

// DriveSafe



O momento em que suas reações são tão precisas quanto a sua visão.
Lentes ZEISS DriveSafe para uma direção segura e confiável.

WHITE PAPER



We make it visible.

LENTESS ZEISS DRIVESAFE

Segurança e conforto para condições adversas ao dirigir

Dirigir é uma necessidade atual para a maioria dos usuários de óculos, e muitos motoristas enfrentam desconforto e ansiedade ao dirigir sob condições de luminosidade e visibilidade baixas. Essas preocupações são justificáveis: as estatísticas revelam um risco muito mais alto de acidentes nessas situações. As causas são bem conhecidas, e uma lente óptica para motoristas deve diminuir os riscos de ofuscamento devido a faróis automotivos e à capacidade reduzida de visão espacial e temporal que acompanha a visão mesópica. A ZEISS apresenta as novas lentes monofocais e progressivas DriveSafe, que atendem bem a todas as atividades diárias, mas são ideais para dirigir ao entardecer ou à noite.

Dirigir é uma necessidade diária básica, porém estressante

Nossa visão é confrontada por diferentes ambientes e tarefas no decorrer de um dia. Uma solução tem sido o desenvolvimento de lentes especiais adequadas a tarefas específicas, como esportes, proteção solar ou uso de computador. Essas lentes geralmente são apropriadas para um segundo ou terceiro par de óculos, visto que não atendem a uma grande variedade de atividades. Dirigir um automóvel pressupõe desafios significativamente maiores. Porém, não é uma tarefa altamente específica com requisitos estritos, de modo que não exige um segundo ou terceiro par de óculos especiais. Além disso, uma recente pesquisa de mercados conduzida pela ZEISS¹ revelou que dirigir é apenas uma atividade de lazer para 83% dos usuários de óculos que dirigem. A grande maioria (72%) se interessa mais por um único par de óculos que atenda às necessidades do dia a dia e também aos desafios específicos de dirigir. A mesma pesquisa mostrou que as maiores causas de desconforto e estresse para motoristas são a chuva, a cerração e a neblina, além de dirigir ao entardecer ou à noite (Figura 1)¹.

O desafio da iluminação

Os motoristas têm bons motivos para serem cautelosos com baixas condições de luminosidade. Um número proporcionalmente maior de acidentes fatais de trânsito ocorre após o anoitecer. Trinta por cento de todos os acidentes fatais de trânsito na Alemanha^{2,3} acontecem sob condições de baixa luminosidade e à noite. Em 2010, 48% das fatalidades entre ocupantes de veículos de passageiros nos Estados Unidos aconteceram à noite⁴. Outra pesquisa mostrou que no Reino Unido mais de metade de todos os acidentes fatais ocorrem após o anoitecer, embora muito menos pessoas dirijam à noite. Além disso, a probabilidade de acidentes com vítimas fatais é duas vezes maior quando ocorrem à noite. A última pesquisa concluiu que a baixa luminosidade foi a causa principal de acidentes de trânsito no período da noite⁵. Outro estudo relatou que 50% das pessoas afirmam que dirigir à noite causa estresse devido às baixas condições de luminosidade, e que desejariam um sistema que as ajudasse a melhorar a visão noturna⁶.



Figura 1: Causas de desconforto ao dirigir para usuários de óculos

O desafio do ofuscamento

Uma solução encontrada por muitos países ao problema da luminosidade é aumentar o número e a intensidade da iluminação das estradas. Mas essa solução não é prática em todas as áreas, e traz outros problemas como consumo mais elevado de energia. Os fabricantes de iluminação automotiva então desenvolveram faróis de alta intensidade (HID/xenônio) e lâmpadas de LED, que são mais claros e fornecem melhor iluminação nas estradas. Os motoristas têm apreciado a maior visibilidade do ambiente externo proporcionado por essas lâmpadas. Porém, o aumento no número de automóveis com esses faróis novos e mais claros tem levado a queixas de motoristas que transitam no sentido contrário. A maior luminosidade pode causar ofuscamento incapacitante, que reduz a capacidade de enxergar objetos próximos à direção da fonte de luz. Além disso, os tipos mais recentes de faróis emitem uma proporção mais alta de luz azulada em relação às lâmpadas halógenas mais antigas, e esse desvio de cor tem aumentado a frequência e a gravidade das queixas relacionadas ao desconforto provocado pelo ofuscamento, a sensação desagradável e estressante proveniente de se olhar na direção de uma luz forte (Figura 2). A gravidade do desconforto se intensifica à medida que a claridade dessas fontes de luz e seu impacto no sistema visual aumentam, e isso talvez se deva ao desvio do espectro azul⁷. Motoristas mais velhos, que são acometidos de opacidades não tratadas de estruturas visuais, como cataratas, geralmente relatam sintomas mais severos relacionados ao ofuscamento. A dispersão da luz no cristalino opaco e turvo é considerada uma das principais causas desses sintomas⁸.



Figura 2: Cenário de ofuscamento nas estradas

O desafio de tarefas visuais complexas

Dirigir um veículo pressupõe um conjunto complexo de requisitos, seja de dia ou à noite. Os motoristas devem lidar com um cenário de circunstâncias que se alteram rapidamente, exigindo um constante ajuste de atenção. Uma dessas situações é a visão da estrada adiante para antecipar curvas e qualquer aceleração ou frenagem. Outra é a percepção periférica do espaço no fluxo de tráfego, bem como a detecção de potenciais ameaças apresentadas por outros motoristas ou riscos da pista⁹. Ainda outra são as informações apresentadas em diversos indicadores no painel de instrumentos, tanto na frente como na lateral. Esses requisitos são acrescentados pela necessidade de se verificar diversos espelhos que auxiliam a permanecer atento ao tráfego vindo de trás. Para aumentar a segurança, os fabricantes de veículos estão continuamente acrescentando a quantidade de fontes de informação nos carros, como alertas de proximidade e luzes de detecção de ponto cego nos retrovisores laterais. A complexidade dessas tarefas leva o motorista a realizar movimentos frequentes dos olhos e da cabeça, com as resultantes mudanças na direção do olhar, lócus de fixação e acomodação¹⁰. O efeito da maior carga de atenção do motorista e do maior tempo de reação foi confirmado com usuários presbíopes de lentes progressivas, quando também se observou maior movimento dos olhos e da cabeça¹¹. Sob condições particularmente estressantes com baixa visibilidade, o tempo de reação aumenta, e os momentos de mudança de fixação se tornam ainda mais críticos.

