

**Alberto Ferreres**  
**Ferran Vilà**

**Projeto otimizado de faróis de veículos**

Trabalho de formatura apresentado à Escola  
Politécnica da Universidade de São Paulo para a  
obtenção do título de Graduação em Engenharia  
Industrial pela Universitat Politècnica de  
Catalunya.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo de Breyne Salvagni

**São Paulo**  
**2004**

**Alberto Ferreres**  
**Ferran Vilà**

**Projeto otimizado de faróis de veículos**

**São Paulo**  
**2004**

**Queremos agradecer este projeto  
a nossas famílias pelo apoio dado  
durante estes anos de formação  
que às vezes foram longe deles**

**São Paulo**

**2004**

**ÍNDICE GERAL**

|                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| Índice Geral .....                                              | 2  |
| Índice de Figuras .....                                         | 4  |
| Índice de Tabelas.....                                          | 5  |
| Introdução do trabalho .....                                    | 6  |
| Abstract .....                                                  | 7  |
| 1    Introdução .....                                           | 8  |
| 2    Evolução dos faróis .....                                  | 9  |
| 3    Sistemas existentes na atualidade.....                     | 11 |
| 3.1    Faróis com distribuição variável de luz.....             | 11 |
| 3.2    Luzes que viram .....                                    | 11 |
| 4    Homologação atual dos faróis dos veículos .....            | 13 |
| 5    Tipos de lâmpadas num veículo .....                        | 15 |
| 6    Soluções propostas .....                                   | 18 |
| 6.1    Primeira solução – Espelhos móveis.....                  | 18 |
| 6.2    Segunda solução – Faróis fixos orientados .....          | 20 |
| 6.3    Terceira solução – Faróis móveis.....                    | 20 |
| 7    Matriz de solução, viabilidade das soluções propostas..... | 22 |
| 7.1    Simplicidade e flexibilidade de desenho.....             | 23 |
| 7.2    Qualidade de iluminação .....                            | 23 |
| 7.3    Durabilidade .....                                       | 23 |
| 7.4    Preço.....                                               | 23 |
| 7.5    Robustez do sistema .....                                | 23 |
| 7.6    Manutenção .....                                         | 24 |
| 7.7    Decisão da solução ótima.....                            | 24 |
| 8    Análise da solução ótima .....                             | 25 |
| 8.1    Descrição do cálculo do ângulo de giro dos faróis.....   | 25 |
| 8.2    Eleição do tipo de luz utilizada .....                   | 30 |
| 9    Conclusões .....                                           | 32 |
| 10   Lista de Referências .....                                 | 33 |
| 11   Glossário .....                                            | 35 |

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ANEXOS.....                                                                              | 36 |
| ANEXO I (Tipos de luzes exteriores que se pode achar num veículo).....                   | 36 |
| ANEXO II (Conceitos básicos sobre a natureza da luz) .....                               | 37 |
| II.1 Teoria corpuscular .....                                                            | 37 |
| II.2 Teoria ondulatória.....                                                             | 37 |
| II.3 Natureza dual da luz .....                                                          | 38 |
| ANEXO III (Resultados obtidos da solução ótima).....                                     | 40 |
| ANEXO IV (Documentos das referências sobre homologação e preços de componentes)<br>..... | 41 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1 – Saab 96 pilotado por Erik Carlsson com farol adicional no teto.....           | 9  |
| 2.2 - Citroën ID. ....                                                              | 9  |
| 2.3 – Mini Cooper no Rally Montecarlo.....                                          | 9  |
| 2.4 – Citroën Xsara pilotado por Sebastian Loeb no Rally de Suécia 2004.....        | 10 |
| 5.1 – Lâmpada alógena.....                                                          | 15 |
| 5.2 – Lâmpada de xenônio.....                                                       | 16 |
| 5.3 – Posição baixa (a) e alta (b) das luzes bi-xenônio.....                        | 16 |
| 5.4 – Lâmpada led.....                                                              | 17 |
| 6.1 – Conjunto farol.....                                                           | 18 |
| 6.2 – Esquema do sistema de atuação do farol.....                                   | 18 |
| 6.3 – Esboço esquemático da primeira solução, espelhos móveis.....                  | 19 |
| 6.4 – Esboço esquemático da segunda solução, detalhe de farol fixo orientado.....   | 20 |
| 6.5 – Esboço esquemático da terceira solução, faróis móveis.....                    | 21 |
| 8.1 – Desenho esquemático do CIR de um veículo.....                                 | 25 |
| 8.2 – Desenho esquemático dos faróis.....                                           | 26 |
| 8.3 – Desenho esquemático dos faróis (ângulo máximo de abertura 90°).....           | 27 |
| 8.4– Gráfico dos ângulos para raios de curvatura entre 7 e 50 metros.....           | 28 |
| 8.5 – Gráfico dos ângulos para raios de curvatura entre 100 e 1000 metros.....      | 28 |
| 8.6 – Gráfico dos coeficientes de velocidade $c_1$ e $c_2$ .....                    | 29 |
| 8.7– Desenho esquemático do conjunto farol da solução ótima.....                    | 30 |
| 8.8 – Mostra da iluminação de uma estrada com lâmpadas: a) alógena, b) xenônio..... | 31 |

## ÍNDICE DE TABELAS

|                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1– Marcas de carros e modelos que tem novos sistemas de iluminação.....    | 12 |
| 6.1 – Preço dos componentes da primeira solução, espelhos móveis.....        | 19 |
| 6.2 – Preço dos componentes da segunda solução, faróis fixos orientados..... | 20 |
| 6.3 – Preço dos componentes da terceira solução, faróis móveis.....          | 21 |
| 7.1 – Matriz de decisão.....                                                 | 22 |
| 8.1 – Preço detalhado dos componentes da solução ótima.....                  | 30 |

## **INTRODUÇÃO DO TRABALHO**

Nosso objetivo neste projeto é de mostrar que os sistemas atuais de iluminação dos veículos são insuficientes e para isso vamos propor um sistema de iluminação ótimo que resolva a falta de luz no interior das curvas fazendo variar o ângulo do feixe de luz dos faróis.

Em primeiro lugar para atingir estes objetivos tínhamos que fazer uma compilação de informação ao respeito através das revistas especializadas e artigos publicados em diferentes sites da internet. Procurando quais são os sistemas de iluminação existentes no mercado e as prestações que oferecem (qualidade de iluminação, preço, tecnologia utilizada etc.). Numa segunda fase realizamos um brainstorming de possíveis soluções, escolhendo finalmente as três melhores. Estas soluções parciais obtidas foram analisadas com mais detalhamento para finalmente decidirmos por uma que resolvesse melhor o problema antes citado segundo nossos critérios que a solução ótima tinha que cumprir. Finalmente, na terceira fase do projeto foi estudada e desenvolvida a solução.

## ABSTRACT

Our purpose with this project is to demonstrate that the current vehicle light systems are not able to illuminate as much as it is necessary and so, to optimise the lightening, we are going to propose a lightening system that solves the shortage of light at the interior of sharp bends, modifying the beam angle of the lights.

First of all, to reach our objectives, we have done a compilation of information related to the subject based on information we found in magazines and specialized articles written in different sites in the internet. Searching the current light systems in the extensive automobilistic market and what is offered (light quality, price, technology used etc). In the second part of this work we made a brainstorming of the solutions, and then we finally chose the three most reasonable of them. These partial solutions were analysed carefully as to decide which the best solution to solve the illumination problem, following our optimal solution aspects was. In the third and definitive project phase, the solution has been studied and developed.

## 1 INTRODUÇÃO

*As estatísticas demonstram que 46,2% dos mais de 44.000 acidentes com vítimas que a cada ano se registram na Espanha se produzem entre o crepúsculo e o amanhecer. Não obstante, durante essas horas as rodovias só suportam 20% do tráfego total. Estes dados demonstram a importância dos sistemas de iluminação [Ref.1]*

Ver e ser visto. Esta é a questão. Fala-se muito da segurança ativa e passiva dos automóveis, mas antes desses aspectos há ainda elementos que se consideram banais e que, apesar disso, tem uma importância vital. Os pneus, a suspensão, e os faróis são, com certeza, três itens dos mais esquecidos pelos motoristas. Muitos deles, com relação aos faróis, não entendem que se estes iluminam bem, a sua segurança e a dos que convivem com eles nas cidades e estradas (outros motoristas e pedestres) melhorará de maneira significativa.

Os faróis dos veículos têm como função iluminar, mas essa iluminação tem que ser suficiente, tanto em longitude como em largura do feixe. Até há poucos anos atrás isso era pura teoria, porque o fato é que os veículos tinham uma iluminação péssima. Mas na atualidade se adquiriu consciência da importância que os faróis têm. É precisamente essa preocupação a que está movendo os fabricantes especializados a pesquisar novas tecnologias, com o resultado de que estão realizando progressos, até agora insuspeitados, que já se estão começando a aplicar em alguns carros em série.

## 2 EVOLUÇÃO DOS FARÓIS

Os novos sistemas de iluminação têm as suas origens em modelos de muitos anos atrás. Foram idéias pontuais que não tiveram continuidade na sua presença, mas marcaram o caminho para os atuais protótipos que levarão a sua implantação definitiva num futuro não muito longe.

Existem alguns sistemas precursores na melhora da iluminação. O Citroën DS Pallas e os faróis “de calha” são exemplos de idéias avançadas no tempo. Podem-se considerar invenções que construíram uma base para as soluções achadas na atualidade pelos fabricantes de hoje.

A competição deu origem à aparição dos faróis “de calha”, o inovador fabricante francês criou o sistema de iluminação para os seus melhores carros, o DS e o SM, aos que chamaram Pallas. Foi na década de 60 quando começaram a se ver carros de competição com faróis adicionais amarrados ao teto, às partes dianteiras ou aos para-choques. Sua missão era complementar a fraca iluminação que aqueles carros levavam na origem, uns carros que deviam fazer frente as piores estradas no mais profundo da noite. Era a época das provas de estrada, representadas por o Rally de Montecarlo, no qual as etapas de concentração, classificação e cronometradas transcorriam, numa porcentagem muito alta, de noite. Deste jeito, podia se ver como o Saab 96 com o que Erik Carlsson ganhou em 1963 levava um farol adicional no teto (Fig. 2.1) ou como os Citroen ID (Fig.2.2) e os Mini Cooper (Fig. 2.3) que conseguiram o triunfo nos anos posteriores mudaram a posição dos faróis aos para-choques mantendo, em alguns casos, outros faróis no teto. O que parecia uma moda respondia, em realidade, a uma necessidade, assim que muito cedo isso se



Figura 2.1



Figura 2.2



Figura 2.3

generalizou. Todos os carros dos times oficiais da atualidade continuam fazendo-o (Fig. 2.4).

Poder controlar as margens da estrada na noite, dirigir a velocidades muito altas, os converteu em elementos imprescindíveis. De fato, uma vez demonstrada sua utilidade, muitos usuários da época os adaptaram aos seus veículos de todos os dias. Devemos nos lembrar que em muitos países do mundo, entre os 60 e os 80, quase não existiam as auto-estradas, e as estradas de duplo sentido eram de uso comum.



Figura 2.4

Possivelmente fosse essa a razão que levou os técnicos da Citroën a pesquisar num sentido parecido para equipar os seus carros com sistemas de iluminação mais efetivos que os usados até esses dias. Assim nasceu o DS 23 Pallas, um carro com muitas novidades: Foi no Salão do Automóvel de Paris de 1955 quando se apresentou esse carro revolucionário. Foi tanta a expectativa que surgiu pelas numerosas novidades que trazia ao mundo automotivo que se venderam 12000 carros durante o dia inteiro do Salão. Algumas das novidades foram: o seu moderno desenho Bertoni, a escolha entre numerosas cores, a suspensão hidráulica, a altura da carroceria regulável, os freios de disco na primeira vez num carro em série e os freios controlados por sistemas hidráulicos. Finalmente a novidade do sistema de iluminação com faróis que agiam seguindo, de forma mecânica, os movimentos da direção; os faróis respeitavam a mesma relação de Ackerman que as rodas dianteiras, ou seja, o farol da parte interior da curva virava de um ângulo maior. Esta solução, sem dúvida inovadora e pela primeira vez num carro fabricado em série, sumiu em 1975 ao mesmo tempo que os carros que a incorporava. Agora, muito tempo depois, e graças à aparição de novos sistemas, aqueles Pallas demonstraram que estavam no caminho certo.

### 3 SISTEMAS EXISTENTES NA ATUALIDADE

Os sistemas existentes na atualidade são aqueles que vemos nos veículos de cada dia, além dos novos que estão sendo introduzidos no mercado. Esses sistemas de iluminação utilizam faróis fixos com uma luz do tipo alógena, mas pouco a pouco vão se vendo novos veículos que utilizam faróis muito mais potentes com uma cor de luz mais branca, esta nova solução que se está introduzindo são as luzes de xenônio\*.

Além do tipo de lâmpada utilizada, a função principal dos mais novos sistemas é olhar os lados. O sistema é parecido ao usado pelos Pallas, mas muito aperfeiçoado já que dispomos de tecnologia muito mais avançada que antes, e poderá ser uma possibilidade de equipamento de fábrica nos automóveis de um futuro próximo, quando os custos possam ser assumidos sem que representem um incremento significativo nos preços dos veículos. As vantagens são várias: além de iluminar as margens da estrada, o que já significa um crescimento da segurança ativa do carro, reduzirá sem dúvida o número de acidentes que se produzem durante a noite.

Existem muitas pesquisas e produtos existentes no mercado das principais marcas automotivas. Em definitivo, podem se resumir em dois tipos diferenciados de iluminação:

#### 3.1 Faróis com distribuição variável de luz

Otimizam a distribuição da luz segundo as vias e situações da condução, graças à combinação de vários refletores e luzes adicionais.

