadas com sinalização rodoviária deficiente (Fig.1).



**Fig.1. Exemplos comuns de deterioração de sinalização: (a) sinalização horizontal com deterioração progressiva devido às ações climáticas e ao uso contínuo de uma passagem para peões e (b) vandalização de sinalização vertical.**

Do ponto de vista técnico existe um conjunto de documentos como normas europeias [6. 7], recomendações ou outros documentos técnicos [5] que se considera serem adequados e suficientes para garantir a qualidade e adequabilidade da sinalização rodoviária, desde que os requisitos exigidos nesses documentos sejam verificados mediante análise laboratorial e avaliações ou inspeções “*in situ*”, permitindo assim detetar as deficiências existentes tendo como objetivo último a sua correção. Estas ações corretivas manifestar-se-ão de modo positivo tanto ao nível do aumento da segurança rodoviária e conseqüente diminuição do número e gravidade dos acidentes, como, indiretamente, ao nível económico com a potencial diminuição de gastos em cuidados de saúde devida à correspondente diminuição dos acidentes e/ou da gravidade dos mesmos.

### **3 VISÃO, CONDUÇÃO E SEGURANÇA RODOVIÁRIA**

#### **3.1 Aspetos Gerais**

A visão é o sentido imprescindível na condução automóvel. Só com um adequado conhecimento de todos os fatores que afetam e condicionam a visão, poderá ser possível interferir nas condições intrínsecas ou extrínsecas ao condutor e assim contribuir para a otimização da visão nas condições normais ou mais adversas com que se deparam os condutores dos veículos automóveis.

Um aspeto fundamental ao abordar os aspetos da visão que afetam a condução é a perceção visual. Os tempos parciais de perceção visual das tarefas visuais relacionadas com a condução automóvel estão indicados no quadro 1.

Os principais fatores que influenciam o desempenho da função visual de um determinado indivíduo são: i) a acuidade visual, ii) o contraste, iii) o encandeamento, iv) a cor, v) o campo visual e vi) a perceção da profundidade.

Quadro 1. Tempo global de percepção visual relacionado com a condução automóvel [5]

<i>Tarefa</i>	<i>Tempos parciais de percepção visual (ms)</i>
para a fixação	180
para a acomodação	1 000
convergência	200
transferência retino-cortical	400
identificação	650 - 1 000
comando motor	200 -1 000

O Decreto-Lei n.º 37/2014 publicado no Diário da República n.º 52/2014, Série I de 2014-03-14 altera o Regulamento da Habilitação Legal para Conduzir, aprovado em anexo ao Decreto-Lei n.º 138/2012, de 5 de julho, e transpõe as Diretivas n.º 2012/36/UE, da Comissão, de 19 de novembro de 2012, n.º 2013/22/UE, do Conselho, de 13 de maio de 2013 e n.º 2013/47/UE, da Comissão, de 2 de outubro de 2013, que alteram a Diretiva n.º 2006/126/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 20 de dezembro de 2006, relativa à carta de condução. Nestes documentos legislativos, incluem-se as normas mínimas relativas à aptidão física e mental para a condução de veículos a motor, entre as quais a visão. Nos pontos seguintes destacam-se alguns dos principais aspetos nos domínios da visão e iluminação

### 3.2 Acuidade Visual

A essência da visão consiste na capacidade para perceber a forma dos objetos. Inicialmente dependerá da sensibilidade luminosa (mínimo de luz necessário) e só depois depende da discriminação do estímulo individual (mínimo separável), enquanto a acuidade visual será a interpretação das imagens.

O mínimo separável depende do poder de resolução do olho, ao passo que a acuidade visual pressupõe a existência do cérebro, sendo esta o resultado da integração da percepção visual com todas as experiências vividas quer visuais, quer das informações fornecidas pelos restantes órgãos dos sentidos.