Três desafios de visão, três soluções, uma lente

As pesquisas da ZEISS confirmam que condições desfavoráveis de iluminação, o ofuscamento e as estressantes tarefas visuais e acomodativas enfrentadas pelos motoristas causam um grande impacto na qualidade da visão quando se dirige. As pesquisas também mostram que a miopia noturna não corrigida de um motorista (-0,50D; -1,00D) e um nível de ofuscamento subcrítico de 0,4lx resultam em maior desempenho do limiar da visão de contraste à noite do que com óculos que fornecem correção total e faróis acesos de LED de 1,2lx¹². Juntas, as diversas pesquisas revelam claros motivos para a concepção de lentes adequadas para melhorar a visão ao dirigir sob condições de baixa luminosidade. Durante o desenvolvimento das lentes DriveSafe, foram enfocados os três desafios relacionados à visão, produzindo novas soluções que visavam reuni-los em um único produto, seja em uma lente monofocal ou em um design de lente progressiva, segundo as necessidades acomodativas do usuário.

I. O desafio da iluminação

Ao dirigir, o sistema visual deve se adaptar rapidamente a diferentes níveis de iluminação. A resposta da pupila à luz é a mais rápida a se alterar em decorrência da iluminação, causando um efeito significativo no desempenho das lentes ópticas. É bem conhecido o fato de que a pupila atinge seu tamanho mínimo em ambientes com os níveis mais altos de iluminação, quando os motoristas se sentem mais seguros para dirigir. O período que apresenta a maior ameaça na condução de veículos é ao entardecer ou à noite, quando os níveis de luz são baixos e as pupilas estão maiores.

São reconhecidos três graus gerais de iluminação: as faixas fotópica, escotópica e mesópica (Figura 3).

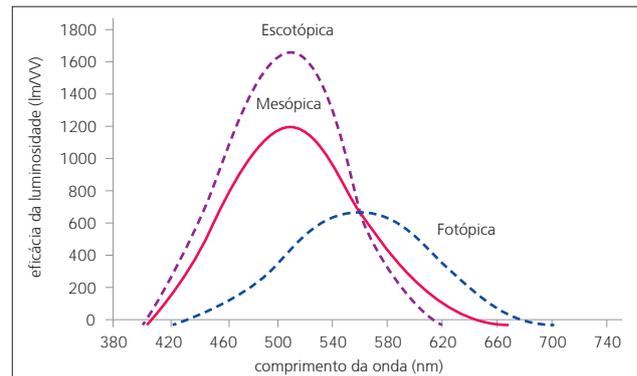


Figura 3: A sensibilidade do pico de luminosidade do olho humano muda do espectro verde para o azul em baixos níveis de iluminação

A visão fotópica leva à melhor sensibilidade de contraste temporal e espacial, bem como acuidade, e é totalmente ativa a um nível de luminosidade a partir de 1 lx. Esse aumento da capacidade temporal e espacial é auxiliado pelos fotorreceptores cones, cuja sensibilidade combinada à luz atinge seu pico a um comprimento de onda de aproximadamente 555 nm. Existem três tipos de cones (sensíveis a comprimentos de onda curtos, médios e longos) que contribuem para a visão em cores, de modo que a sensibilidade às diferenças de cores é melhor na visão fotópica. Em níveis de luz fotópica, os bastonetes da retina ficam saturados e sem sensibilidade, contribuindo muito pouco para a visão.

A visão escotópica é totalmente ativa em níveis de luminosidade de 0,01 lx ou mais baixos, mas é raramente sentida ao dirigir. Ela ocorre somente em lugares muito escuros sem iluminação artificial, como em uma noite com céu encoberto. A visão escotópica é proporcionada pelos fotorreceptores bastonetes; visto que existe apenas um tipo de bastonete, a visão escotópica não tem sensibilidade à cor, apenas ao brilho. O pico da sensibilidade do sistema visual escotópico à luz ocorre em um comprimento de onda de aproximadamente 505 nm - 510 nm. Os bastonetes também são incapazes de proporcionar boa acuidade, além de sua resposta lenta; a percepção à luz escotópica exige uma exposição a esses níveis de luz por ao menos vinte minutos, devido ao tempo necessário de adaptação. Uma maneira de reconhecer a visão escotópica é pela percepção embaçada das formas e ausência total de cor. Em contraste, os faróis automotivos em geral projetam uma luminosidade de aproximadamente 0,3 lx em uma faixa de 150 m nos EUA e 0,4 lx em uma faixa de 50 m na Europa (em relação a diferentes padrões e normas), próximo da faixa fotópica^{13,14}. No entanto, a visão periférica do motorista

pode confrontar-se com o desafio de detectar riscos pouco iluminados fora da zona iluminada pelos faróis do automóvel, mesmo se não estiverem em um nível de iluminação escotópico.

A visão mesópica fica entre as faixas fotópica e escotópica, com níveis de iluminação entre aproximadamente 1 lx. Tanto os bastonetes como os cones fazem parte dessa intersecção de visão. A iluminação quando se dirige ao entardecer ou à noite ocorre em grande parte no nível mesópico, e é este nível de luz que gera as queixas dos motoristas a respeito de baixa iluminação. No nível mesópico, tanto a acuidade como a sensibilidade à cor são reduzidos. Além disso, as respostas visuais nesse nível de iluminação também são mais lentas do que na faixa fotópica.

A resposta da pupila à luz produz as pupilas menores nos níveis de luz fotópica (miose) e as pupilas maiores nos níveis escotópicos (midríase). A dilatação da pupila, no entanto, ainda é significativa nos níveis mesópicos, e ocorre em detrimento de aberrações aumentadas e acuidade diminuída (Figuras 4 e 5). Um efeito de uma pupila maior é que as aberrações ópticas de alta ordem têm um impacto maior, diminuindo o contraste da imagem retinal e alterando o erro de refração efetivo, de modo que se necessita de um conjunto diferente de potências dióptricas corretivas em relação às obtidas quando a medição é realizada com as pupilas menores¹⁵.