#### 3.2 Luzes que viram

Este sistema permitiria adaptar o feixe luminoso à trajetória seguida pelo veículo na estrada. Esta função seria realizada por refletores adicionais, colocados segundo o ângulo de giro do volante.

Nesta tabela mostramos uma série de marcas de veículos onde em alguns modelos estão adaptados esses novos sistemas de iluminação.

|                 |                  |                          |             |
|-----------------|------------------|--------------------------|-------------|
| BMW-serie 5 e 6 | Mercedes-clase E | Chevrolet (Opel)- Vectra | Audi – A6   |
| Lexus LS430     | Renault-Modus    | Citroën- C5              | Seat- Salsa |

Tabela 3.1

Como pode se ver são muitas as marcas estão implantando ou vão implantar num futuro próximo este sistema novo de iluminação nos seus veículos. Estamos numa época de mudanças e avanços na área da iluminação dos veículos como aconteceu na década dos 70-80. Foi um período de tempo de mudanças nos tipos de lâmpadas usadas para os faróis. Antes, os veículos tinham um sistema de iluminação precário. Depois da introdução das luzes alógenas os veículos passaram a ver, ao invés de só ser vistos. Neste mundo de concorrência aparecem novas soluções que ainda são pouco acessíveis por ter um preço muito alto. Apesar disso, num futuro próximo acabarão deixando obsoletos os atuais sistemas de iluminação.

## 4 HOMOLOGAÇÃO ATUAL DOS FARÓIS DOS VEÍCULOS

Como estudantes de intercâmbio nosso projeto tem interesse tanto no Brasil como na Espanha, por isso procuramos a homologação utilizada em nosso país, além da do Brasil, que é de onde estamos desenvolvendo o projeto. Vimos que nos países da Europa, EUA e o Japão a homologação utilizada é a mesma, e a utilizada no Brasil também se aproxima à utilizada na Europa, mas tem suas particularidades.

A homologação explica, marca as pautas e cumprimento de determinadas especificações ou características de um sistema objeto, neste caso, dos novos dispositivos de iluminação dos veículos. O que denomina a homologação: "Adaptive Front lighting System":

*"Adaptive front lighting system" (AFS) means a lighting device, type-approved according to Regulation providing two or more differing modes for automatic adaptation of the beam characteristics to varying conditions of use of the dipped-beam and, if it applies, the main-beam; such systems consist of the 'system control', one or more 'supply and operating device(s)', if any, and the 'installation units' of the right and of the left side of the vehicle [Ref.2]*

Ou seja, AFS significa um sistema de iluminação, seguindo a Regulação que contempla dois ou mais modos para a adaptação automática das características das curvas fazendo variar as condições do uso da curva e, se aplicado, a curva principal; tais sistemas consistem do control de sistema, um ou mais equipamentos de controle de operação, se algum, e as unidades de instalação do lado direito e esquerdo do veículo.

Exemplos de algumas especificações são:

- O AFS é opcional em veículos motorizados, mas é proibido nos caminhões [Ref. 3]
- Medidas da colocação das luzes no frontal do veículo. (Anexo V)
- Ângulo máximo de iluminação horizontal é de 90°. [Ref.4]
- Existe uma intensidade mínima requerida no caso de um farol ter problemas de correta iluminação. [Ref.5]

- Ângulo máximo de iluminação vertical é de  $\pm 15^\circ$  da horizontal. [Ref.6]

Se quiser aprofundar ou esclarecer alguma dúvida a respeito da homologação deste tipo de luzes, convidamos os senhores a visitar o seguinte site: [http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gre/AFS\\_6.html](http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gre/AFS_6.html) ou então consultar o Anexo IV onde há uma cópia de cada um dos sites referenciados.

## 5 TIPOS DE LAMPADAS NUM VEÍCULO

No começo da produção de veículos, os faróis eram quase um elemento decorativo. O seu uso era mínimo e não serviam para iluminar, só para ser vistos, por causa da sua pouca potência. Com passar dos anos, os veículos se desenhavam com sistemas elétricos mais sofisticados e com a capacidade de armazenar eletricidade. Isso representou um grande avanço para a iluminação, porque se dispunha de uma maior potência para a iluminação. Mas ainda as lâmpadas eram pouco potentes, se usavam as que existiam, as lâmpadas de incandescência em vazio. São as lâmpadas que ofereciam a cor amarelo-vermelho característico de tempos atrás.

Nos anos 60 e 70 começaram a aparecer lâmpadas com maiores rendimentos, e juntamente com a melhora das baterias, se dispunha de uma potência de iluminação muito maior que anos atrás. Finalmente apareceram as lâmpadas alógenas, onde a incandescência se produz dentro de uma atmosfera de gás de iodo, que tem um rendimento muito maior que as tradicionais, e um conseqüente aumento da potência. A cronologia da evolução tem o começo no ano 1964 com a pesquisa de faróis auxiliares de luzes altas com lâmpadas H1. Em 1964, se pesquisava nas lâmpadas H3, com filamentos transversais. Finalmente em 1971 apareceram os primeiros faróis H4 com duplo filamento. As inovações no campo das lâmpadas alógenas (Fig. 5.2) não pararam até os nossos dias, e hoje em dia existem muitos tipos diferentes dessas lâmpadas para distintos usos, como as luzes baixas, altas, de neblina, etc. Sua potência está compreendida entre os 35 e os 65 W, e entre os 800 e os 2500 lm.

Desde os anos 90 se estão desenvolvendo os faróis de xenônio. O salto na potência, rendimento e cor de luz são tão grandes como o que aconteceu com a introdução das lâmpadas alógenas 30 anos antes. Este gás nobre (Xe) permite muitas vantagens e o seu uso é cada vez maior. O seu funcionamento é completamente diferente ao das lâmpadas antigas, porque o filamento sumiu e foi trocado por um arco elétrico produzido pela descarga de gás. São chamados faróis H.I.D. (High Intensity Discharge) de xenônio.



Figura 5.1

A luz produzida é branca, não amarela como a das alógenas, o que significa uma maior nitidez e observar melhor a forma dos obstáculos ou dos sinais que aparecem na

estrada. Essa cor branca da luz de xenônio é parecida à luz do dia, o que faz aumentar o contraste e as cores o que significa, em resumo, uma maior segurança. Precisa-se mais ainda do seu uso quando as condições atmosféricas são mais desfavoráveis.

Não só a qualidade da luz é melhor, mas também o rendimento é muito superior; tem um rendimento luminoso três vezes mais alto. As lâmpadas de xenônio (Fig. 5.2) duram de 6 a 10 vezes mais que as alógenas, e consomem também 40% menos energia, portanto produzem menos calor. A luz branca beneficia as pessoas que sofrem de uma certa deterioração na sua visão noturna, já que permite uma melhor visibilidade em condições de obscuridade. Podemos ver que só existem vantagens, mas o preço atual dos faróis de xenônio é muito alto.



Figura 5.2

Os fabricantes de lâmpadas sempre estão pesquisando novas lâmpadas e o resultado é uma gama quase infinita de lâmpadas no mercado. Nos últimos anos se podem comprar lâmpadas alógenas com 50% mais de luz e de uma cor mais branca ou azulada. Ou também existem lâmpadas alógenas cheias parcialmente com gás xenônio para obter uma luz quase como a dos faróis H.I.D. de Xenônio.

Nos sistemas anteriores não era possível gerar as luzes baixas e altas com uma só lâmpada de descarga de gás. Agora é possível utilizar a luz de xenônio para o farol baixo e alto, fazendo intervir um obturador mecânico “shutter”, cuja posição se comuta mediante um eletroímã (Fig. 5.3), são as chamadas lâmpadas de bi-xenônio. Com este mecanismo obturador cobre-se uma parte da luz gerada pela lâmpada, para configurar

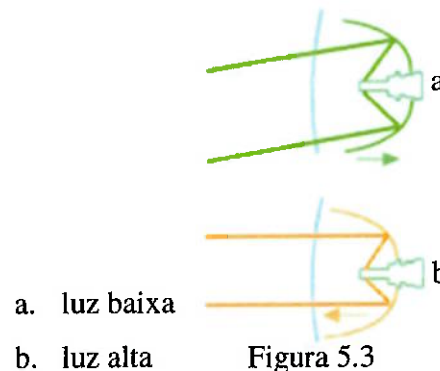


Figura 5.3

assim a luz baixa. Ao passar o mecanismo à posição de alta deixa-se passar a totalidade da luz gerada pela lâmpada. Ainda se mantém uma lâmpada H7 para a função de “dar luz”, já que a bombinha de xenônio, devido às características de inflamação do gás para a produção de luz, não pode trabalhar com desligada ou ligada rápido. A performance óptica deste tipo de luzes é a seguinte: luzes baixas 950 lm, luzes altas 1500 lm, potência de 35 W.

Quando os faróis de xenônio forem mais comuns nas ruas, na parte alta da gama dos carros começarão a fazer aparição os faróis de led\*. Novos estudos feitos apontam que as luzes do futuro serão as luzes que utilizam leds (Fig. 5.4). Esses sistemas de iluminação apresentarão várias vantagens em relação ao HID. Estão compostos de um grande número de pequenas lâmpadas, que ocupam menos espaço que os faróis convencionais o que oferece mais liberdade na hora de desenhar sua forma e a do veículo. A intensidade dessas lâmpadas pode mudar de forma individual pra produzir feixes de luz das formas mais diversas, o feixe pode adaptar-se tanto em largura como em direção pelo que não é preciso nenhum sistema de peça móvel, este aspecto de mudar a largura do feixe de luz ainda não está contemplado na homologação das luzes. O consumo é menor que o das lâmpadas de xenônio e 10 vezes menor que o das lâmpadas convencionais e têm a mesma duração de vida. Mas também apresenta alguns inconvenientes. O led se funde a 80 graus de temperatura e a tecnologia ainda está em desenvolvimento.



Figura 5.4

## 6 SOLUÇÕES PROPOSTAS

Através do processo de acervo de informações dos diferentes sistemas existentes, e depois de realizar um brainstorming com as possíveis soluções, propomos três vias que resolverão o problema de falta de iluminação. Dentro de cada uma das vias podemos encontrar muitas soluções viáveis. Entendemos como farol (Fig.6.1) o conjunto de: fonte de luz (lâmpada alógena ou de xenônio), espelhos e carcaça.

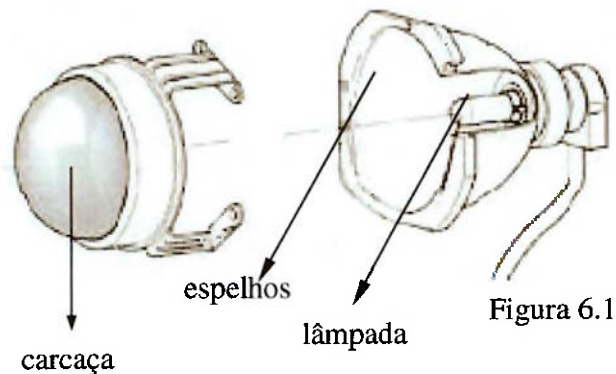


Figura 6.1

Independentemente da solução escolhida, nosso sistema terá que responder a um sistema deste tipo (Fig. 6.2).

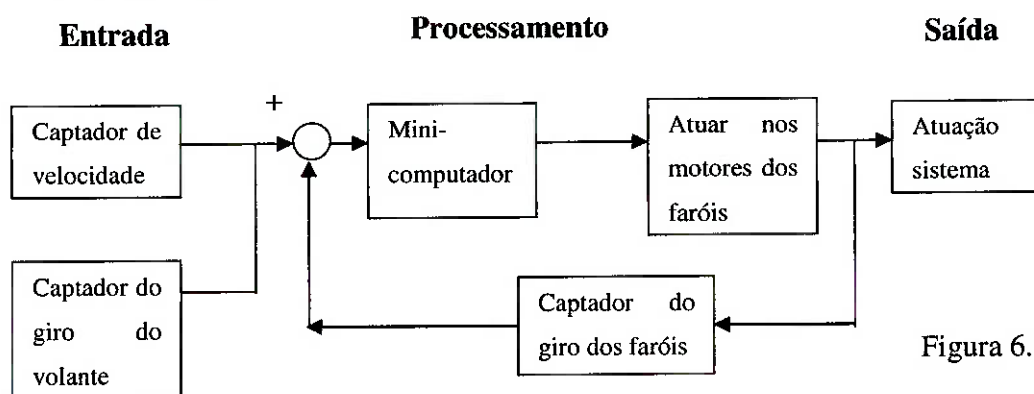


Figura 6.2

### 6.1 Primeira solução – Espelhos móveis

A primeira via que propomos seria usar espelhos móveis para orientar o feixe de luz dos faróis (Fig.6.3). Esses espelhos consistem em dois espelhos que englobam a fonte de luz ou lâmpada. Os espelhos mudam a sua orientação em função do giro do veículo através de um pequeno motor que o controla. O mecanismo que permite este deslocamento está formado por uma guia dentada onde tem acoplado o pequeno motor. O giro do motor se traduz em um movimento de translação da engrenagem. Aos extremos da guia dentada temos fixados os espelhos que se mexem num movimento de rotação, por sua vez os

espelhos estão unidos ao veículo por dois eixos verticais, que permitem o giro ao redor deles. Este sistema que se encontra tanto no farol direito como no esquerdo do veículo funciona de maneira simultânea, os espelhos viram na mesma orientação para direcionar o feixe de luz. Veja os desenhos para maior compreensão. Este dispositivo interno do conjunto farol se encontra num meio totalmente isolado do exterior, assim são evitados problemas de sujeira, água e poeira que pudessem danificar nosso mecanismo.