A acuidade visual pode definir-se de dois modos [9]: Qualitativamente é a capacidade de percepção distinta de objetos parecendo muito próximos e quantitativamente define-se como sendo o inverso do valor do menor ângulo sob o qual o olho pode ainda perceber separados dois objetos (pontos ou linhas) parecendo muito próximos.

Os principais fatores com influência direta na acuidade visual de um indivíduo são:

- (i) *Região da retina estimulada* - só na área macular e em especial na fóvea a acuidade visual é de 10/10. A direção habitual da perseguição do olhar para a escrita também poderá ter implicações. Em estudos efetuados em indivíduos com maculopatia verificou-se que nos indivíduos habituados a ler da esquerda para a direita (escritas ocidentais) a preferência de um novo ponto de fixação no olho direito era preferencialmente na área temporal superior enquanto que para o olho esquerdo essa preferência era para a área nasal superior, enquanto que nas escritas da direita para a esquerda (escritas orientais) a preferência de uma nova fixação era no olho esquerdo temporal superior e no olho direito nasal superior.
- (ii) *Intensidade de iluminação* - a acuidade visual aumenta com o aumento dos níveis de iluminação, até a um certo valor a partir do qual se estabelece um patamar em que, por mais que aumente a quantidade de iluminação, a acuidade visual permanece invariável
- (iii) *Natureza espectral da luz* - quanto mais as características da luz se aproximarem das do conteúdo de espectro solar (luz natural) melhor será a acuidade visual, sendo máxima para a luz solar;
- (iv) *Tempo de exposição* - para estímulos de fraca intensidade o olho terá de repetir vários movimentos para que a retina seja estimulada, tal como acontece quando se olha através dum telescópio para localizar as estrelas. Pela mesma razão os veículos automóveis têm na retaguarda duas luzes vermelhas, para que haja uma maior probabilidade na deteção de pelo menos uma das luzes do

veículo a grande distância. Quanto maior for o tempo de exposição desse estímulo melhor será a acuidade visual;

- (v) *Efeito do movimento* - a velocidade de objetos móveis ou do observador face a objetos estáticos dificulta a acuidade visual daquele que está em movimento. Dificuldade essa verificada nos corredores de automóveis pelo que as informações são dadas via rádio.
- (vi) *Distribuição da iluminação* – quanto melhor for a distribuição da iluminação (quanto mais uniforme ela for) melhor será a sensibilidade aos contrastes e por conseguinte a também a acuidade visual será melhor.

### 3.3 Contraste

A Comissão Internacional de Iluminação [9] define o contraste de dois modos, subjetivamente e objetivamente, como a seguir se refere: i) *subjetivamente*: Influência recíproca de duas impressões visuais justapostas no espaço ou no tempo (contraste de luminosidade, contraste de cor, contraste simultâneo ou sucessivo); *objetivamente*: Grandeza habitualmente definida pela expressão seguinte (para o contraste de luminância, em que em que L1 é luminância do fundo e L2 é luminância da tarefa):

$$(L2 - L1) / L1 \quad (1)$$

No contexto da melhoria da visibilidade e segurança na condução automóvel, a escolha dos mais adequados contrastes, quer para os sinais luminosos, quer para os sinais não-luminosos pode revelar-se de extrema importância. Por exemplo, ao nível dos elementos de semaforização podem ser introduzidas algumas melhorias significativas na sua visibilidade que passam pela atuação ao nível do aumento do contraste entre as fontes de luz e do fundo circundante imediato ou longínquo. De fato, a visibilidade dos semáforos poderá ser melhorada aumentando o diâmetro das fontes luminosas do semáforo, em particular da cor vermelha que poderá possuir um diâmetro superior à das outras cores, aumentando, deste modo, o seu contraste em relação às outras e alertando subconscientemente para a situação de perigosidade de não respeito de um sinal vermelho. Todavia, embora seja relativamente comum encontrar semáforos nestas condições (Fig. 2), nem o RST (Regulamento de Sinalização de Trânsito) nem outras recomendações nacionais ou internacionais o mencionam ou aconselham. Nas referências [11] e 12 abordam-se com algum detalhe algumas disposições técnicas de sinalização de trânsito.