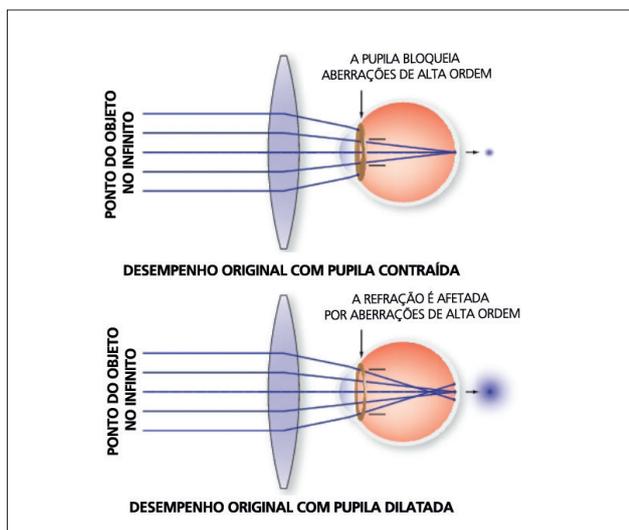


Figura 4: Efeito das aberrações de alta ordem e tamanho da pupila sobre a imagem retinal

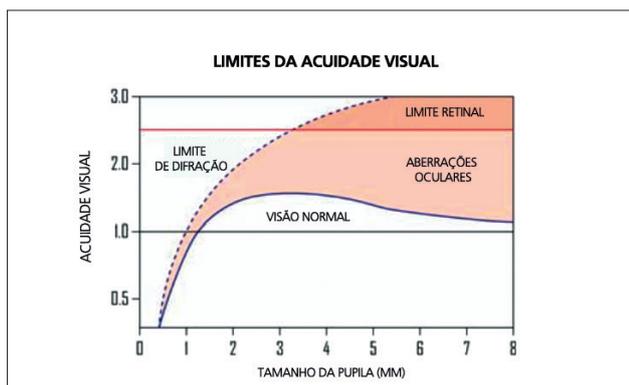


Figura 5: Limites da acuidade visual conforme a função do tamanho da pupila

Problemas com visibilidade e contraste

Nos níveis de iluminação mesópica, a acuidade e a sensibilidade ao contraste diminuem intrinsecamente na retina e nas vias ópticas do cérebro. A maior área da pupila produzida por sua dilatação em resposta ao menor nível de luz também reduz o contraste da imagem retinal. Na presença de neblina e chuva, o contraste de objetos do lado de fora do veículo também é reduzido pela difusão da luz devido às gotículas de água no ar. Quando a resposta fisiológica do sistema visual é reduzida pela luz fraca e o contraste de objetos é diminuído por efeitos atmosféricos, é fundamental que o desempenho óptico das lentes oftálmicas seja o melhor possível. Porém, as aberrações fora do eixo de lentes monofocais e as aberrações intrínsecas de segunda ordem de lentes progressivas também podem interagir com a pupila maior e produzir uma pior qualidade de imagem.

Solução: Tecnologia Luminance Design®

O modo tradicional de projetar lentes progressivas é por seguir um "raio principal"¹⁶ em qualquer ponto de interesse em uma lente, determinando as curvaturas da lente nos pontos onde o raio principal cruza as superfícies da lente e calculando a alteração das potências dióptricas de acordo com os ângulos nos quais o raio principal atinge as superfícies¹⁷. Na prática, isso significa que o cálculo tradicional pressupõe que a pupila tem apenas uma localização, não um diâmetro.

A ZEISS recentemente lançou a Tecnologia Luminance Design® em suas lentes progressivas Individual 2 em resposta a essa limitação. O novo método de computação de lentes calcula as potências dióptricas usando todo o raio de luz que atravessa a pupila. As lentes progressivas ZEISS Individual 2 são otimizadas para a frequência esperada e nível de iluminação de várias tarefas diárias; elas são projetadas como lentes progressivas de uso geral. Com as lentes DriveSafe, os cálculos e a otimização são realizados para os tamanhos maiores da pupila que são esperados em condições de iluminação mesópica. A Figura 6 ilustra o esquema do conceito. A figura mostra um olho olhando para frente através de um ponto na superfície de uma lente progressiva. Com o método tradicional, a potência dióptrica naquele ponto da superfície seria calculada usando apenas a vergência de um único raio que cruza a superfície, seus ângulos horizontal e vertical de intersecção com a superfície e as curvaturas da superfície naquele ponto. Com Luminance Design®, muitos raios são mapeados abrangendo a abertura definida pela pupila para calcular a potência dióptrica de todo o raio de luz. O painel à esquerda ilustra como a pupila aumenta em níveis de luz mesópica, produzindo assim um raio maior que atravessa a pupila. O painel inferior mostra como a pupila se contrai em condições mais claras de luz do dia, resultando em um raio mais estreito. O painel de trás mostra uma projeção dos dois diâmetros de raio sobre a distribuição da potência dióptrica do design progressivo. Os dois círculos concêntricos vermelhos representam os dois tamanhos da pupila, mostrando que a pupila maior abrange uma área mais ampla do gradiente de potência dióptrica.