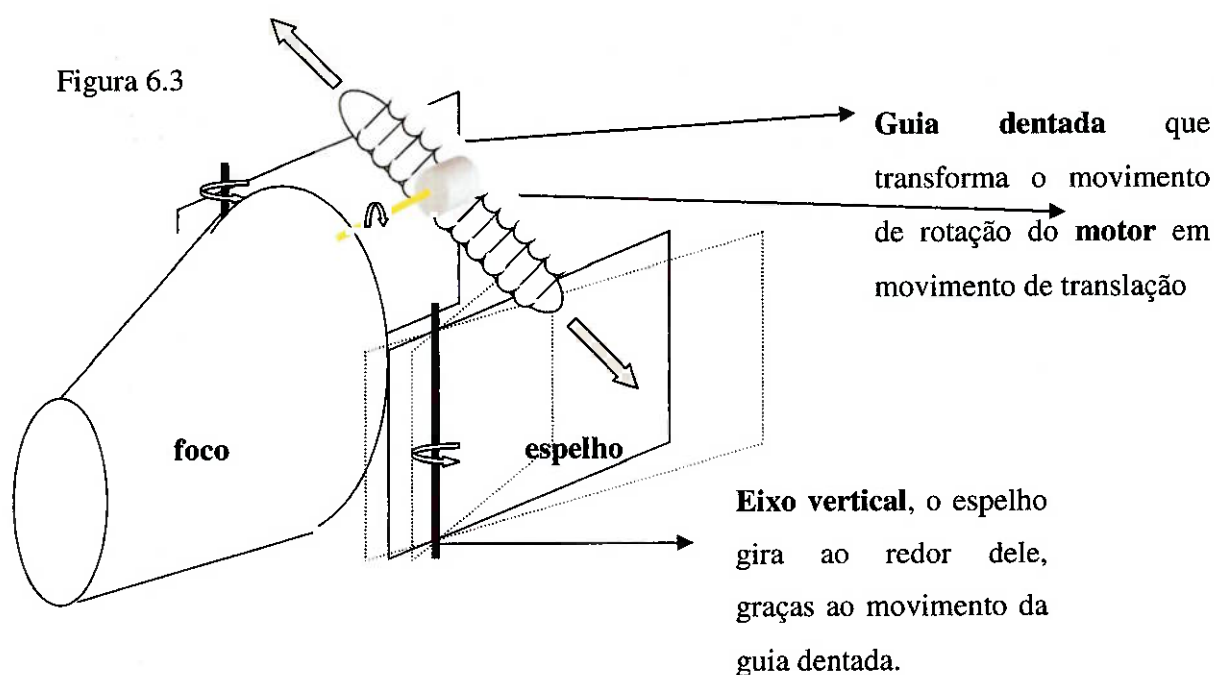


Tabela de preço dos componentes do sistema.

| Componentes               | Quantidade | Preço unitário aprox. (R\$) | Preço unitário aprox. (€) |
|---------------------------|------------|-----------------------------|---------------------------|
| Lâmpada (bi-xenônio)      | 2          | 528,46                      | 140                       |
| Carcaça de plástico       | 2          | 150,99                      | 40                        |
| Espelho                   | 4          | 56,62                       | 15                        |
| Guia dentada              | 2          | 37,75                       | 10                        |
| Motor                     | 2          | 56,62                       | 15                        |
| TOTAL (todos componentes) |            | 1774,10                     | 470                       |

Tabela 6.1

## 6.2 Segunda solução – Faróis fixos orientados

Na segunda solução, colocaríamos dois faróis fixos (um de cada lado do veículo) orientados a um certo ângulo, além dos faróis convencionais dos veículos (Figura 6.4). Quando o veículo virar, a parte interior da curva será iluminada. O mecanismo atuaria ligando só o farol da parte interior da curva, o outro farol não se ativaria. Este mecanismo só se acionaria para velocidades pequenas do veículo, para evitar desta maneira o ofuscamento de outros veículos em rodovias rápidas.

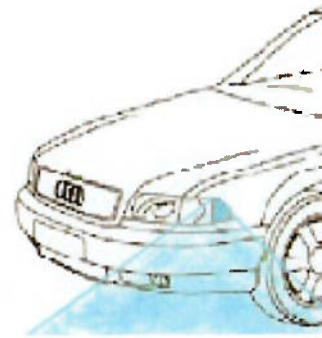


Fig.6.4

Tabela de preços do conjunto solução.

| Componentes                               | Quantidade | Preço unitário<br>aprox. (R\$) | Preço unitário<br>aprox. (€) |
|-------------------------------------------|------------|--------------------------------|------------------------------|
| Farol lateral (conjunto farol de xenônio) | 2          | 377,47                         | 100                          |
| Sistema de ativação                       | 1          | 150,99                         | 40                           |
| TOTAL (todos componentes)                 |            | 905,93                         | 240                          |

Tabela 6.2

## 6.3 Terceira solução – Faróis móveis

O sistema está formado por um conjunto compacto onde os elementos são imóveis entre eles. Esses elementos são os seguintes: farol, conjunto de espelhos, fonte de luz e carcaça (Fig. 6.5). O suporte do farol está montado sobre um motorzinho que permite a rotação do farol. Este motor deve ter propriedades concretas: deve estar preparado para movimentos de rotação curtos, rápidos, precisos e com mudanças no sentido da rotação contínuas e rápidas. A sua potência depende do peso do conjunto farol e das inércias do sistema; devemos lembrar que a força de rotação do motor se realiza contra a força de inércia quando o veículo vira. Um sistema de estabilização do conjunto permitirá os movimentos bruscos de ondulação no eixo transversal do veículo. Este último sistema funciona também com um motor parecido ao anterior que está controlado por um

computador que ativa a orientação do sistema farol. A carcaça serve para proteger o sistema de golpes e da entrada de fluidos e poeira nos motores e demais componentes internos, além de sustentar bem todo o sistema de iluminação à carroceria do veículo. E finalmente temos um sistema captador dos sinais de informação sobre o estado do veículo, que obtém os fatores da velocidade, o giro do veículo (captador no volante ou nas rodas). Um mini-computador deve processar esta informação, e seguindo uma relação, dar as ordens aos motores.

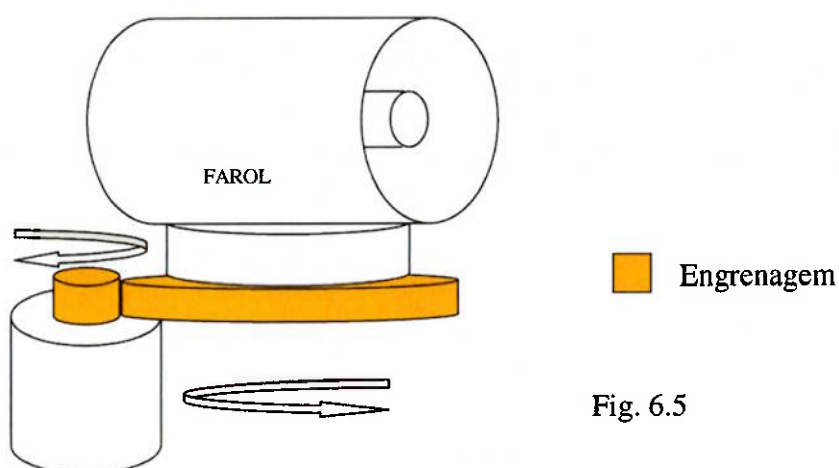


Fig. 6.5

Tabela de preços dos componentes:

| Componentes                           | Quantidade | Preço unitário<br>aprox. (R\$) | Preço unitário<br>aprox. (€) |
|---------------------------------------|------------|--------------------------------|------------------------------|
| Farol (bi-xenônio)                    | 2          | 528,46                         | 140                          |
| Motores movimento lateral             | 2          | 113,24                         | 30                           |
| Carcaça de plástico                   | 2          | 150,99                         | 40                           |
| Sistema controlador (mini-computador) | 1          | 94,37                          | 25                           |
| <b>TOTAL (todos componentes)</b>      |            | <b>1679,74</b>                 | <b>445</b>                   |

Tabela 6.3

nota 1: Conversão realizada segundo o valor da Cotação fixada pelo Banco Central do Brasil em 23/06/2004 [1€ = 3,77469 R\$]

nota 2: Os preços dos componentes de cada uma das soluções que foram propostas foram revisados e consultados por um especialista da empresa IDIADA\*. No Anexo IV tem uma lista com componentes e os seus preços.

## 7 MATRIZ DE SOLUÇÃO, VIABILIDADE DAS SOLUÇÕES PROPOSTAS

Antes de escolher a melhor solução entre as propostas no ponto anterior, citamos quais são as características que nosso sistema tem cumprir:

- capacidade de iluminar as laterais do veículo até um ângulo máximo de 90° para o farol interior da curva com relação ao eixo longitudinal do veículo;
- iluminar pelo menos até 120 metros de distância;
- luminosidade de pelo menos 2500 lm
- durabilidade - vida de uso de pelo menos 10 anos, parecido à vida útil de um veículo (excetuando as lâmpadas que tem uma vida estimada de 3200 horas de funcionamento).

Para escolher a solução usaremos a matriz de decisão. Esta ferramenta vai nos permitir escolher a solução ótima a partir dos critérios que achamos mais importantes, dando um valor a cada um deles (1-10) de maneira que aqueles critérios que têm um valor mais alto consideramos de maior importância. Para cada um desses critérios faremos uma avaliação segundo as três soluções propostas, para que ao final obtenhamos um valor que é o somatório dos produtos (critério x solução).

| <b>Crítérios de avaliação</b>                  | <b>Espelhos móveis (I)</b> | <b>Faróis fixos orientados (II)</b> | <b>Faróis móveis (III)</b> |
|------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| Simplicidade e flexibilidade de desenho<br>(7) | 3                          | 6                                   | 7                          |
| Qualidade de iluminação<br>(10)                | 7                          | 5                                   | 10                         |
| Durabilidade<br>(8)                            | 5                          | 8                                   | 8                          |
| Preço<br>(8)                                   | 5                          | 7                                   | 5                          |
| Robustez do sistema<br>(7)                     | 4                          | 8                                   | 7                          |
| Manutenção<br>(5)                              | 5                          | 8                                   | 5                          |
| <b>TOTAL</b>                                   | <b>224</b>                 | <b>308</b>                          | <b>327</b>                 |

Tabela 7.1

A continuação apresentaremos os aspetos tidos em conta na avaliação da solução ótima. Para simplificar os comentários sobre as soluções vamos nos referir às propostas da seguinte maneira: (I) Espelhos móveis, (II) Faróis fixos orientados, (III) Faróis móveis.

### **7.1 Simplicidade e flexibilidade de desenho**

Com estes dois aspectos queremos avaliar num primeiro lugar como é possível a solução oferecer um bom resultado com um desenho técnico de maneira simples, que não seja muito complicado e em segundo lugar, entendemos a flexibilidade de desenho como facilidade que o sistema oferece em caso de troca de qualquer peça numa necessidade.

### **7.2 Qualidade de iluminação**

Este critério consideramos que é o mais importante de todos dando um valor máximo de 10 porque nosso objetivo final é de iluminar mais e melhor.

### **7.3 Durabilidade**

Resistência do sistema que fará que ele tenha um ciclo de vida maior, tanto pelos materiais com que foi construído como pelos acabamentos.

### **7.4 Preço**

Neste ponto estamos tendo em conta quais são os preços (estimados) dos componentes das diferentes soluções (ver tabela para cada uma das soluções).

Por um valor de 240 euros, 905,93 reais, a solução (II) é mais barata e a solução (I) a mais cara das três.

### **7.5 Robustez do sistema**

Capacidade do sistema de aguentar golpes e falhas eletrônicas. A solução (I) é muito menos robusta que as outras duas porque se trata de um sistema complexo interiormente com componentes delicados.

## **7.6 Manutenção**

Facilidade para manter o sistema para que funcione em ótimas condições de uso. Uma vez lidas as soluções está bem claro que a solução (II) apresenta uma maior facilidade de manutenção já que dispõe de um sistema muito simples. No entanto, este aspecto é o de menor peso com um valor de 5.

## **7.7 Decisão da solução ótima**

Avaliados esses aspectos da tabela, vemos que a melhor solução é a terceira (III) mas poderia parecer que a segunda solução também pode ser uma solução boa já que o resultado obtido não difere muito daquela que chamamos de solução ótima, mas nos decidimos finalmente pela terceira solução porque essa oferece mais interesse desde um ponto de vista mecânico. Além disso, a segunda solução pode ser mais barata, mas só resolve o problema de iluminação lateral, (não levamos em conta a necessidade de luzes padrão de bi-xenônio para iluminar a estrada durante a condução normal) enquanto que as duas outras soluções são úteis para iluminar em qualquer circunstância.