A melhoria do contraste entre as fontes de luz de diferentes cores dos semáforos e o seu fundo (fig. 2) pode ser conseguida: (i) utilizando novas tecnologias (LED) para as fontes de iluminação dos semáforos; (ii) entrepondo uma placa de contraste (diminuindo a luminância do fundo e consequentemente aumentando o contraste em que o fundo distante é demasiado brilhante - céu limpo azul, incidência solar, etc.).



Fig. 2. Exemplo de melhoria da visibilidade dos semáforos com recurso a placa de contraste e fontes LED

### 3.4 Encandeamento

A CIE [9] define Encandeamento como sendo “as condições de visão nas quais se experimenta quer incómodo, quer redução da aptidão a distinguir objetos, quer outros simultaneamente, em consequência de uma distribuição de desfavorável de luminâncias ou do seu escalonamento entre valores extremos muito diferentes, ou em consequência de contrastes excessivos no espaço e no tempo”.

Podem distinguir-se dois tipos diferentes de encandeamento, consoante o efeito das fontes de luz no sistema visual humano [9,10]. Quando uma fonte de luz interfere na capacidade de um determinado indivíduo poder desempenhar uma determinada tarefa visual existe uma situação de encandeamento incapacitador (ou perturbador). Quando o encandeamento produz uma sensação desagradável, causando desconforto, sem prejudicar necessariamente a visão dos objetos, então fala-se em encandeamento desconfortável (ou incómodo).

A luminância e o contraste de luminâncias constituem aspetos importantes nos processos de comunicação visual, no entanto o excesso de luminosidade entre a tarefa visual e o seu fundo imediato pode prejudicar o desempenho do olho humano na distinção dos objetos do seu fundo imediato e na perceção do detalhe. O sistema visual humano responde relativamente bem para uma gama alargada de luminâncias, desde cerca de  $0,03 \text{ cd/m}^2$  numa noite estrelada, até mais de  $10\,000 \text{ cd/m}^2$ , num dia de céu limpo, porém, o seu desempenho não é o melhor quando tais níveis de brilho estão presentes no campo de visão simultaneamente.

O encandeamento incapacitador origina uma diminuição na capacidade de um indivíduo ver determinados objetos no seu campo de visão, sem causar necessariamente uma sensação de desconforto. Este tipo de encandeamento depende das dimensões das fontes brilhantes encandeantes, do brilho (luminância) da fonte de luz, da distância dos olhos às fontes de encandeamento e da localização as fontes de encandeamento relativamente ao campo de visão (do observador). O efeito incapacitador do encandeamento é função direta da intensidade luminosa da fonte de luz encandeante e do contraste entre as partes mais claras e mais escuras no campo visual. Neste sentido, a intensidade do encandeamento incapacitador pode ser reduzida mediante o aumento do nível geral da luminosidade no campo visual do observador. O encandeamento incapacitador, quando presente, possui um impacte negativo importante na capacidade dos indivíduos poderem desempenhar as tarefas visuais.

O encandeamento desconfortável manifesta-se através das sensações de distração, incómodo e deslumbramento, entre outras. De um modo geral, nenhuma destas sensações é permanente, mas podem causar uma diminuição temporária na capacidade de visão. As sensações de encandeamento desconfortável manifestam-se de dois modos distintos. Um desses modos consiste no efeito de contraste produzido quando uma fonte de luz é observada num campo visual com um brilho muito inferior. Em casos que envolvam este efeito, a fonte encandeante pode ser apenas moderadamente brilhante. O segundo consiste num efeito de saturação produzido quando parte ou a totalidade da superfície retiniana é estimulada de tal modo a originar uma resposta retinal máxima. O olho humano apenas consegue manter uma tal resposta durante períodos de tempo muito curtos, antes de ocorrer uma fadiga química. Casos extremos de encandeamento desconfortável podem originar dor temporária ou “imagens fantasmas”, no entanto, não existem evidências científicas de que possui um efeito negativo direto no sistema visual humano. O encandeamento desconfortável não afeta a capacidade de um indivíduo poder realizar as suas tarefas visuais.