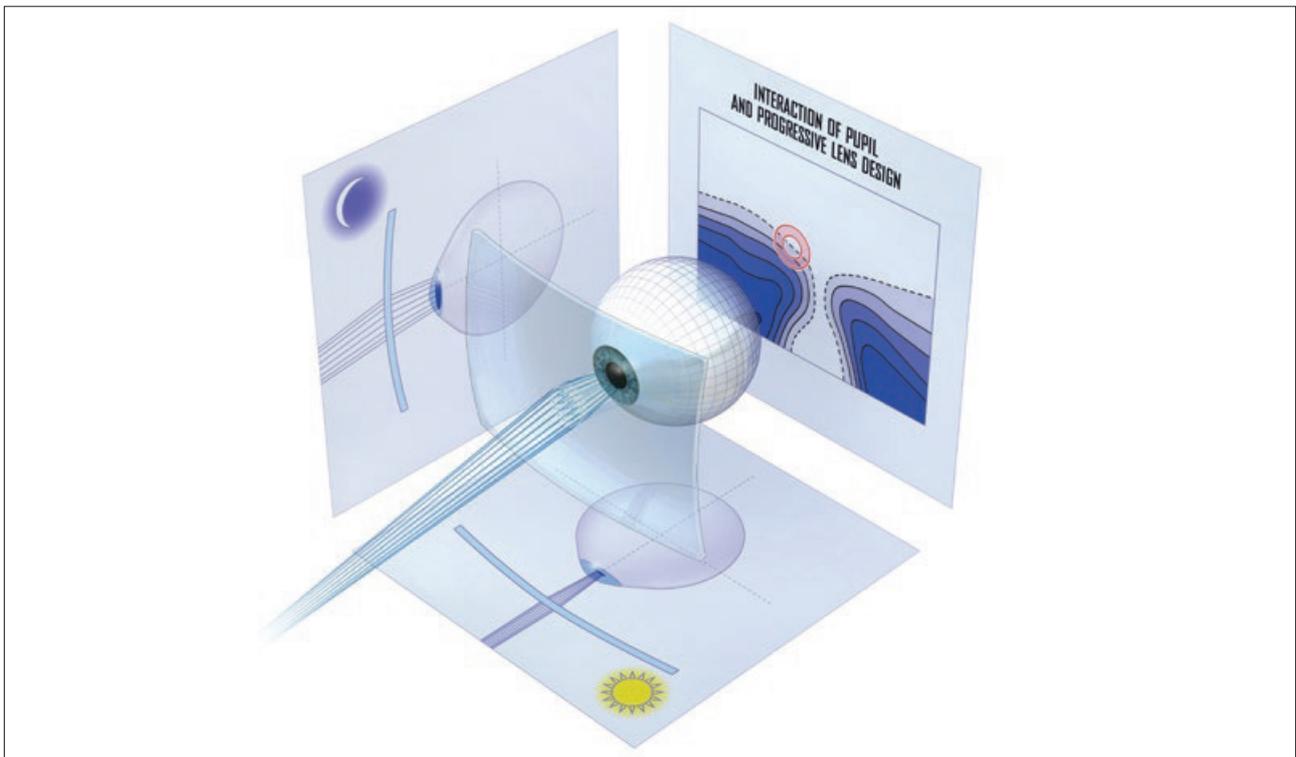


Figura 6: Esquema da Tecnologia ZEISS Luminance Design®

Com uma lente progressiva confeccionada a partir de métodos tradicionais, o olho com uma pupila maior na visão mesópica irá “transferir” uma parte maior da transição desfocada para as bordas das áreas de astigmatismo periférico, resultando em zonas de visão constrictas e contraste reduzido. Ao se olhar por uma área próxima à borda de uma zona que deveria ser totalmente nítida, o efeito o resultado é menor contraste e visão manchada, resultando na percepção de nitidez reduzida. Compensando a superfície progressiva pelo uso de Luminance Design®, esses erros são corrigidos nas lentes DriveSafe, resultando na melhora do contraste e da acuidade.

Obviamente, usuários de lentes monofocais não necessitam preocupar-se com zonas de visão progressiva. No entanto, todas as lentes ópticas, quer monofocais ou progressivas, sofrem devido a aberrações fora do eixo, o que diminui a qualidade óptica quando o olho se desvia do centro da lente. O tamanho da pupila também impacta essas aberrações, de modo que a otimização do design de lentes monofocais usando a tecnologia Luminance Design® também inclui a pupila dilatada nos cálculos de otimização.

Diâmetros pupilares mesópicos

Após uma cuidadosa análise da frequência e duração de diversas tarefas e níveis de luz por meio de um fator de peso de luminosidade (Figura 7), a ZEISS estabeleceu um diâmetro pupilar médio de 3,3 mm para a otimização das lentes progressivas ZEISS Individual 2. Visto que as condições mais problemáticas ao dirigir ocorrem na visão mesópica, a ZEISS recalculou a frequência e a duração de tarefas ao volante com um menor nível de luz para as lentes DriveSafe. O resultado foi a escolha de um diâmetro pupilar de 4,3 mm para as

lentes progressivas DriveSafe e 5,0 mm para as lentes monofocais DriveSafe. O tamanho ligeiramente menor para os cálculos das lentes progressivas Luminance Design® é uma consequência da miose relacionada à idade, em que o tamanho da pupila diminui ao longo da meia idade. Visto que as lentes progressivas DriveSafe são primariamente destinadas a presbíopes na faixa da meia idade, o banco de dados de tamanhos da pupila segundo o nível de luz continha valores comparativamente menores do que o banco de dados usado para o design das lentes monofocais.

	Diâmetro pupilar	Luminosidade (lx)	Tarefa visual (exemplos)	Fator de Peso da Luminosidade
	grande	0,01	Noite	0%
		1	Entardecer	5%
		100	Cinema	10%
		500	Escritório/ Trabalho ao computador	50%
		1000	10 min. após o pôr do sol	20%
	pequeno	2500	Tempo encoberto	15%

Figura 7: Análise da frequência e duração de diversas tarefas e níveis de luz

II. O desafio do ofuscamento

A luz é essencialmente importante tanto para nosso bem-estar físico como emocional. Nosso ritmo circadiano e nossas capacidades cognitivas são influenciadas pelas propriedades espectrais da luz, período de exposição, intensidade e distribuição espacial. Mas quando a luminosidade aumenta repentinamente, a adaptação sofre defasagem e o resultado é o ofuscamento. Esse problema é especialmente agravado quando a luminosidade de fundo é baixa, principalmente à noite, mas também quando o céu fica encoberto por nuvens escuras. O problema pode intensificar-se com estradas molhadas, que refletem como espelho as lâmpadas da iluminação pública e os faróis automotivos. Infelizmente, o ofuscamento incapacitante é uma consequência da difusão da luz entre o indivíduo e o objeto, e é fortemente influenciada por neblina, chuva e poeira, bem como água no para-brisa de um automóvel. Também se deve em grande parte às propriedades espectrais, brilho e densidade luminosa da fonte do ofuscamento e tempo de exposição, de modo que a proteção principal é bloqueá-la usando um quebra-sol, cobrindo com a mão ou estreitando os olhos. Consequentemente, o ofuscamento de desconforto é causado por fatores externos, e as pesquisas da ZEISS mostram que o problema pode ser tratado.