## 8 ANÁLISE DA SOLUÇÃO ÓTIMA

### 8.1 Descrição do cálculo do ângulo de giro dos faróis

O objetivo do sistema é obter uma iluminação melhor. Para isso utilizamos os faróis bi-xenônio como veremos na continuação e esses giram adaptando-se à estrada e à condução do motorista. Mas o problema é: que ângulo devem girar em cada caso? Não podem seguir uma mesma função independentemente da velocidade. Existem algumas circunstâncias, como em rodovias, onde o sistema poderia ser mais um perigo que um sistema de segurança. A altas velocidades as curvas são menos fechadas e então não é necessário o sistema, e a sua aplicação poderia ofuscar os carros que circulam a altas velocidades no sentido contrário. Por isso achamos que a fórmula que calcula o giro dos faróis deve estar em função da velocidade. Consideramos que esta fórmula deve estar dividida em três intervalos de velocidades:

1. Entre 0 e 50 Km/h (uso urbano e estradas lentas) → Fórmula lenta
2. Entre 50 e 90 Km/h → Fórmula rápida
3. Entre 90 Km/h e o limite do carro (auto-estrada) → Sistema sem funcionar

As fórmulas são de cálculos parecidos, mas com giros menos acentuados no caso da *fórmula rápida*. Guardam relação com a **relação de Ackerman** aplicada na direção dos carros. Esta relação gira mais a roda interior do veículo nas curvas para ter um mesmo CIR (Figura 8.1)

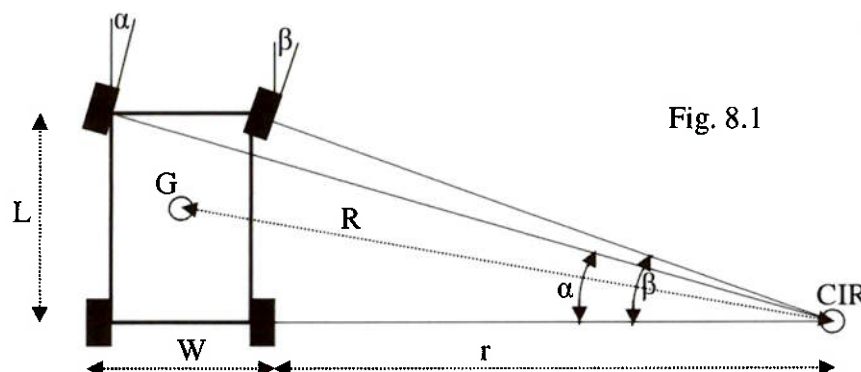


Fig. 8.1

$$\tan \alpha = \frac{L}{W + r}$$

$$\tan \beta = \frac{L}{r}$$

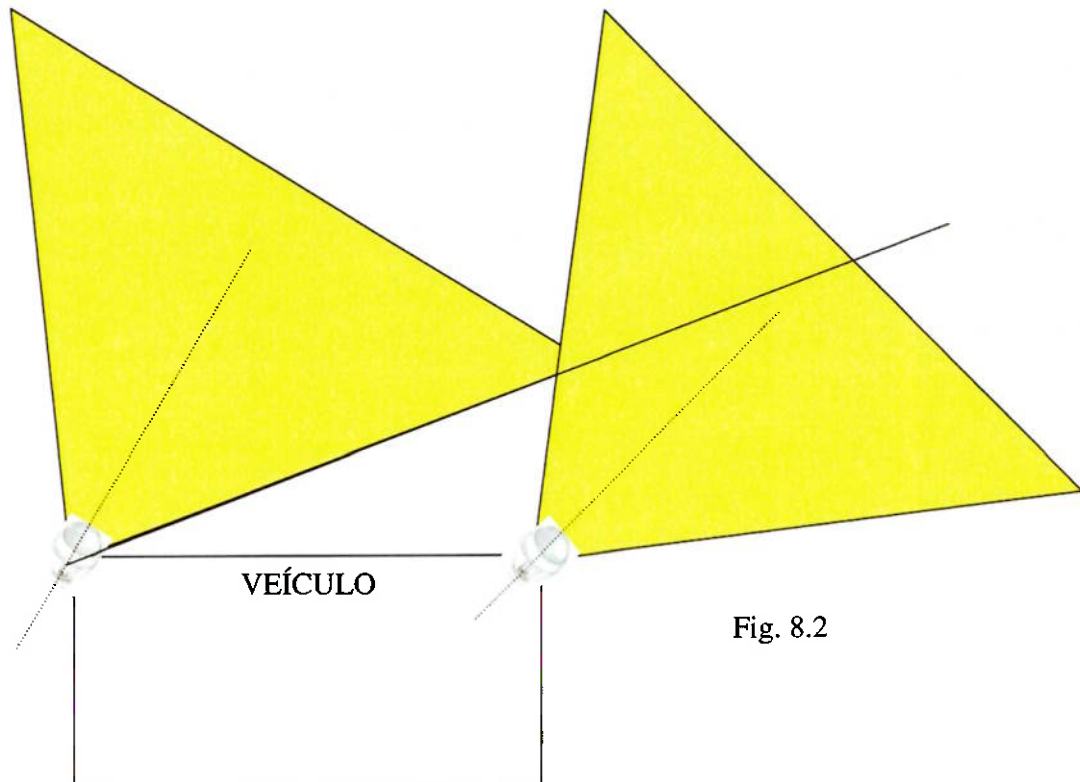


Fig. 8.2

O sistema controlador deve ordenar o giro exato em cada instante, e o ângulo que deve ficar cada farol por separado. Então as ordens a cada um dos faróis são independentes entre si mas relacionadas com a já citada fórmula.

Na folha excel em anexo expomos alguns exemplos de aplicação das fórmulas em função de diferentes raios de curvas e da velocidade do carro no momento. O fator velocidade não só é aplicado em intervalos mas também com um coeficiente que acentua mais o menos o ângulo de giro dos faróis inversamente proporcional à velocidade. A fórmula final tem limites superior e inferior: quando o carro circula a muita velocidade (mais de 90 Km/h) ou sem girar os faróis não giram e mantem o ângulo original. Nas situações limites de giro e a baixa velocidade o farol interno pode girar um ângulo máximo de 40° dando uma iluminação final da parte interna do feixe de luz total de 90° em relação à direção do veículo.

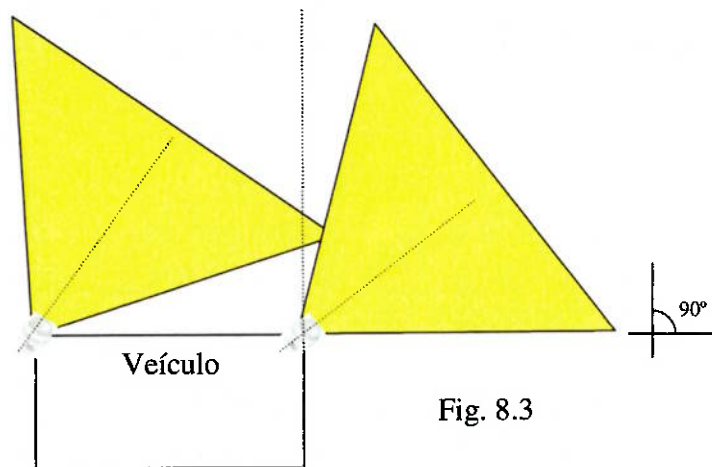


Fig. 8.3

Para a eleição do motor deve-se calcular a inércia que gera um cilindro que roda de proporções parecidas ao sistema farol mais a engrenagem. Consideramos que o conjunto é equivalente a um cilindro de 12 cm de diâmetro exterior, cavidade interior de 6 cm e uma altura de 10 cm. A sua densidade  $\rho = 5000 \text{ kg/m}^3$  será a média entre a densidade do aço ( $7800 \text{ kg/m}^3$ ) e do vidro ( $3000 \text{ kg/m}^3$ ):

Inércias e massa de cada farol:

$$I = \int_{R_{\text{int}}}^{R_{\text{ext}}} r^2 dm = 2\pi \cdot \rho \cdot t \cdot \int_{R_{\text{int}}}^{R_{\text{ext}}} r^3 dr = 2\pi \cdot \rho \cdot t \cdot \frac{(R_{\text{ext}}^4 - R_{\text{int}}^4)}{4} = \pi \cdot \rho \cdot t \cdot \frac{(D_{\text{ext}}^4 - D_{\text{int}}^4)}{32}$$

$$I = \pi \cdot 5000 \cdot 0,01 \cdot \frac{(0,12^4 - 0,06^4)}{32} \cdot \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ Kg}} = 0,059 \text{ g} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{Massa} = \pi \cdot 5000 \cdot 0,01 \cdot \frac{(0,06^2 - 0,03^2)}{4} \cdot \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ Kg}} = 424 \text{ g}$$

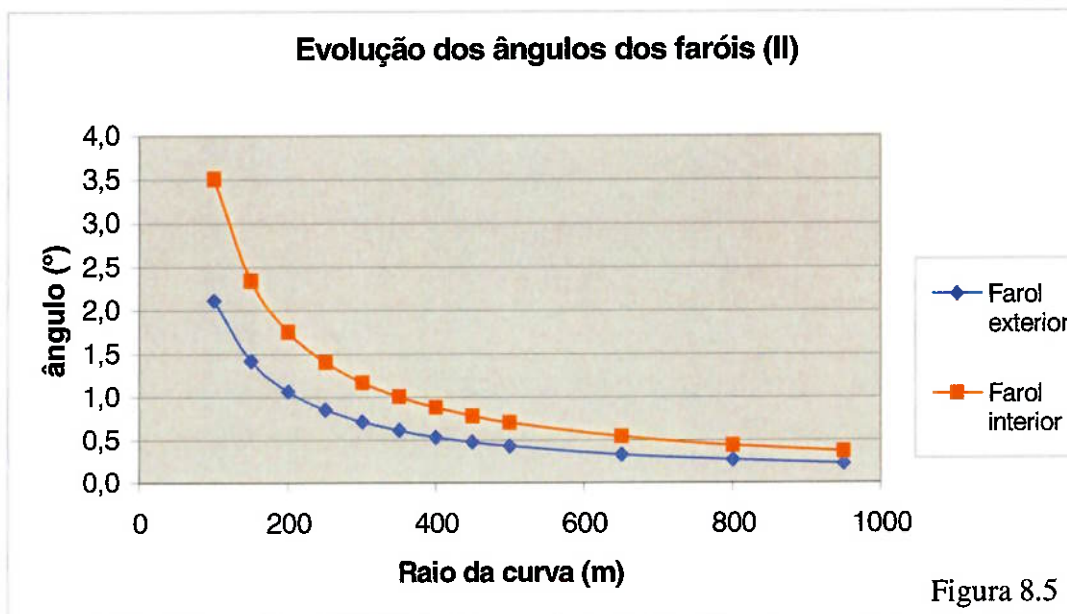
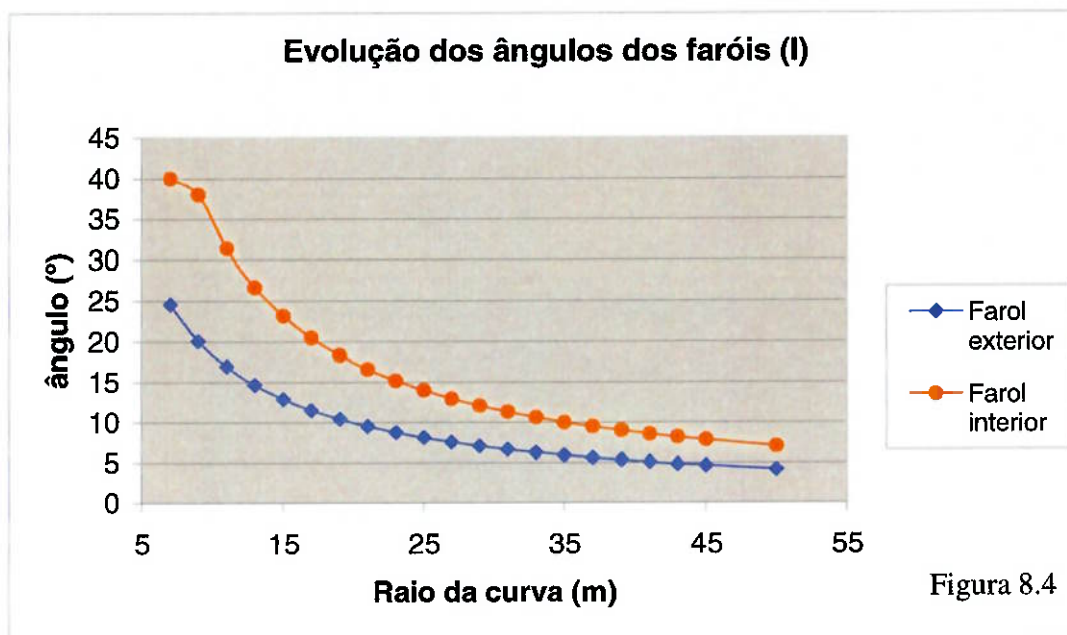
Considerando que o farol deve virar de um extremo a outro, uns  $65^\circ$  em um tempo máximo de 1 segundo a sua velocidade radial  $\omega$  deverá ser:

$$\omega \geq 65 \cdot \frac{1 \text{ rev}}{360} \cdot \frac{1}{1 \text{ segundo}} = 0,18 \text{ rev/s} \quad \text{então } \omega \geq 10,83 \text{ rpm}$$

Como podemos observar a exigência de rpm não é muito alta e qualquer dos motores com redutor pode oferecer essas prestações. O torque necessário seria inferior a 5 Nm e

uma potência de 40W seria também suficiente, então os motores que aparecem no anexo IV cumpririam as necessidades do sistema.

No estudo dinâmico fizemos uma simulação para mostrar os possíveis valores de rotação dos faróis externo e interno. Os resultados obtidos para certos ângulos de curvatura estão representados nas figuras seguintes (se quiser consultar os valores exatos para cada raio de curvatura, veja anexo III).