O grau de encandeamento desconfortável, tal como o grau de encandeamento incapacitador, devido à luz natural, é função do brilho da fonte de luz e das dimensões aparentes dos vãos envidraçados. Porém, no caso do encandeamento desconfortável, o brilho da fonte é mais crítico do que as dimensões aparentes.

O encandeamento pode ainda ser classificado, em função do modo como é produzido, em encandeamento direto e encandeamento por reflexão.

No que diz respeito ao encandeamento durante a condução automóvel podem distinguir-se várias situações:

- O encandeamento poderá ser desconfortável ou mesmo incapacitante na condução automóvel;
- A causa mais frequente de encandeamento direto é o uso indevido dos faróis máximos. Todavia, também os novos faróis de médios de luz branco-azulada intensa apresentam um certo grau de encandeamento, pois à noite a luz mais amarelada é melhor suportada pelos olhos dos humanos;
- A disseminação de ecrãs vídeo/LCD nas vias rodoviárias e a colocação de focos direcionados inadvertidamente na via pública, constituem também fatores de encandeamento frequentes. A sua

autorização de instalação ou a fiscalização das situações anómalas não têm sido acompanhadas pelas entidades competentes.

- O encandeamento por reflexão verifica-se por vezes, quando em pleno andamento os automobilistas usam colocadas no vidro traseiro esteiras metálicas refletoras de calor. Uma outra causa de encandeamento incapacitador por reflexão são as fachadas envidraçadas reflectantes de alguns edifícios, que ao refletirem a luz do Sol, podem ser causa de incapacidade visual temporária para o condutor com as consequentes consequências ao nível da segurança;
- A diminuição do encandeamento é possível com o uso de filtros para os comprimentos de onda da luz azul e em especial filtros polarizados.

No entanto a sensibilidade ao encandeamento poderá estar aumentada nas mais diversas situações patológicas, como por exemplo: i) alterações refrativas como nos astigmatismos; ii) alterações da transparência dos meios: córnea, cristalino, humor aquoso e vítreo; iii) após cirurgia refrativa da córnea ou do cristalino; iv) após cirurgia da catarata; v) patologia retiniana.

Além do excesso de iluminação a que os condutores estão sujeitos e que de imediato poderão ser a causa de encandeamento, há que ter em conta os efeitos da radiação solar absorvida pelo sistema visual durante toda a vida. A degenerescência retiniana relacionada com a idade (D.M.I.) é causa cada vez maior de baixa visão e por vezes de cegueira. Pensa-se que um dos fatores desencadeantes da D.M.I. é a exposição excessiva da retina à luz solar durante toda a vida. Os fatores considerados são: exposição crónica à luz azul, carência em oligo elementos, vitaminas e tabagismo. O pigmento macular é um fator protetor importante e é constituído por carotenoides (luteína e zeaxantina).

Na prevenção da D.M.I. preconiza-se o uso de filtros solares que filtrem a radiação compreendida entre os 400 e 511 nm. Outro dos fatores a ter em conta é o tempo de exposição anual à luz solar. Em zonas de condições de céu predominantemente encoberto, os filtros poderão deixar passar 43% a 64% da radiação solar. Se existirem alguns períodos de céu descoberto aconselha-se filtros solares que deixem passar 18% a 43% da radiação solar. Com céu totalmente descoberto aconselham-se filtros que deixem passar 8% a 18% da radiação. Em locais sujeitos a excessiva exposição solar os filtros deverão deixar passar unicamente cerca de 3% a 8% da radiação.