O problema do ofuscamento de desconforto causado pelo tráfego na direção oposta

O ofuscamento de desconforto é um fenômeno subjetivo causado pela presença de uma ou mais fontes de luz forte no campo da visão com níveis de iluminação altamente discrepantes, e antes do sistema visual ter tempo de se adaptar.

Uma vez que o tempo de adaptação aumenta com a idade, pode-se dizer que o ofuscamento de desconforto, como o ofuscamento incapacitante, é um problema que atinge principalmente motoristas mais velhos^{18,19}.

O ofuscamento de desconforto piora na presença de faróis de xenônio/HID ou LED em comparação com lâmpadas halógenas. Pesquisas têm mostrado uma correlação entre a quantidade de luz azul na fonte do ofuscamento e a quantidade de ofuscamento de desconforto esperada²⁰. O ofuscamento de desconforto não é somente desconfortável, mas também causa distração, o que leva à condução insegura.

A Figura 8 mostra a acentuada iluminação de LED azulada com um notável desvio de cor (temperatura de cor de 5500 K) em comparação com a uma fonte de luz halógena a 2800 K. A lâmpada de LED também é muito mais clara que a de halogênio, devido à maior emissão de comprimentos de ondas azuladas das novas lâmpadas, que são mais eficientes.



Figura 8: Comparação de diferentes temperaturas de cores de faróis de LED, HID/xenônio e halogênio

No geral, todos os tipos de faróis de carros na direção oposta podem causar ofuscamento no motorista, mas uma pequena pupila de saída de iluminação e a proporção espectral com um desvio azul são responsáveis pelo risco de ofuscamento de desconforto¹³.

Solução: Tratamento DuraVision® DriveSafe

O tratamento antirreflexo DuraVision® DriveSafe foi concebido para um espectro de transmissão de luz que otimiza o desempenho contra o ofuscamento de desconforto na presença de faróis de xenônio/HID e LED. A Figura 9 ilustra a radiância espectral de uma lâmpada de xenônio/HID e um módulo LED de luz branca usado em faróis e a transmissão de DuraVision® DriveSafe na resina rígida CR39^{®21} e substratos de lentes de policarbonato. O pico máximo da intensidade espectral de uma luz branca de LED se estabelece em 440 nm na extremidade azul do espectro de luz visível. Por outro lado, a sensibilidade máxima do sistema visual em condições mesópicas de luz fica entre o pico fotópico de aproximadamente 550 nm e o pico escotópico próximo de 510 nm²². A transmissão de DuraVision® DriveSafe é máxima para a faixa mesópica, mas diminui significativamente em comprimentos de onda mais curtos, que têm maior chance de causar ofuscamento de desconforto. A título de comparação, ZEISS DuraVision Platinum não tem atenuação específica em comprimentos de onda mais curtos.

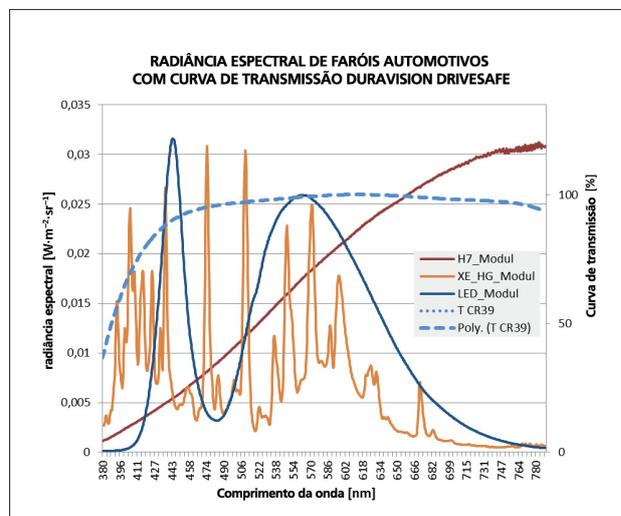


Figura 9: Linhas sólidas: A radiância espectral de faróis automotivos de LED, HID/xenônio e halogênio (fonte: Hella KGaA Hueck & Co.). Note a ênfase na faixa espectral azul para LED e HID/xenônio. Linha tracejada: espectro de transmissão do tratamento DriveSafe com queda específica de transmissão no espectro azul

Para avaliar a eficácia do tratamento DuraVision® DriveSafe em comparação com dois outros tratamentos antirreflexo de primeira linha, uma pesquisa¹⁴ da ZEISS com 50 indivíduos comparou sua eficácia em relação a a) conforto visual enquanto submetido a ofuscamento e b) ofuscamento percebido sob condições controladas. A pesquisa usou uma fonte de luz branca de LED para gerar duas condições de ofuscamento (Figura 10) de acordo com a regulamentação ECE-112 em um procedimento experimental amplamente aceito na indústria automotiva¹⁴.

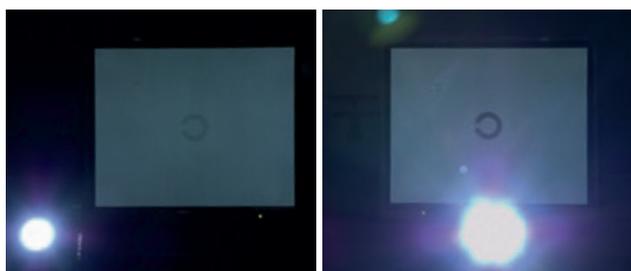


Figura 10: Configuração do teste de ofuscamento com fonte de luz e tabela de leitura/optótipo[20]

Foi testado e avaliado o efeito de três tratamentos antirreflexo em condições de ofuscamento por faróis automotivos. Os resultados da pesquisa confirmaram que os parâmetros do limiar de contraste, ritmo de piscar espontâneo e fechamento dos olhos estão alinhados com as constatações na literatura. A magnitude do ofuscamento de desconforto foi avaliada seguindo a escala DeBoer de 9 (ofuscamento quase imperceptível) a 1 (ofuscamento insuportável), que foi usada em um questionário²³.