Esses dois gráficos representam a evolução dos ângulos dos faróis dependendo do ângulo de curvatura que o veículo se afrontou seguindo a relação de Ackerman. No primeiro gráfico da Fig. 8.4 estão calculados os ângulos  $f_1$  (farol exterior) e  $f_2$  (farol interior) para raios de curvatura pequenos entre 7 e 50 metros e para o gráfico da Fig. 8.5 para raios de curvatura maiores, de 100 até 1000 m. Pode-se comprovar que a curva de tendência segue uma evolução progressiva indo de um valor máximo de  $40^\circ$  até a posição neutra de  $0^\circ$ , sem saltos, é assim como o sistema do farol deve funcionar. Ista simulações não tem a influência da velocidade. Quando esta variável tem efeito se seguem as regras de fórmula rápida, lenta ou o sistema não funciona. A diferença entre a primeira e a segunda é o coeficiente aplicado. No primeiro caso, o coeficiente aplicado no ângulo de giro será o  $C_1$  que oscilará entre 1 e 0,9. Para a fórmula rápida se aplica o coeficiente  $C_2$  que oscilará entre 0,9 e 0,6. Vemos a evolução dos coeficientes:

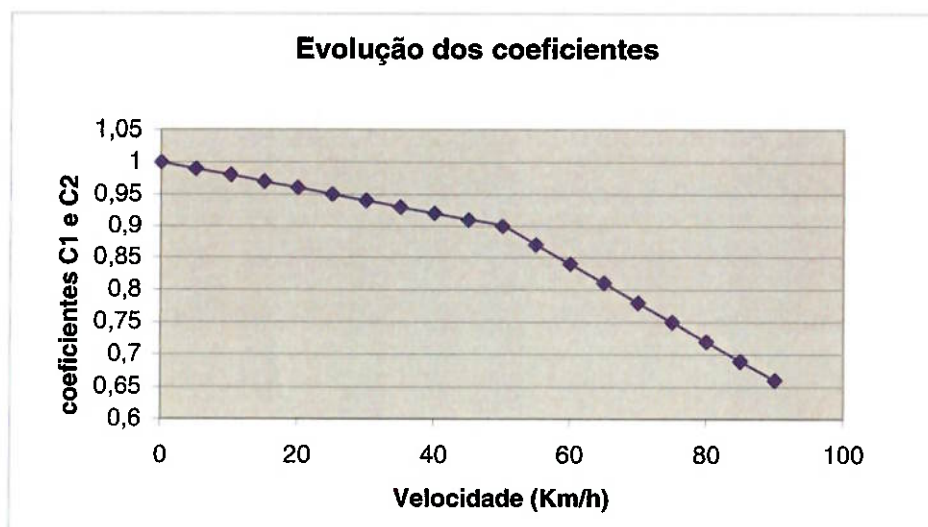


Figura 8.6

Para fazer a simulação em excel se utilizam as características de um carro de dimensões padrão; para calcular o ângulo que deve virar cada farol, que é proporcional à relação de Ackerman, devemos saber a distância entre eixos ( $L=2,5$  m) e a separação entre as rodas ( $W=1,5$  m). Estas dimensões são parecidas ao novo Audi A3 e a outros carros de características parecidas. Lembramos que a fórmula em excel tem como entrada estas duas variáveis e pode ser modificada facilmente.

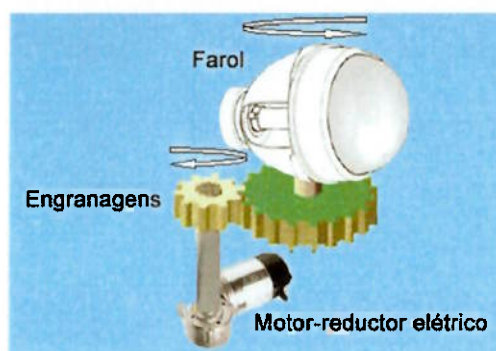


Figura 8.7

Tabela de preços dos componentes.

| Componentes                                                    | Quantidade | Preço unitário<br>aprox. (R\$) | Preço unitário<br>aprox. (€) |
|----------------------------------------------------------------|------------|--------------------------------|------------------------------|
| Lâmpada (bi-xenônio)                                           | 2          | 528,46                         | 140                          |
| Motores movimento lateral                                      | 2          | 105,69                         | 28                           |
| Carcaça de plástico                                            | 2          | 128,34                         | 34                           |
| Sistema de transmissão motor-farol                             | 2          | 33,97                          | 9                            |
| Protetores, isolantes                                          | 2          | 56,62                          | 15                           |
| Sistema controlador (mini-computador)                          | 1          | 94,37                          | 25                           |
| Sistema de captação de informações sobre a situação do veículo | 1          | 30,20                          | 8                            |
| TOTAL (todos componentes)                                      |            | 1830,72                        | 485                          |

Tabela 8.1

## 8.2 Eleição do tipo de luz utilizada

Como se explicou no ponto 5 deste projeto, temos diferentes tipos de luzes que poderíamos adaptar a nossa solução, finalmente nos decidimos pelas lâmpadas do tipo bi-xenônio, pois embora seja o tipo de lâmpada mais cara de todas, é a solução que oferece maior qualidade de iluminação (Figura 8.8), e pela simplicidade de desenho.

Um maior rendimento luminoso deste sistema aumenta a segurança ativa, já que se podem ver os perigos com maior antecipação e se dispõe de mais tempo de reação.

Nota: Não contemplamos a idéia de trabalhar com os leds porque embora apresente as maiores qualidades de iluminação ainda é uma tecnologia em estudo não muito desenvolvida.

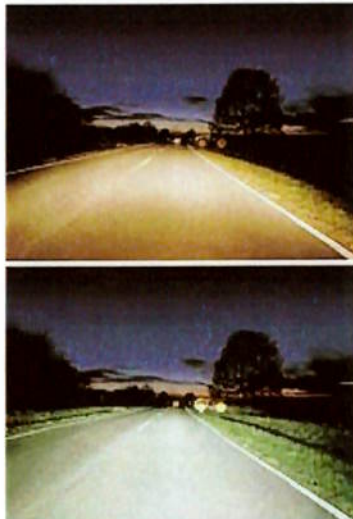


Fig. 8.8

a) Foto onde se mostra a iluminação da estrada com uma luz alógena.

b) Nesta outra foto se mostra a iluminação da mesma estrada com lâmpadas de xenônio, pode-se comprovar que a luz de xenônio é muito mais branca e ilumina uma distancia maior do que a lâmpada convencional alógena

A solução ótima obtida da matriz anterior estará composta por diferentes componentes: lâmpadas de bi-xenônio nos faróis, motores-redutores, carcaças de plástico, engrenagens que conectam o motor com a plataforma do farol, protetores-isolantes, sistema controlador (mini-computador) e sistema que obtém as informações (detectores). Com todos esses componentes, o valor final estimado do sistema de iluminação será de R\$ 1800.

Para uma boa iluminação os faróis deverão girar um ângulo preciso em cada situação: cada um deve girar um ângulo diferente, e adaptando a relação de Ackerman das rodas o farol interior terá um ângulo maior do que o exterior. Isto permite uma maior largura do feixe de luz total do veículo. Outras variáveis, como a velocidade do carro, afetam os ângulos de giro de cada farol. Existem três intervalos de velocidades nos quais os giros serão mais ou menos acentuados, quanto mais velocidade, menos devem girar os faróis para evitar ofuscamento nas estradas rápidas.

## 9 CONCLUSÕES

Uma vez finalizada nossa análise da solução ótima, podemos concluir o seguinte: a solução ótima proposta é uma possível via de resolver o problema da iluminação nos veículos que melhora significativamente a iluminação nas curvas, dispõe da última gama de lâmpadas e apresenta uma solução mecânica para resolver o problema de insuficiência de luz. A decisão de escolher as lâmpadas de bi-xenônio representou uma subida importante no preço final, mas consideramos que era um componente importante no sistema porque iluminam uma zona maior da estrada e com maior nitidez que os sistemas convencionais. Podem-se reconhecer os perigos muito antes, permitindo que o motorista esteja mais relaxado pela noite.

Pode-se comprovar que os sistemas atuais de iluminação ainda têm muito para oferecer ao motorista, estas melhorias que se irão adaptando com o passar do tempo e dos avanços tecnológicos, contribuirão em definitivo para propor uma segurança maior do veículo e do seu entorno. Como toda nova tecnologia de hoje em dia, esta, por enquanto, só está ao alcance de umas poucas pessoas, que dispõem do dinheiro para permitir-se este pequeno luxo, mas, num futuro se implantará nos veículos convencionais de fabricação em série.

## 10 LISTA DE REFERÊNCIAS

- Ametller, Antoni, Barcelona, 1983, “Mecánica en los automóviles”, Ed. Santarin,
- Aparicio Izquierdo, F., 1995 “Teoría de los vehículos automóviles”, Universidad Politécnica de Madrid, Espanha.
- Born, M., 1999 “Principles of optics : electromagnetic theory of propagation, interference and diffraction of light” Cambridge; New York : Cambridge University Press.
- Gillespie, Thomas D. 1992, “Fundamentals of Vehicle Dynamics”, Society of Automotive Engineers, Inc., pp. 195-197
- Heisler, H., 1989, “Advanced vehicle technology”, London.
- Liesa Mestres, F., 2003, “Vehículos”, Vol.1 CPDA, Barcelona, Espanha.

- [1] <http://elmundomotor.elmundo.es/elmundomotor/2004/05/03/tecnica/1083599707.html>  
3 de maio 2004, autor: F. I. LIZUNDIA
- [2] Parágrafo 2.7.26. da *Regulation No 48 Draft Amendement on AFS*, working paper No 6-06 (17-19 fevereiro 2004)
- [3] Parágrafo 6.20.1 da *Regulation No 48 Draft Amendement on AFS*, working paper No 6-06 (17-19 fevereiro 2004)
- [4] Parágrafo 4.2.2.5 da *Regulamentação No 7 sobre as Prescrições relativas à homologação das luzes dianteiras...*(16 julho 2003)
- [5] Parágrafo 6.1 nota 2 da *Regulamentação No 7 sobre as Prescrições relativas à homologação das luzes dianteiras...*(16 julho 2003)
- [6] Anexo 1, primeira frase, da *Regulamentação No 7 sobre as Prescrições relativas à homologação das luzes dianteiras...*(16 julho 2003)

<http://www.all4engineers.com> (site web sobre o mundo do automóvel)

<http://www.autoindustria.com/index.cfm> (site web espanhol sobre o mundo do automóvel)

<http://automobile.sae.org> (site dedicado a publicações tecnológicas e competições sobre o mundo do automóvel)

<http://www.autoweb-france.com> (site web sobre o mundo dos automóveis)

<http://carroonline.terra.com.br> (site web dedicado ao mundo dos carros)

<http://elmundomotor.elmundo.es> (site com artigos sobre veículos)

<http://www.hella.com> (empresa que fabrica acessórios de automóveis)

<http://www.idiada.es> (empresa espanhola que presta serviços de homologação e engenharia veicular)

<http://www.marca.com> (revista espanhola de esporte)

<http://www.micoche.com> (revista de automóveis)

<http://www.unece.org/trans/main/> (site com artigos das homologações)

<http://www.valeo.fr> (empresa que fabrica componentes de automóveis)

## 11 GLOSSÁRIO

*CEE*: Comunidade Econômica Européia

*ECE*: United Nations Economic Commission for Europe

*LED*: Light Emissor Diode é um dispositivo semicondutor que emite radiação visível, infravermelha ou ultravioleta quando se faz passar um fluxo de corrente elétrica através deste em sentido direto.

*IDIADA*: é um laboratório oficial para a homologação segundo diretivas CEE\*, regulamentos ECE\* e regulamentos nacionais, incluindo a homologação de tipo da União Européia, creditado a tal efeito pelo Ministério de Indústria e Energia e reconhecido pelos correspondentes organismos internacionais.

*XENONIO*: Elemento químico de num. Atômico. 54. Gás nobre presente no ar em pequenas quantidades, denso, incolor e não totalmente inerte. Utiliza-se como gás de preenchimento de lâmpadas e tubos eletrônicos.

## ANEXOS

### ANEXO I (Tipos de luzes exteriores que se pode achar num veículo)

- CATADIÓPTRICO - dispositivo de reflexão e refração da luz utilizado na sinalização de vias e veículos (olho-de-gato).
- LUZ ALTA - fecho de luz do veículo destinado a iluminar a via até uma grande distância do veículo.
- LUZ BAIXA - fecho de luz do veículo destinada a iluminar a via diante do veículo, sem ocasionar ofuscamento ou incômodo injustificáveis aos condutores e outros usuários da via que venham em sentido contrário.
- LUZ DE FREIO - luz do veículo destinada a indicar aos demais usuários da via, que se encontram atrás do veículo, que o condutor está aplicando o freio de serviço.
- LUZ INDICADORA DE DIREÇÃO (pisca-pisca) - luz do veículo destinada a indicar aos demais usuários da via que o condutor tem o propósito de mudar de direção para a direita ou para a esquerda.
- LUZ DE MARCHA À RÉ - luz do veículo destinada a iluminar atrás do veículo e advertir aos demais usuários da via que o veículo está efetuando ou a ponto de efetuar uma manobra de marcha à ré.
- LUZ DE NEBLINA - luz do veículo destinada a aumentar a iluminação da via em caso de neblina, chuva forte ou nuvens de pó.
- LUZ DE POSIÇÃO (lanterna) - luz do veículo destinada a indicar a presença e a largura do veículo.
- PISCA-ALERTA - luz intermitente do veículo, utilizada em caráter de advertência, destinada a indicar aos demais usuários da via que o veículo está imobilizado ou em situação de emergência.

## ANEXO II (Conceitos básicos sobre a natureza da luz)

Os máximos protagonistas que explicam a natureza da luz são Issac Newton e Cristian Huygens. Ambos cientistas foram da mesma época e conheceram-se em 1689. Um ano mais tarde aparece a obra de Huygens, no passo que Newton publica sua obra somente em 1704. Em suas obras aparecem as duas teorias clássicas sobre a natureza da luz: *a ondulatória e a corpuscular*.

### II.1 Teoria corpuscular

Esta teoria surgiu graças a Newton (1642-1726). A luz está composta por pequenas partículas materiais emitidas a grande velocidade em linha reta por corpos luminosos. A direção de propagação destas partículas recebe o nome de raio luminoso.

A teoria do Newton fundamenta-se nos seguintes pontos:

- **Propagação retilínea.** A luz se propaga em linha reta porque os corpúsculos que a formam se mexem a grande velocidade.
- **Reflexão.** Quando a luz encontra um espelho se reflete. Newton explicava este fenômeno falando que as partículas luminosas são perfeitamente elásticas e portanto a reflexão cumpre as leis do choque elástico.
- **Refração.** O fato de que a luz mude a sua velocidade em meios de distinta densidade, mudando a direção de propagação, tem difícil explicação com a teoria corpuscular. Não obstante, Newton supôs que a superfície de separação de dois meios de diferente índice de refração exercia uma atração sobre as partículas luminosas, aumentando desta maneira a componente normal da velocidade, enquanto a componente tangencial permanecia invariável. Conforme esta teoria a luz se propagaria com maior velocidade em meios mais densos. É um dos pontos fracos da teoria corpuscular.