Os filtros amarelos estão contraindicados na visão noturna por diminuírem em cerca de 10% a acuidade visual. No entanto na visão crepuscular melhora a visão, razão pela qual o seu uso ao nascer do dia é aconselhado. Outra das indicações é o seu uso com nevoeiro e durante o dia, o uso de filtros amarelos melhora a acuidade visual por absorver parte da luz refletida pelas gotículas de água que constituem o nevoeiro.

Além do uso de filtros solares e combate ao tabagismo preconiza-se a administração de substâncias antioxidantes como: carotenos 2-6 mg (luteína e zeaxantina), zinco 15-20 mg, cobre, vitamina C 100-1000 mg e vitamina E 50-300 mg. No entanto há que ter em conta que a administração de beta carotenos em altas doses podem aumentar nos fumadores a incidência do cancro do pulmão.

### **3.5 Cor**

Na retina existem cerca de 5.000.000 de cones e 100.000.000 de bastonetes. Os cones são responsáveis pela visão das cores e funcionam em condições fotópicas (de boa iluminação). Existem 3 tipos de cones com pigmento sensível a diferentes comprimentos de onda (azul 440-450 nm, verde 535-555 nm, vermelho 570-590 nm) e que da estimulação conjunta irão resultar todas as outras sensações de cores.

Na área central da retina, mais propriamente na mácula até cerca dos 15° a 20°, existe uma exclusividade de cones sensíveis ao vermelho e verde. Razão pela qual foi introduzida a terceira luz de travagem (luz vermelha na retaguarda dos veículos automóveis), encurtando o tempo de reação à travagem em cerca de 0,2 segundos.

Um pouco mais periféricamente começa a sensibilidade ao amarelo e azul. Razão porque a luz da reserva de combustível é amarela, e sempre que ela acende a sentimos sem estar a olhar na sua direção. Em movimento o contraste máximo de cores é conseguido entre o amarelo e o azul. Em Portugal usam-se muito as balizas de posição (portagens, desvios, etc.). Pela mesma razão se devem pintar riscas amarelas e azuis nas paredes das garagens e nas portas de vidro.

O contraste máximo é sempre para o branco e preto ou para o amarelo e preto. Um problema muito descuidado é a importância do contraste do veículo automóvel com a estrada.

### 3.6 Campo Visual

O campo visual é de importância primordial. O campo visual não poderá ultrapassar certos valores: i) no caso dos condutores do Grupo I (não profissionais) o campo visual deverá ser superior ou igual a 120°; ii) no caso dos condutores do Grupo II (profissionais) o campo visual deverá ser superior ou igual a 150°.

Em condições não patológicas o campo visual varia de acordo com a velocidade: assim, a 10 km/h o campo visual será de 180°; a 30 km/h o campo visual será de 90°; a 60 km/h será de 42°.

Outra situação frequente de obstrução do campo visual é a colocação de painéis publicitários na via pública, dificultando a visão dos peões e dos automobilistas próximo das passagens para peões.

### 3.7 Percepção da profundidade

A percepção da profundidade perfeita só é possível com a visão binocular. Esta depende dum mecanismo de extrema exatidão de controlo dos movimentos oculares. Outras das vantagens da visão binocular são: i) existência de uma maior sensibilidade para ver em níveis com baixa luminosidade; ii) a percepção da forma é mais fácil; iii) para a sensibilidade à cor - as cores com maior luminosidade e comprimento de onda tendem a dominar no campo binocular.