- O tratamento DriveSafe foi o preferido por quase 50% em relação aos tratamentos alternativos A (22%) e B (18%), e foi visto como “o mais confortável para enxergar o optótipo de baixo contraste durante o ofuscamento pela luz branca de LED” (Figura 11a).
- O tratamento DriveSafe foi classificado como o melhor para “ofuscamento menos percebido” em comparação com os outros tratamentos antirreflexo de primeira linha. Foi demonstrada uma diferença de 64% em comparação com o tratamento antirreflexo A e de 40% em comparação com o tratamento antirreflexo B (Figura 11b).

Os dois resultados foram estatisticamente significativos.

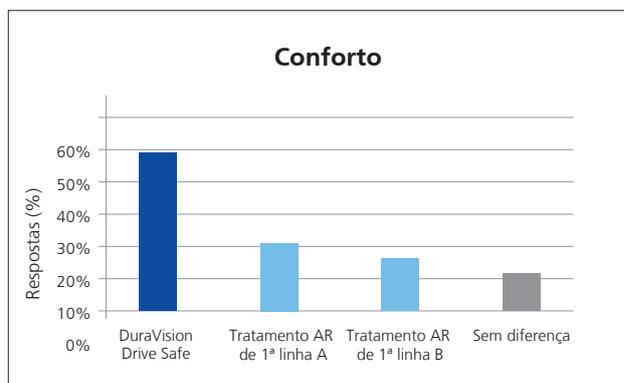


Figura 11a: Os resultados da pesquisa mostrando o tratamento DriveSafe classificaram-na “Mais confortável quando confrontada pelo ofuscamento de uma luz branca de LED” (o questionário permitia múltiplas respostas e incluía o coeficiente pela escala DeBoer)

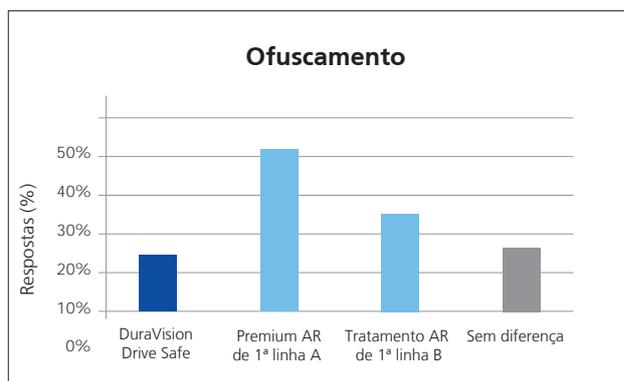


Figura 11b: Os resultados da pesquisa mostrando o tratamento DriveSafe foi classificado o mais baixo para “ofuscamento percebido” (o questionário permitia múltiplas respostas e incluía o coeficiente pela escala DeBoer)

Embora o tratamento DuraVision® DriveSafe pode reduzir o ofuscamento percebido por eliminar uma parte do espectro visível, ele passa pela maior parte das faixas mesópica e fotópica, garantindo a máxima capacidade de ver o ambiente ao redor para dirigir com segurança à noite. Como DuraVision® Platinum, DuraVision® DriveSafe é antiestática, repelindo a poeira, e oferece excelente resistência a riscos, sendo também fácil de limpar.

III. O desafio de tarefas visuais complexas

Mesmo para lentes monofocais, mas em especial no caso de lentes progressivas, é importante mapear a distribuição das propriedades ópticas em uma lente óptica em relação à composição espacial e temporal do ambiente e das tarefas. Os motoristas enfrentam situações com exigências conflitantes de atenção. Devem ser consideradas ao mesmo tempo a visão adiante, na periferia, acompanhando o painel de instrumentos e os espelhos retrovisores. O conjunto de tarefas competindo ao mesmo tempo exige frequentes movimentações dos olhos e da cabeça, por meio de mudanças na direção do olhar, fixação e acomodação. Uma análise da ZEISS sobre as demandas de dirigir tem resultado no desenvolvimento de novos designs tanto para lentes monofocais como progressivas.

Problema: Estresse acomodativo/convergente e visão dinâmica

A dinâmica do processo da visão ao dirigir inclui mudanças na direção do olhar, convergência e acomodação. A dinâmica da cognição segue a dinâmica da visão, mas as alterações cognitivas se relacionam com o foco de atenção a determinada tarefa. Tanto o foco de atenção como a dinâmica visual influenciam fortemente na segurança ao dirigir²⁴.

Cada elemento de uma tarefa dinâmica tem suas próprias exigências. A visão adiante requer linhas paralelas de visão para ambos os olhos, isto é, não há convergência e portanto não há acomodação. Idealmente, uma lente óptica para esse fim deve ter uma área bem ampla de visão distante nítida. De modo similar, a visão pelos espelhos retrovisores não exige convergência ou acomodação, mas o campo de visão é pequeno.

Por outro lado, localizar o espelho durante um rápido movimento sacádico é essencial, gastando-se menos tempo no esforço. Isso exige que as lentes ópticas minimizem as distorções espaciais e que idealmente haja pouco ou nenhum borrão na parte da lente tipicamente utilizada para olhar pelos espelhos. Essa posição pode ser compreendida somente de acordo com a quantidade de movimento da cabeça usada junto com o ângulo da rotação ocular que define as coordenadas finais da direção do olhar. Por outro lado, visualizar um painel de instrumentos exige tanto a convergência como a acomodação para a maioria dos motoristas (a exceção é para presbíopes muito avançados que necessitam de potências adicionais e que dependem totalmente de suas lentes para a potência dióptrica refrativa). Uma pessoa deve mudar sua atenção para conseguir localizar o objeto pré-selecionado. As pesquisas revelam que motoristas experientes dedicam a maior parte de sua atenção ao planejamento do trajeto do que em fixações pelo caminho a percorrer²⁵. Por exemplo, para verificar sua velocidade, o motorista deve planejar olhar no velocímetro, então encontrá-lo por meio de uma mudança no ângulo da visão, convergência e acomodação. Procurar um controle no painel central, talvez para ajustar o ar condicionado, exige uma

trajetória visual planejada e localização precisa e rápida. Idealmente, uma lente óptica ajudará isso a ocorrer de forma eficiente por fornecer um campo de visão amplo e nítido que não apresente obstáculos visuais à localização espacial eficaz. Para compreender melhor essa necessidade, a ZEISS encomendou uma pesquisa do Instituto de Engenharia Automotiva e Motores Veiculares de Stuttgart (FKFS)²⁶, com avançados simuladores de direção com movimento total. Os simuladores incluíam sistemas de monitoramento da cabeça e dos olhos para observar o comportamento visual dos motoristas. Além disso, foi realizado um trajeto real para ampliar os testes. Foram registrados dados de 44 indivíduos, totalizando mais de 33 horas de direção efetiva.