### II.2 Teoria ondulatória

Foi idéia do físico holandês C. Huygens. A luz se propaga mediante ondas mecânicas emitidas por um foco luminoso. A luz para se propagar necessitava um meio material de grande elasticidade, porque a luz também se propaga em ele. A este meio se chamou éter.

A energia luminosa não está concentrada em cada partícula, como na teoria corpuscular mas sim está repartida por toda a frente de onda. A frente de onda é perpendicular às direções de propagação. A teoria ondulatória explica perfeitamente os fenômenos luminosos por meio de uma construção geométrica chamada princípio de Huygens. Além disso, segundo esta teoria, a luz propaga-se com maior velocidade nos meios menos densos. Apesar disso, a teoria de Huygens foi esquecida durante um século por causa a grande autoridade de Newton.

Em 1801 o inglês T. Young deu um grande impulso à teoria ondulatória explicando o fenômeno das interferências e medindo os comprimentos de onda correspondentes as distintas cores do espectro.

A teoria corpuscular era inadequada para explicar o fato de que os raios luminosos, ao incidir em um ponto possam originar obscuridade.

### **II.3 Natureza dual da luz**

No final do século XIX já se sabia que a velocidade da luz na água era menor que a velocidade da luz no ar, contrariamente às hipóteses da teoria corpuscular de Newton. Em 1864 Maxwell obteve uma série de equações fundamentais do eletromagnetismo e previu a existência de ondas eletromagnéticas. Maxwell supôs que a luz representava uma pequena porção do espectro de ondas eletromagnéticas. Hertz confirmou experimentalmente a existência dessas ondas.

O estudo de outros fenômenos como a radiação do corpo negro, o efeito fotoelétrico e os espectros atômicos manifestaram a impotência da teoria ondulatória para explicá-los. Em 1905, baseando-se na teoria quântica de Planck, Einstein explicou o efeito por meio de corpúsculos de luz que ele chamou fótons. Bohr em 1912 explicou o espectro de emissão do átomo de hidrogênio, utilizando os fótons, e Compton em 1922 o efeito que leva seu nome se apoiando na teoria corpuscular da luz.

Apareceu um grave estado de incomodidade ao achar que a luz se comporta como onda eletromagnética nos fenômenos de propagação, interferências e difração e como corpúsculo na interação com a matéria. Não há por quê prender-se à idéia de incompatibilidade entre as ondas e os corpúsculos, trata-se de dois aspectos diferentes da mesma questão que não só não se excluem, como também se complementam.



(1)



(2)



(3)



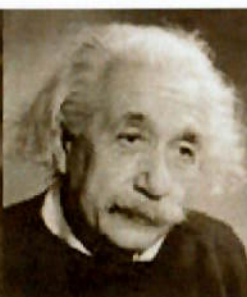
(4)



(5)



(6)



(7)



(8)



(9)

|   |                      |           |
|---|----------------------|-----------|
| 1 | Isaac Newton         | 1643-1727 |
| 2 | Christian Huygens    | 1629-1695 |
| 3 | Thomas Young         | 1773-1829 |
| 4 | James Clerk Maxwell  | 1831-1879 |
| 5 | HERTZ                | 1857-1894 |
| 6 | Max Planck           | 1858-1947 |
| 7 | Albert Einstein      | 1879-1955 |
| 8 | Niels Bohr           | 1885-1962 |
| 9 | Arthur Holly Compton | 1892-1962 |

**ANEXO III (Resultados obtidos da solução ótima)**

Ângulos de deslocamento  $\alpha$  e  $\beta$  das rodas exterior e interior respectivamente.

Ângulos de deslocamento  $f1$  e  $f2$  dos faróis segundo o raio de curvatura.

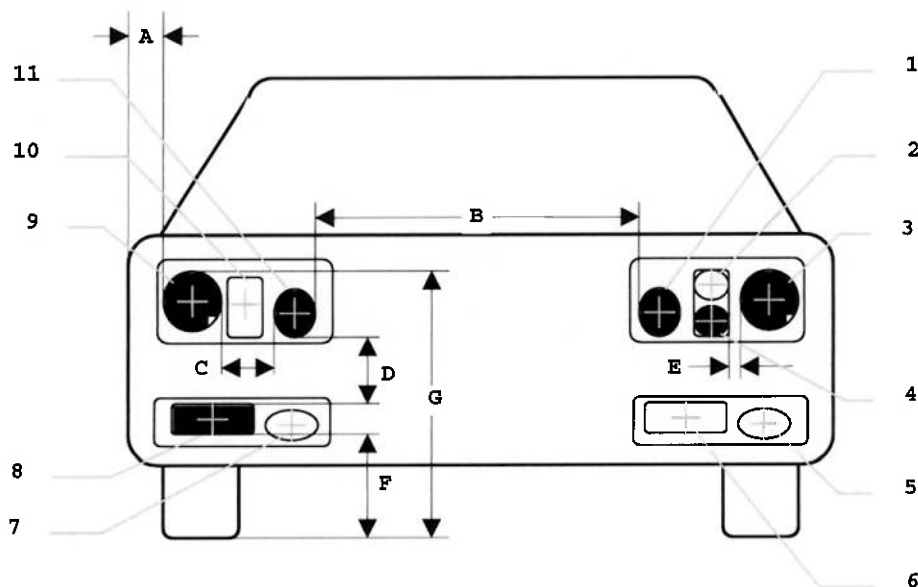
| Raio da curva (m) | Ackerman            |                    | (<40°)           |                  |
|-------------------|---------------------|--------------------|------------------|------------------|
|                   | $\alpha$ (roda ext) | $\beta$ (roda int) | $f1$ (farol ext) | $f2$ (farol int) |
| 7                 | 16,39               | 19,65              | 24,58            | 40,00            |
| 15                | 8,62                | 9,46               | 12,92            | 23,18            |
| 23                | 5,83                | 6,20               | 8,74             | 15,20            |
| 31                | 4,40                | 4,61               | 6,60             | 11,30            |
| 45                | 3,08                | 3,18               | 4,62             | 7,79             |
| 50                | 2,78                | 2,86               | 4,17             | 7,01             |
| 100               | 1,41                | 1,43               | 2,12             | 3,51             |
| 500               | 0,29                | 0,29               | 0,43             | 0,70             |
| 1400              | 0,10                | 0,10               | 0,15             | 0,25             |
| 2000              | 0,07                | 0,07               | 0,11             | 0,18             |
| 2900              | 0,05                | 0,05               | 0,07             | 0,12             |
| 3000              | 0,05                | 0,05               | 0,07             | 0,12             |

Para um carro equivalente a o Audi A3 com as seguintes características:

| W<br>(largura) | L (dist<br>eixos) |
|----------------|-------------------|
| 1,5            | 2,5               |

#### **ANEXO IV (Documentos das referências sobre homologação e preços de componentes)**

Extraído da *Pagina 6/13 da Regulation No 48 Draft Amendement on AFS* , working paper  
No 6-06 (17-19 fevereiro 2004)



Lighting units being simultaneously energized for a given lighting mode: 

- No.3 and 9: two symmetrically placed lighting units
- No.4 and 8: two additional lighting units
- No.1 and 11: two symmetrically placed lighting units

Lighting units not being energized for said lighting mode: 

- No.2 and 10: (two symmetrically placed lighting units)
- No.5: (additional lighting unit)
- No.6 and 7: (two symmetrically placed lighting units)

horizontal dimensions in mm:

- $A \leq 400$
- $B \geq 600$  or  $\geq 400$  if vehicle overall width  $< 1300$  mm, however  
no requirement for category M1 and N1 vehicles
- $C \leq 200$
- $E \leq 140$

vertical dimensions in mm:

- $D \leq 400$
- $F \geq 250$
- $G \leq 1200$

*When a beam from a front fog lamp is activated as part of another lighting function provided by an AFS the axis of this beam may be automatically moved sideways.*

6.3.6.2. Vertical orientation

*When a beam from a front fog lamp is activated as part of a dipped beam provided by an AFS it has to comply with the requirements of paragraph 6.20.6.1. of this Regulation."*

Paragraph 6.3.7., amend to read:

"6.3.7. Electrical connections

*It must be possible to switch the front fog lamps ON and OFF independently of the main-beam headlamps, the dipped-beam headlamps or any combination of main- and dipped-beam headlamps, unless the front fog lamps are used as part of another lighting function in an AFS; however, the switching ON of the front fog lamps function shall have the priority over the function for which the front fog lamps are used as a part."*

Paragraph 6.5.3., amend to read:

*".....on all vehicles in categories O<sub>2</sub> O<sub>3</sub> and O<sub>4</sub>.*

*Where an AFS is fitted, the distance to be considered for the choice of the category is the distance between the front direction indicator lamp and the closest lighting unit in its closest position contributing to or performing a passing beam mode."*

Paragraph 6.9.9., amend to read:

"6.9.9. Other requirements

*In case an AFS providing a bending mode is installed, the front position lamp may be swivelled together with a lighting unit to which it is reciprocally incorporated."*

Insert new paragraphs 6.20. to 6.20.9.4., to read; (Note: final numbering to be actualized, e.g. 6.22...)

"6.20. ADAPTIVE FRONT LIGHTING SYSTEM (AFS)

*Where not otherwise specified below, the requirements for main-beam headlamps (paragraph 6.1.) and for dipped-beam headlamps (paragraph 6.2.) of this Regulation apply to the relevant part of the AFS.*

6.20.1. Presence

*Optional on motor vehicles. Prohibited on trailers.*

6.20.2. Number

Paragraphe 6.1., la cinquième colonne du tableau, modifier comme suit (le renvoi au "(par. 4.2.2.6.)" à supprimer :

"Total pour l'ensemble de deux feux ou plus"

Paragraphe 6.1, note 2/, modifier comme suit :

"2/ On obtient la valeur totale de l'intensité maximale d'un ensemble de deux feux ou plus en multipliant par 1,4 la valeur prescrite pour un feu simple.

Lorsqu'un ensemble de deux feux ou plus ayant la même fonction est considéré, aux fins de l'installation sur un véhicule, comme "un feu simple" (conformément à la définition du Règlement No 48 et à sa série d'amendements en vigueur au moment de la demande d'homologation de type), cet ensemble doit avoir l'intensité minimale requise lorsqu'un feu est défectueux, et tous les feux ensemble ne doivent pas dépasser l'intensité maximale admissible (dernière colonne du tableau).

Dans le cas d'un feu simple ayant plus d'une source lumineuse :

- i) toutes les sources lumineuses qui sont branchées en série sont considérées comme une seule et même source lumineuse;
- ii) le feu doit satisfaire à l'intensité minimale requise en cas de défaillance de l'une des sources lumineuses. Cependant, dans le cas de feux conçus pour deux sources lumineuses seulement, une intensité minimale de 50 % dans l'axe de référence du feu est considérée comme suffisante, à condition que la fiche de communication contienne une note précisant que le feu en question ne peut être utilisé que sur un véhicule équipé d'un témoin de fonctionnement indiquant la défaillance de l'une ou l'autre de ces deux sources lumineuses.
- iii) lorsque toutes les sources lumineuses sont allumées, l'intensité maximale prescrite pour un feu simple peut être dépassée à condition que le feu en question ne porte pas la mention "D" et que l'intensité maximale prévue pour un ensemble de deux feux ou plus (dernière colonne du tableau) ne soit pas dépassée."

Paragraphe 6.2.4.2., ajouter le texte suivant :

".....

Lorsque le feu-position arrière ou le feu-stop ou les deux contiennent plus d'une source lumineuse et sont considérés comme des feux simples selon la définition de la note 2 du tableau du paragraphe 6.1. ci-dessus, les valeurs à considérer sont celles obtenues lorsque toutes les sources lumineuses fonctionnent;"

- 14.2.3. À l'expiration d'une période de 48 mois après la date d'entrée en vigueur du Complément 6 à la série 02 d'amendements, les Parties contractantes appliquant le présent Règlement peuvent interdire le montage d'un feu, tel que décrit au paragraphe 14.1. ci-dessus, qui ne satisfait pas aux prescriptions de ce Règlement tel qu'il est modifié par le Complément 6 à la série 02 d'amendements sur un véhicule neuf auquel une homologation de type nationale ou individuelle a été accordée plus de 24 mois après la date d'entrée en vigueur du Complément 6 à la série 02 d'amendements à ce Règlement.
- 14.2.4. À l'expiration d'une période de 60 mois après la date d'entrée en vigueur du Complément 6 à la série 02 d'amendements, les Parties contractantes appliquant le présent Règlement peuvent interdire le montage d'un feu, tel que décrit au paragraphe 14.1. ci-dessus, qui ne satisfait pas aux prescriptions de ce Règlement tel qu'il est modifié par le Complément 6 à la série 02 d'amendements sur un véhicule neuf immatriculé pour la première fois plus de 60 mois après la date d'entrée en vigueur du Complément 6 à la série 02 d'amendements à ce Règlement."

Annexe 1, première phrase, modifier comme suit :

"Dans tous les cas, les angles verticaux minimaux de répartition de la lumière dans l'espace sont de 15° au-dessus et de 15° au-dessous de l'horizontale pour toutes les catégories de dispositif visées par le présent Règlement, à l'exception :

- a) Des feux ayant une hauteur de montage autorisée 750 mm au-dessus du sol, pour lesquels ils sont de 15° au-dessus et de 5° au-dessous de l'horizontale;
- b) Des feux stop de la catégorie S3, pour lesquels ils sont de 10° au-dessus et de 5° au-dessous de l'horizontale."