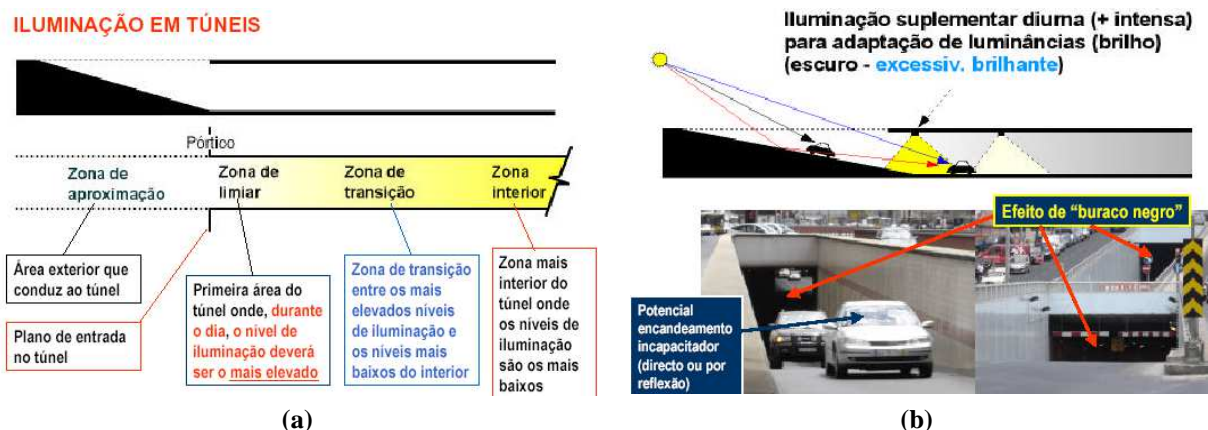
## 4 A INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES DE ILUMINAÇÃO NA CONDUÇÃO AUTOMÓVEL

### 4.1 Aspetos genéricos

A iluminação é indiscutivelmente um dos fatores primordiais de segurança na condução automóvel. Vários aspetos da iluminação podem influenciar o desempenho visual do condutor e, conseqüentemente, as condições de segurança. Tanto a falta de iluminação como a iluminação excessiva podem ter efeitos adversos.

A iluminação excessiva pode ser causa de: i) redução da sensibilidade da retina, ii) alteração das condições de indução espacial e temporal, iii) desagradabilidade psicológica e iv) causa de dor física.

Um fator importante que traduz a redução do contraste equivalente devido à readaptação de um ambiente luminoso para outro é o Fator de Adaptação Transiente (FAT) que permite quantificar o tempo de adaptação adequado para uma acuidade visual ótima quando se passa de um ambiente luminoso para outro. Este aspeto é particularmente importante na circulação rodoviária em túneis uma vez que existem grandes variações de ambientes luminosos (Figuras 3 (a) e (b)).



**Fig. 3. Exemplos de problemas na iluminação de túneis urbanos (a) classificação das diferentes zonas em túneis e (b) ilustração de problemas de encandeamento e contraste excessivo nas zonas de saída em túneis.**



## 4.2 Fatores perturbadores da visão na condução

Os principais fatores perturbadores das condições de visão durante a condução podem ser divididos em dois grandes grupos: i) fatores inerentes ao próprio condutor e ii) fatores exteriores ao condutor.

De entre os fatores de risco inerentes ao próprio condutor podem citar-se os seguintes: i) ingestão de medicamentos; ii) ingestão de álcool e iii) sonolência.

A ingestão de medicamentos pode Condicionar o aparecimento de: i) sonolência; ii) alterações da visão; iii) perda de consciência e iv) alterações do comportamento.

De entre os fatores de risco exteriores ao condutor podem citar-se: i) erro de perceção externa e ii) sobrecarga de perceção.

O *erro de perceção* pode ter várias causas, como por exemplo: i) sinalização inadequada como no caso de semáforos rodoviários colocados lado a lado de sinais ferroviários; ii) sentido de tráfego contrariando o que normalmente está estabelecido

A *sobrecarga de perceção* pode ter origem em várias situações, como por exemplo:

- Em relação à perceção visual a atenção só se pode concentrar de cada vez num detalhe visual. No caso da condução tudo o possa distraír a atenção do condutor põe em risco o próprio condutor e todos os utentes da via pública (painéis luminosos publicitários e informativos, por ex.).
- O excesso de informação visual em termos de sinalização de trânsito também pode originar situações de "confusão visual" que não sendo atempadamente decodificadas, podem originar situações de erro, aumentando, conseqüentemente, o risco de acidente (figura 4)
- Em relação aos outros sentidos é impossível manter a atenção simultânea a mais de um sentido sem detrimento da atenção visual (uso de telemóvel a conduzir, conversar a conduzir, por ex.).