O estudo constatou que os motoristas focam no caminho adiante e objetos distantes em movimento cerca de 97% do tempo, olham para o painel 2% do tempo e alternam a visão dinâmica entre os espelhos retrovisores 1% do tempo. Se o tempo fosse o único elemento a considerar no design de uma lente, pareceria óbvio conceber lentes apenas para visão distante. Mas a situação é complexa, pois é durante as alterações de tarefas e atenção que o tempo maior de reação pode levar a acidentes.



Figura 12: Movimentos da cabeça e dos olhos para regiões de interesse. Usuários de lentes progressivas são ilustrados em vermelho, e de lentes monofocais em azul. Os círculos conectados mostram os movimentos em direção às regiões de interesse nos espelhos retrovisores e painel de instrumentos. O centro do círculo de cada trajetória de movimento mostra a posição da cabeça ao término do movimento. Usuários de lentes progressivas movem mais a cabeça em direção às regiões de interesse.

Na dinâmica visual de dirigir, os movimentos da cabeça e dos olhos interagem e são coordenados. Os usuários de lentes progressivas necessitam mover mais sua cabeça em relação a usuários de lentes monofocais, a fim de evitar zonas que não forneçam a potência de adição correta para a tarefa o que tem níveis mais altos de aberração.

A pesquisa da FKFS constatou que:

- os usuários de lentes progressivas fazem maiores movimentos horizontais da cabeça para manter seu olhar em zonas nítidas de visão ao olhar para diferentes regiões de interesse (Figura 12).
- os usuários de lentes progressivas deixam a cabeça mais ereta e a aponta adiante mais frequentemente, indicando que a redução do campo de visão a distância em lentes progressivas afeta a posição da cabeça (Figura 13).

A pesquisa da ZEISS também constatou que o objeto mais próximo visualizado no painel de instrumentos está a aproximadamente 75 cm de distância dos olhos do motorista. Isso indica que, ao dirigir, a área próxima de uma lente progressiva, concebida para uma distância muito menor, praticamente não é utilizada.

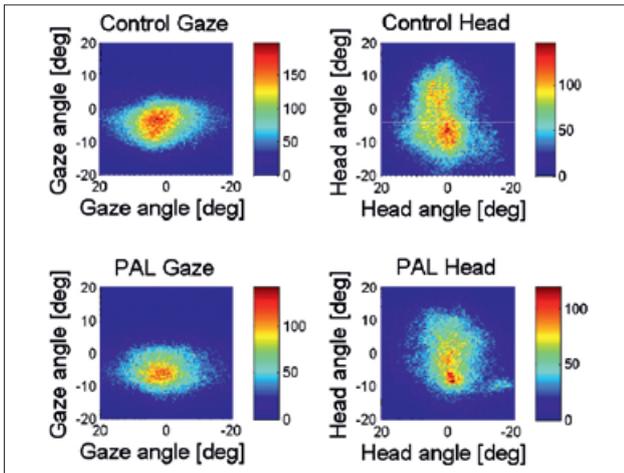


Figura 13: Mapas de calor do movimento dos olhos e da cabeça. Os usuários de lentes progressivas gastam mais tempo com a cabeça mais erigida e os olhos olhando adiante em pontos distantes no caminho. Os usuários de lentes monofocais gastam mais tempo com a cabeça voltada à esquerda e abaixo, refletindo menos restrição à posição da cabeça.

Solução: Tecnologia do design DriveSafe

O design DriveSafe foi estabelecido para fornecer excelente dinâmica visual com maior amplitude e clareza para a visão a distância. Nas lentes monofocais, a zona periférica é otimizada para acuidade da distância visual. No design progressivo, a amplitude da zona de distância foi aumentada para permitir a fácil localização dos espelhos retrovisores e melhor visão por eles. Visto que olhadas rápidas e naturais para o painel de instrumentos são essenciais para informações precisas, todo o design DriveSafe é ajustado para aliviar parte da posição rígida e parada da cabeça observada nos estudos em simulador no FKFS. A maior amplitude da zona de distância ajuda a reduzir o efeito do início precoce de potência de adição, e o corredor mais longo do design diminui a escala do aumento de potência. Em conjunto, a extensão da zona de distância aumenta ao passo que a zona intermediária expande-se em todas as direções, incluindo ligeiramente para cima. O tamanho da zona próxima das lentes progressivas DriveSafe foi um pouco reduzida em comparação com outras lentes progressivas ZEISS, mas com a compensação do corredor mais longo pelo desvio para cima, o desempenho da visão próxima é suficiente para tarefas típicas do dia a dia além de dirigir.

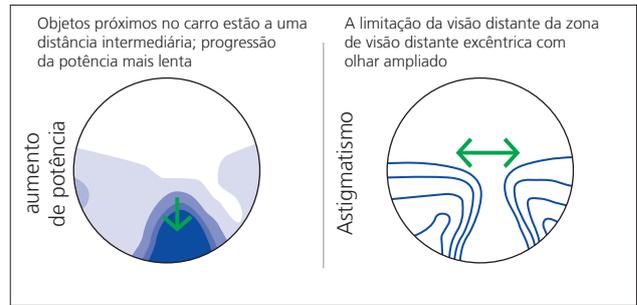


Figura 14: Lente DriveSafe

Na Figura 14, o campo à esquerda mostra o aumento de potência das lentes progressivas DriveSafe, e o campo da direita mostra o astigmatismo periférico. A fusão bem-sucedida das características especificadas resulta em um tamanho de campo utilizável, que é aumentado em até 14% para a zona de visão de campo distante e até 43% para a zona de visão intermediária em comparação com ZEISS Precision Superb® (Figura 15). Essas características de design trazem uma visão mais ampla da estrada e acesso fácil aos espelhos retrovisores laterais e permitem uma transição mais fácil e rápida entre os instrumentos do painel e outras tarefas ao dirigir.