Annexe 2, point 9., lire :

- "9. Description sommaire 3/ : .....  
.....
- Par catégorie de feu : .....
  - Pour montage à l'extérieur ou l'intérieur ou les deux 2/
  - Couleur de la lumière émise : rouge / jaune selectif / blanc 2/
  - Nombre et catégorie de lampe(s) à incandescence: .....  
.....  
.....
  - Tension de la source d'alimentation spéciale:.....Volts

## M or MB

**Speed Range: 25 – 970 r.p.m.**

### Variable Speed – D.C. Permanent Magnet

Enclosures: – PM 1–PM 2–PM 6 – Drip Proof Internal Fan Cooled (IP 21)  
PM 3–PM 4–PM 5 – Totally Enclosed (IP 54)



**PM 60 M with terminal box**



PM 1 MB



PM 1 MF

### ■ Voltage, Construction, Connections, Motor Performance

**Specifications and Optional Extras** see pages 72 and 74 for full details.

Hollow shaft available on request maximum internal diameter 8mm.

(1 Nm = 8.85 lbs. ins.) (1 Nm = 10.2 cmkp)

| Cont<br>1 Hour   |                 | PM 1 M/MB<br>PM 3 M/MB                 | PM 2 M/MB<br>PM 4 M/MB | PM 6 M/MB<br>PM 5 M/MB |                 | PM 1 M/MB<br>PM 3 M/MB     | PM 2 M/MB<br>PM 4 M/MB | PM 6 M/MB<br>PM 5 M/MB |                 | PM 1 M/MB<br>PM 3 M/MB     | PM 2 M/MB<br>PM 4 M/MB | PM 6 M/MB<br>PM 5 M/MB |                 | PM 1 M/MB<br>PM 3 M/MB     | PM 2 M/MB<br>PM 4 M/MB | PM 6 M/MB<br>PM 5 M/MB |
|------------------|-----------------|----------------------------------------|------------------------|------------------------|-----------------|----------------------------|------------------------|------------------------|-----------------|----------------------------|------------------------|------------------------|-----------------|----------------------------|------------------------|------------------------|
|                  |                 | 40 watts<br>Motor Rating @ 1500 r.p.m. | 50 watts               | 60 watts               |                 | 60 watts                   | 80 watts               | 100 watts              |                 | 90 watts                   | 120 watts              | 150 watts              |                 | 120 watts                  | 160 watts              | 200 watts              |
|                  |                 | Motor Rating @ 1500 r.p.m.             |                        |                        |                 | Motor Rating @ 2000 r.p.m. |                        |                        |                 | Motor Rating @ 3000 r.p.m. |                        |                        |                 | Motor Rating @ 4000 r.p.m. |                        |                        |
| GEARBOX<br>RATIO | FINAL<br>R.P.M. | OUTPUT TORQUE (Nm)                     |                        |                        | FINAL<br>R.P.M. | OUTPUT TORQUE (Nm)         |                        |                        | FINAL<br>R.P.M. | OUTPUT TORQUE (Nm)         |                        |                        | FINAL<br>R.P.M. | OUTPUT TORQUE (Nm)         |                        |                        |
|                  |                 | COMPOSITE                              |                        |                        |                 | COMPOSITE                  |                        |                        |                 | COMPOSITE                  |                        |                        |                 | COMPOSITE                  |                        |                        |
| 60:1             | 25              | 5.4                                    | 5.9                    | 5.9                    | 33              | 5.9                        | 5.9                    | —                      | 50              | 5.9                        | —                      | —                      | 66              | 5.9                        | —                      | —                      |
| 48:1             | 31              | 5                                      | 5.9                    | 5.9                    | 42              | 5.6                        | 5.9                    | —                      | 63              | 5.6                        | —                      | —                      | 83              | 5.9                        | —                      | —                      |
| 40:1             | 38              | 4.5                                    | 5.3                    | 6.4                    | 50              | 5                          | 6.3                    | 7.8                    | 75              | 5                          | 6.3                    | 7.8                    | 100             | 5                          | 6.3                    | 7.8                    |
| 36:1             | 42              | 4.1                                    | 4.7                    | 5.6                    | 56              | 4.5                        | 5.6                    | 7                      | 83              | 4.5                        | 5.6                    | 7                      | 111             | 4.5                        | 5.6                    | 7                      |
| 33:1             | 45              | 3.8                                    | 4.5                    | 5.4                    | 61              | 4.3                        | 5.4                    | 6.7                    | 91              | 4.3                        | 5.4                    | 6.7                    | 121             | 4.3                        | 5.4                    | 6.7                    |
| 30:1             | 50              | 3.6                                    | 4.2                    | 5                      | 67              | 4                          | 5                      | 6.2                    | 100             | 4                          | 5                      | 6.2                    | 133             | 4                          | 5                      | 6.2                    |
| 27:1             | 56              | 3.3                                    | 3.8                    | 4.6                    | 74              | 3.6                        | 4.5                    | 5.6                    | 111             | 3.6                        | 4.5                    | 5.6                    | 148             | 3.6                        | 4.5                    | 5.6                    |
| 25:1             | 60              | 3.1                                    | 3.7                    | 4.4                    | 80              | 3.5                        | 4.4                    | 5.5                    | 120             | 3.5                        | 4.4                    | 5.5                    | 160             | 3.5                        | 4.4                    | 5.5                    |
| 22 1/2:1         | 67              | 3                                      | 3.6                    | 4.3                    | 89              | 3.4                        | 4.3                    | 5.4                    | 133             | 3.4                        | 4.3                    | 5.4                    | 178             | 3.4                        | 4.3                    | 5.4                    |
| 20 1/2:1         | 73              | 2.8                                    | 3.3                    | 3.9                    | 98              | 3.1                        | 3.9                    | 4.8                    | 146             | 3.1                        | 3.9                    | 4.8                    | 195             | 3.1                        | 3.9                    | 4.8                    |
| 18 1/2:1         | 81              | 2.5                                    | 2.9                    | 3.5                    | 110             | 2.8                        | 3.5                    | 4.4                    | 162             | 2.8                        | 3.5                    | 4.4                    | 216             | 2.8                        | 3.5                    | 4.4                    |
| 16 1/2:1         | 91              | 2.4                                    | 2.8                    | 3.4                    | 121             | 2.7                        | 3.4                    | 4.2                    | 182             | 2.7                        | 3.4                    | 4.2                    | 242             | 2.7                        | 3.4                    | 4.2                    |
| 15 1/2:1         | 97              | 2.3                                    | 2.7                    | 3.2                    | 129             | 2.6                        | 3.3                    | 4                      | 194             | 2.6                        | 3.3                    | 4                      | 258             | 2.6                        | 3.3                    | 4                      |
| 14 1/2:1         | 103             | 2.2                                    | 2.6                    | 3.1                    | 138             | 2.5                        | 3.1                    | 3.8                    | 207             | 2.5                        | 3.1                    | 3.8                    | 276             | 2.5                        | 3.1                    | 3.8                    |
| 13 1/3:1         | 113             | 2                                      | 2.4                    | 2.9                    | 150             | 2.3                        | 2.9                    | 3.6                    | 225             | 2.3                        | 2.9                    | 3.6                    | 300             | 2.3                        | 2.9                    | 3.6                    |
| 12 1/3:1         | 120             | 1.9                                    | 2.2                    | 2.6                    | 160             | 2.1                        | 2.6                    | 3.2                    | 240             | 2.1                        | 2.6                    | 3.2                    | 320             | 2.1                        | 2.6                    | 3.2                    |
| 11 1/3:1         | 132             | 1.8                                    | 2.1                    | 2.5                    | 176             | 2                          | 2.5                    | 3.1                    | 265             | 2                          | 2.5                    | 3.1                    | 353             | 2                          | 2.5                    | 3.1                    |
| 10 1/3:1         | 145             | 1.7                                    | 2                      | 2.4                    | 194             | 1.9                        | 2.4                    | 3                      | 290             | 1.9                        | 2.4                    | 3                      | 387             | 1.9                        | 2.4                    | 3                      |
| 9 1/3:1          | 161             | 1.6                                    | 1.8                    | 2.2                    | 214             | 1.8                        | 2.2                    | 2.7                    | 321             | 1.8                        | 2.2                    | 2.7                    | 429             | 1.8                        | 2.2                    | 2.7                    |
| 8 1/3:1          | 180             | 1.5                                    | 1.7                    | 2                      | 240             | 1.6                        | 2                      | 2.5                    | 360             | 1.6                        | 2                      | 2.5                    | 480             | 1.6                        | 2                      | 2.5                    |
| 7 1/4:1          | 207             | 1.4                                    | 1.6                    | 1.9                    | 276             | 1.5                        | 1.9                    | 2.4                    | 414             | 1.5                        | 1.9                    | 2.4                    | 552             | 1.5                        | 1.9                    | 2.4                    |
| 6 1/6:1          | 243             | 1                                      | 1.3                    | 1.6                    | 324             | 1.2                        | 1.5                    | 1.9                    | 487             | 1.2                        | 1.5                    | 1.9                    | 649             | 1.2                        | 1.5                    | 1.9                    |
| 5 1/8:1          | 293             | 0.8                                    | 0.9                    | 1                      | 390             | 0.9                        | 1.1                    | 1.4                    | 585             | 0.9                        | 1.1                    | 1.4                    | 780             | 0.9                        | 1.1                    | 1.4                    |
| 4 1/8:1          | 364             | 0.6                                    | 0.7                    | 0.84                   | 485             | 0.68                       | 0.85                   | 1.1                    | 727             | 0.68                       | 0.85                   | 1.1                    | 970             | 0.68                       | 0.85                   | 1.1                    |

| Gearbox Specification      |              | PM 50 M or MB                    |        |                                    |        |                                     |        | PM 60 M or MB                    |        |                                     |        |                                     |        |
|----------------------------|--------------|----------------------------------|--------|------------------------------------|--------|-------------------------------------|--------|----------------------------------|--------|-------------------------------------|--------|-------------------------------------|--------|
| Motor Speed<br>1500 r.p.m. |              | CONT<br>Motor Rating<br>65 watts |        | 1 HOUR<br>Motor Rating<br>85 watts |        | 15 MIN<br>Motor Rating<br>120 watts |        | CONT<br>Motor Rating<br>85 watts |        | 1 HOUR<br>Motor Rating<br>110 watts |        | 15 MIN<br>Motor Rating<br>155 watts |        |
| GEARBOX<br>RATIO           | FINAL<br>RPM | OUTPUT TORQUE (Nm)               |        |                                    |        |                                     |        |                                  |        |                                     |        |                                     |        |
|                            |              | COMPOSITE                        | BRONZE | COMPOSITE                          | BRONZE | COMPOSITE                           | BRONZE | COMPOSITE                        | BRONZE | COMPOSITE                           | BRONZE | COMPOSITE                           | BRONZE |
| 60:1                       | <b>25</b>    | -                                | 7.9    | -                                  | 7.9    | -                                   | 7.9    | -                                | 7.9    | -                                   | 7.9    | -                                   | 7.9    |
| 48:1                       | <b>31</b>    | -                                | 7.9    | -                                  | 7.9    | -                                   | 7.9    | -                                | 7.9    | -                                   | 7.9    | -                                   | 7.9    |
| 40:1                       | <b>38</b>    | 7.2                              | -      | -                                  | 9.5    | -                                   | 11.8   | -                                | 9.5    | -                                   | 11.8   | -                                   | 11.8   |
| 36:1                       | <b>42</b>    | 6.7                              | -      | -                                  | 8.8    | -                                   | 11.8   | -                                | 8.8    | -                                   | 11.3   | -                                   | 11.8   |
| 33:1                       | <b>45</b>    | 6.2                              | -      | -                                  | 8.1    | -                                   | 11.4   | -                                | 8.1    | -                                   | 10.5   | -                                   | 11.8   |
| 30:1                       | <b>50</b>    | 5.9                              | -      | 7.7                                | -      | -                                   | 10.8   | 7.7                              | -      | -                                   | 9.9    | -                                   | 11.8   |
| 25:1                       | <b>60</b>    | 5.4                              | -      | 7.1                                | -      | -                                   | 10.0   | 7.1                              | -      | -                                   | 9.1    | -                                   | 11.8   |
| 20 1/2:1                   | <b>73</b>    | 4.6                              | -      | 6.1                                | -      | -                                   | 8.6    | 6.1                              | -      | -                                   | 7.7    | -                                   | 11.1   |
| 15 1/2:1                   | <b>97</b>    | 3.8                              | -      | 5.0                                | -      | 7.1                                 | -      | 5.0                              | -      | 6.5                                 | -      | -                                   | 9.1    |
| 12 1/3:1                   | <b>122</b>   | 3.3                              | -      | 4.3                                | -      | 6.1                                 | -      | 4.3                              | -      | 5.6                                 | -      | -                                   | 7.9    |
| 8 1/3:1                    | <b>180</b>   | 2.5                              | -      | 3.2                                | -      | 4.6                                 | -      | 3.2                              | -      | 4.2                                 | -      | 5.9                                 | -      |
| 7 1/4:1                    | <b>207</b>   | 2.3                              | -      | 2.9                                | -      | 4.2                                 | -      | 2.9                              | -      | 3.8                                 | -      | 5.4                                 | -      |
| 5 1/8:1                    | <b>292</b>   | 1.7                              | -      | 2.2                                | -      | 3.1                                 | -      | 2.2                              | -      | 2.9                                 | -      | 4.1                                 | -      |
| 4 1/8:1                    | <b>364</b>   | 1.4                              | -      | 1.8                                | -      | 2.6                                 | -      | 1.8                              | -      | 2.4                                 | -      | 3.3                                 | -      |