Fig. 4. Exemplo de excesso de informação visual em termos de sinalização de trânsito

## 5 CONCLUSÕES

Com a presente comunicação pretendeu-se efetuar uma reflexão acerca dos principais aspetos da visão, da iluminação e da sinalização que podem influenciar o comportamento dos indivíduos no contexto da segurança rodoviária. Optou-se por uma abordagem multidisciplinar evidenciando-se as relações estreitas entre a medicina (ergofoftalmologia) e a física e das construções (iluminação) e as suas consequências na segurança rodoviária.

Pretendeu-se evidenciar que, mesmo em contextos globais de crise económica, as questões relacionadas com a segurança rodoviária não deverão ser descuradas, sob pena de se perderem os investimentos e as mais-valias que conduziram o país a níveis de acidentes rodoviários mais próximos da realidade da maioria dos países da União Europeia. Negligenciar a manutenção e conservação da sinalização e “aligeirar” os processos de inspeção e vistoria das infraestruturas rodoviárias poderá, a médio prazo, ter um custo superior ao da manutenção de rotina.

## 6 REFERÊNCIAS

1. A.J. Santos - Luz, Cor e Visão. Comunicação apresentada no *Seminário “A Luz e a Cor”*, organizado pelo Instituto de Oftalmologia Dr. Gama Pinto (IOGP). Lisboa, LNEC, 25-26 março 1999.
2. A.J. Santos - Contribuições do LNEC para o projeto “Um Mundo de Luz e Cor”. 1º Relatório de Progresso. Relatório Confidencial 24/00 - NAI. Lisboa, LNEC, janeiro de 2000.
3. A.J. Santos, F. Bivar - Condições de Iluminação na Patologia Ocular. Comunicação apresentada ao *XLI Congresso da Sociedade Portuguesa de Oftalmologia*, Aveiro, 28 novembro - 1 dezembro 1998. Lisboa: LNEC, 2000. Série Comunicações Nº 63.
4. F. Bivar, A. J. Santos, M.R. Dinis - Perceção Visual e Condução Automóvel. *Oftalmologia - Revista da Sociedade Portuguesa de Oftalmologia*. 30(5) 203-215, 2006.
5. Illuminating Engineering Society Of North America (IESNA), *Lighting Handbook: Reference & Application*, M.S. Rea, Eds. IESNA, New York, 2000.
6. prEN 1436:2015 - Road marking materials - Road marking performance for road users and test methods. European Committee for Standardisation (CEN), CEN/TC 226, 2015
7. EN 12899-1:2007 - Fixed, vertical road traffic signs – Part 1: Fixed signs. European Committee for Standardisation (CEN).
8. Estudo AFESP – citado por Jornal i - edição online - acedido em 28 dezembro 2015 ([www.http://ionline.pt/399233](http://ionline.pt/399233))
9. Commission Internationale de l'éclairage (CIE), *ILV: International Lighting Vocabulary*, CIE, Vienna, 2011. CIE S017/E:2011.
10. EN 12665:2002, Light and lighting – Basic terms and criteria for specifying lighting requirements. European Committee for Standardisation (CEN).
11. Roque, C. A., Disposições Técnicas de Sinalização de Trânsito, *Com.Fórum de Inovação e Normalização, Org. INIR*, Lisboa, Fórum Lisboa, 17 - 20 janeiro 2010.
12. Commission Internationale de l'éclairage (CIE), *Roadsigns*, Pub. CIE Nº 74, CIE, Vienna, 1998.