# Single Reduction Worm Gear Units

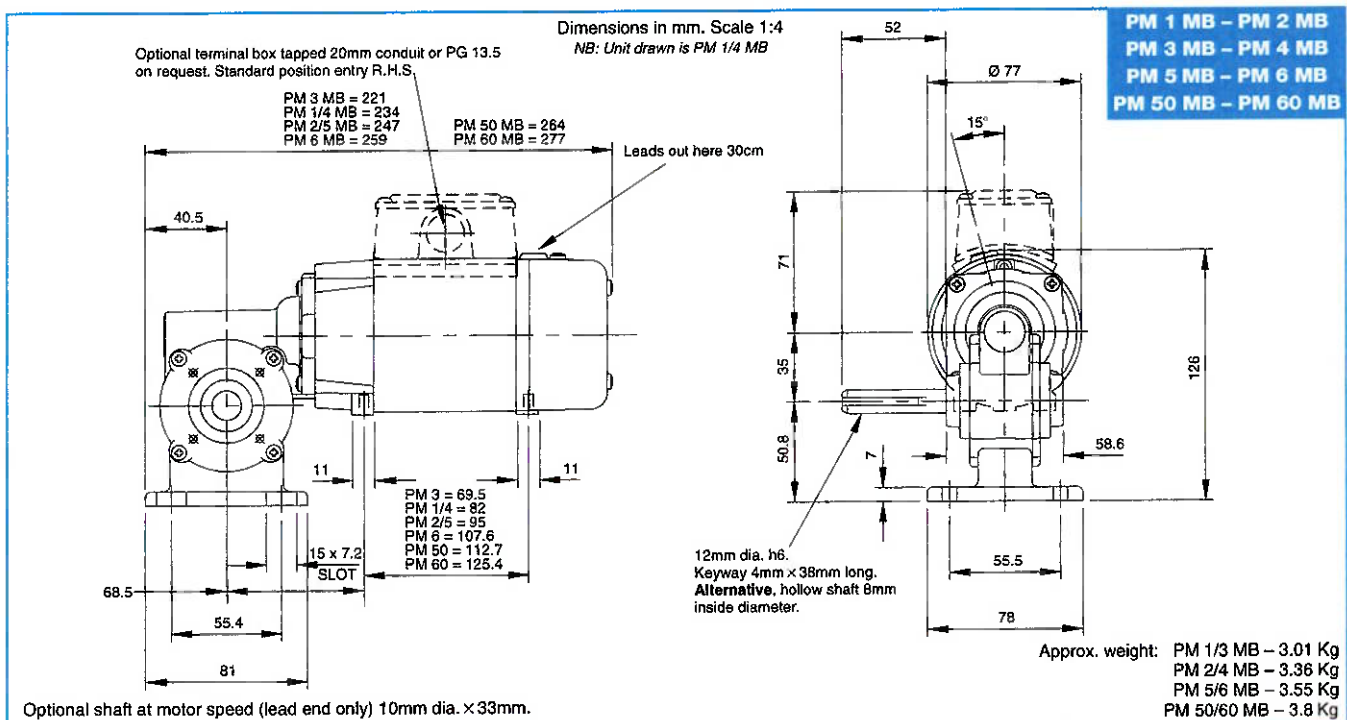
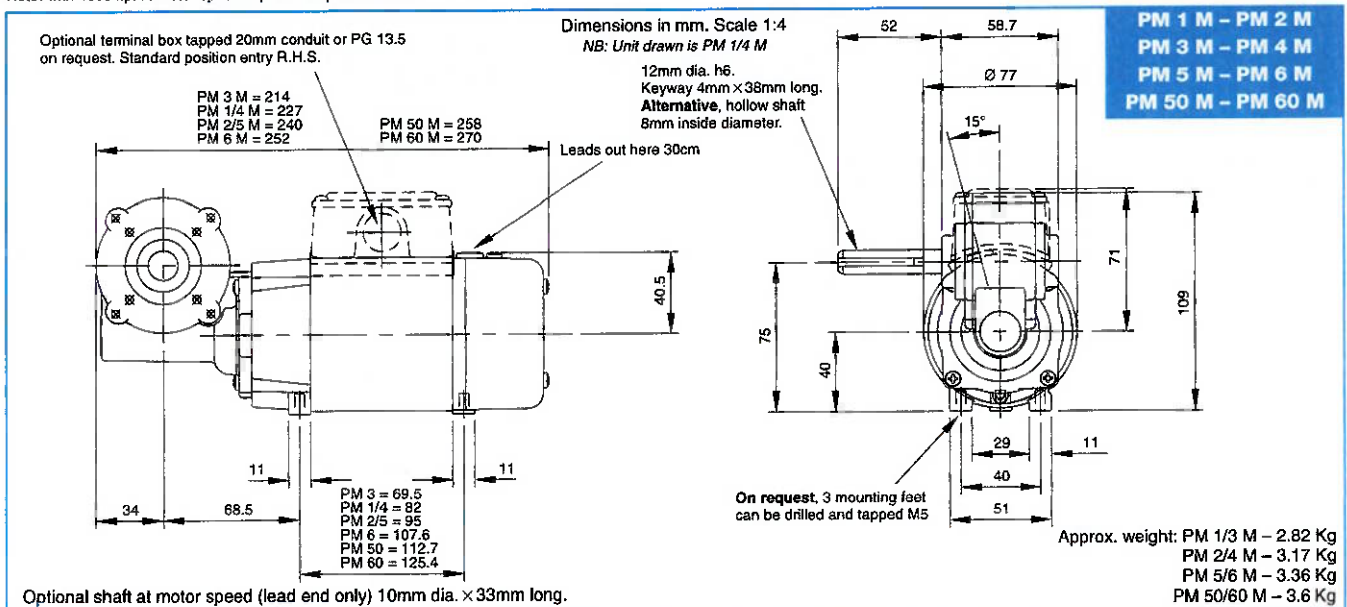
## Variable Speed – D.C. Permanent Magnet

Enclosures: – PM 50 – Totally Enclosed (IP 54)  
PM 60 – Drip Proof Internal Fan Cooled (IP 21)

Gearbox Type:  
**M/MB**  
Speed Range: 25 – 970 r.p.m.

|               |              | PM 50 M/MB              |              |              |              |              |              | PM 60 M/MB   |              |              |              |              |              |              |     |
|---------------|--------------|-------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----|
|               |              | CONT                    | 1 Hour       | 15 MIN       | CONT         | 1 Hour       | 15 MIN       | CONT         | 1 Hour       | 15 MIN       | CONT         | 1 Hour       | 15 MIN       |              |     |
|               |              | Motor Rating            | Motor Rating | Motor Rating | Motor Rating | Motor Rating | Motor Rating | Motor Rating | Motor Rating | Motor Rating | Motor Rating | Motor Rating | Motor Rating |              |     |
|               |              | 105 watts               | 135 watts    | 185 watts    | 140 watts    | 170 watts    | 230 watts    | 155 watts    | 200 watts    | 280 watts    | 210 watts    | 255 watts    | 345 watts    |              |     |
|               |              | Motor Speed 2000 r.p.m. |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |     |
| GEARBOX RATIO | FINAL R.P.M. | OUTPUT TORQUE (Nm)      |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              | FINAL R.P.M. |     |
|               |              | COMP                    | BRONZE       | COMP         | BRONZE       | COMP         | BRONZE       | COMP         | BRONZE       | COMP         | BRONZE       | COMP         | BRONZE       |              |     |
| 80:1          | 33           | -                       | 7.9          | -            | 7.9          | -            | 7.9          | -            | 7.9          | -            | 7.9          | -            | 7.9          | 50           |     |
| 48:1          | 42           | -                       | 7.9          | -            | 7.9          | -            | 7.9          | -            | 7.9          | -            | 7.9          | -            | 7.9          | 62           |     |
| 40:1          | 50           | -                       | 8.8          | -            | 11.3         | -            | 11.8         | -            | 11.8         | -            | 11.8         | -            | 11.8         | 75           |     |
| 36:1          | 58           | -                       | 8.0          | -            | 10.3         | -            | 11.8         | -            | 11.8         | -            | 11.8         | -            | 11.8         | 83           |     |
| 33:1          | 61           | -                       | 7.8          | -            | 10.0         | -            | 11.8         | -            | 11.8         | -            | 11.8         | -            | 11.8         | 91           |     |
| 30:1          | 67           | 7.2                     | -            | 9.3          | -            | 11.8         | -            | 9.6          | -            | 11.7         | -            | 11.8         | -            | 100          | 7.2 |
| 25:1          | 80           | 6.5                     | -            | 8.4          | -            | 11.5         | -            | 8.7          | -            | 10.5         | -            | 11.8         | -            | 120          | 6.5 |
| 20 1/2:1      | 97           | 5.6                     | -            | 7.2          | -            | 9.9          | 7.5          | -            | 9.1          | -            | 11.8         | -            | 11.8         | 146          | 5.6 |
| 15 1/2:1      | 129          | 4.6                     | -            | 5.9          | -            | 8.1          | 6.1          | -            | 7.4          | -            | 10.1         | -            | 10.1         | 193          | 4.6 |
| 12 1/3:1      | 162          | 4.0                     | -            | 5.1          | -            | 7.0          | 5.3          | -            | 6.5          | -            | 8.8          | -            | 8.8          | 243          | 4.0 |
| 8 1/3:1       | 240          | 3.0                     | -            | 3.9          | -            | 5.3          | 4.0          | -            | 4.9          | -            | 6.6          | -            | 6.6          | 360          | 3.0 |
| 7 1/4:1       | 275          | 2.7                     | -            | 3.5          | -            | 4.8          | 3.6          | -            | 4.4          | -            | 5.9          | -            | 5.9          | 414          | 2.7 |
| 5 1/8:1       | 390          | 2.0                     | -            | 2.6          | -            | 3.5          | 2.7          | -            | 3.2          | -            | 4.4          | -            | 4.4          | 585          | 2.0 |
| 4 1/8:1       | 485          | 1.7                     | -            | 2.2          | -            | 3.0          | 2.3          | -            | 2.8          | -            | 3.7          | -            | 3.7          | 727          | 1.7 |

Note: with 4000 r.p.m. motor speeds up to 970 r.p.m. available.



**Trident by Streamlight**

Headlamp with combo LED/Xenon bulb system. Focus light on your work.  
www.pksafety.com

**Performance Car Parts**

Huge selection of parts/accessories Domestic and Import Performance  
http://www.myautobarn.com

**Next Generation Kits**

Awesome Prices on Body Kits and Accessories. Check us out!  
www.ngkits.com

**EuroLights.com**

Headlight & Fog Xenon-Charged  
www.eurolights.com

[Portada](#)[Coches Nuevos](#)[Coches Ocasión](#)[Motos](#)[Financiación](#)[Seguros](#)[Revista](#)[Serv](#)[Catálogo](#) » [ILUMINACIÓN](#) » [LAMPARAS XENON](#) » [LXE-1331/HB4](#)**BUSQUEDA RAPIDA**

**Búsqueda Avanzada****CATEGORIAS**

- CAR AUDIO
- GPS/NAVEGADOR PORTATIL
- TUNING
- LLANTAS
- NEUMÁTICOS
- SEGURIDAD
- ILUMINACIÓN
  - LAMPARAS XENON
  - LARGA DISTANCIA
  - ANTINEBLA
  - 4 X 4
- TRANSPORTE
- 4X4
- LLANTAS 4X4
- ACCESORIOS VERANO
- REMOLQUES
- ACCESORIOS INVIERNO
- TEXTIL
- SEGURIDAD BEBE
- HERRAMIENTA
- OPORTUNIDADES

**MARCA**

**INFORMACION**

- Mapa Web
- Sobre Nosotros
- Qué es Sobreruedas
- Cómo Comprar
- Envíos / Devoluciones
- Confidencialidad
- Condiciones de uso

## Lámpara de repuesto para Bi-Xenón Ultravisión H4 LXE-1331/HB4

**116,80EUR**

0 pro

**XENON****LUZ**<< [Volver](#)[Comentarios](#)[Añadir a la cesta](#)■ [Financia este producto](#)**Características principales:****Alto rendimiento luminoso**

La iluminación Ultra Visión Xenón ofrece casi 3 veces más luz que la iluminación halógena convencional.

**La claridad del sol para una mejor vista en el oscuridad**

La fuerza luminosa y el color de la luz del sistema Ultra Vision Xenon le dan la claridad del sol en plena noche. Así, conducir se hace menos cansado y más seguro.

**La nueva fuente de luz**

Con el sistema Ultra Visión Xenon, usted dispone de la tecnología de la última generación. Se pueden montar sobre los reflectores existentes en los faros de su coche. Al contrario que las bombillas halógenas, que generan la luz por medio de una espiral incandescente, las bombillas Xenón utilizan un arco de ionización de gas.

Este sistema de iluminación ha sido desarrollado para todo tipo de vehículo que dispone de los faros halógenos de los siguientes tipos: H-1, H-3, H-4, HL-4D(Bi Xenon), H7, HB, 9004, 9006 y 9007.

**Ventajas:**

Rendimiento luminoso casi 3 veces más alto, aumento seguridad vial.

- F
- F
- M
- V



AT

- Te
- at

Noti  
cam  
rep  
Xen  
LXE

E

Enví

Am

- Contacto



Vista y contraste notablemente mejorados, aún con mal tiempo.

Las bombillas Xenon duran de 6 a 10 veces más tiempo que las bombillas halógenas

Alto rendimiento de luz blanca (temperatura de color)

Las bombillas Xenon consumen un 40% menos energía, por lo tanto producen menos calor.

**El montaje del sistema Ultra Vision Xenon exige conocimientos especializados. Consúltenos.**

[<< Volver](#)

[Comentarios](#)

[Añadir a la cesta](#)

■ **Financia este producto**

Precios válidos salvo error tipográfico o fin de existencias. Las fotos son orientativas, no tienen carácter contractual.

[Quiénes Somos](#) | [Contacta](#) | [Mapa Web](#) | [Publicidad](#) | [Red Ya](#) | [Aviso Legal](#) | [Info ABSline](#)

ya.com

**HISPAMER**

© Copyright ABSline Multimedia S.L.