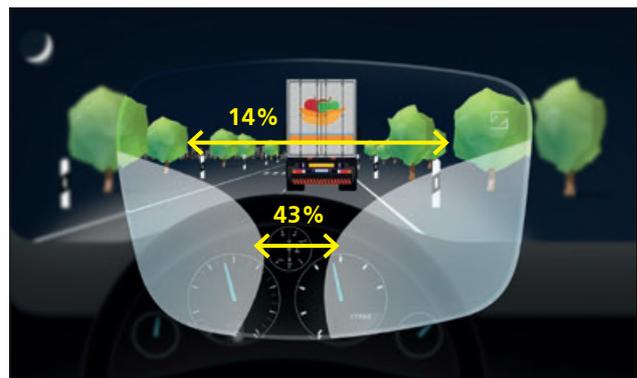


Figura 15: Zonas maiores de visão para distância longa e intermediária com a lente DriveSafe

Considerando todos esses fatores, o design DriveSafe otimiza a possibilidade de dirigir de forma confortável e sem estresse. Contudo, tanto as lentes monofocais como progressivas DriveSafe são totalmente adequadas para uso diário em todos os tipos de atividades.

As lentes ZEISS DriveSafe atendem aos três maiores desafios para proporcionar mais conforto e segurança

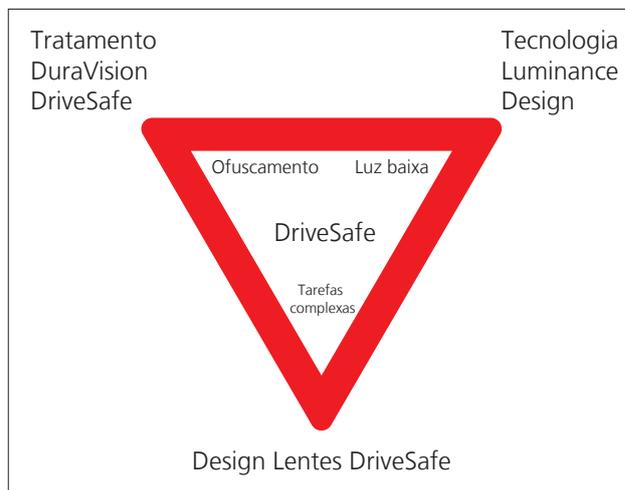
Os três maiores desafios visuais ao dirigir foram identificados e considerados na concepção das lentes ZEISS DriveSafe:

- dificuldade de enxergar em iluminação baixa
- ofuscamento e desconforto causados pelos modernos faróis de alta intensidade
- o estresse das demandas criadas pela complexidade da visão dinâmica

Em resposta, a ZEISS desenvolveu as lentes DriveSafe para estabelecer uma tríade fundamentada na segurança.

A tecnologia **Luminance Design**[®] preserva as zonas de visão amplas e nítidas mesmo com as pupilas dilatadas ao se dirigir com baixa iluminação. O tratamento **DuraVision**[®] **DriveSafe** alivia o problema do ofuscamento e desconforto causado por faróis modernos como LED e xenônio/HID. O **design das lentes DriveSafe** é concebido para aumentar o conforto e reduzir o estresse durante as tarefas exigidas na condução de um veículo. Esses três elementos trabalham juntos para aumentar a segurança, especialmente nas perigosas condições do trânsito resultantes de baixa iluminação, neblina ou chuva.

Essas características são definidas para atender às preocupações e necessidades dos 83% de indivíduos que dirigem e são usuários de lentes ópticas. Também atendem às necessidades dos 72% de usuários de lentes ópticas que se interessam em obter um único par de óculos que forneçam uma solução para lidar com os desafios específicos de dirigir.



Foram realizados exames clínicos²⁷ para comparar a eficácia e aceitação das lentes DriveSafe em um cenário ao dirigir. Os exames revelaram níveis bem altos de satisfação, acima de 95%, para as lentes DriveSafe. Os fatores que foram avaliados incluem satisfação geral ao dirigir, direção ao entardecer e à noite, visão dinâmica na visão próxima, intermediária e distante, percepção de cores e ofuscamento provocado por faróis. Os indivíduos também classificaram como muito boas as lentes DriveSafe para atividades gerais ao trabalhar no escritório ou em casa.

As lentes ZEISS DriveSafe são as únicas lentes concebidas para otimizar a condução de automóveis e, ao mesmo tempo, a realização de inúmeras atividades diárias.

Referências

1. ZEISS data on file. Market research study (August 2013) with ECPs & consumers with 480 participants in USA and Germany
2. Bundesanstalt für Straßenwesen: Das Unfallgeschehen bei Nacht (Eine Auswertung der amtlichen Straßenverkehrsunfallstatistik), Bergisch Gladbach, Dipl.-Stat. Susanne Schönebeck, www.bast.de
3. Hella KGaA Hueck & Co., Überblick Geschäftsbereich Licht, Februar 2014, unter: https://www.hella.com/hella-com/assets/media/Praesentation_Geschaftsbereich_Licht_-_Kurzfassung_DE.pdf
4. 2010 Motor Vehicle Crashes: Overview; February 2012, US Department of Transportation Traffic Safety Facts.
5. Plainis, S., I. J. Murray, and I. G. Pallikaris. "Road traffic casualties: understanding the night-time death toll." *Injury Prevention* 12.2 (2006): 125-138.
6. Frost & Sullivan Market Insight (January 2009) Automotive Exterior Lighting - Lighting up Roads and Lives!) published at <http://www.frost.com/prod/servlet/market-insight-print.pag?docid=155651107>
7. Subjective and Objective Aspects of Headlamp Glare: Effects of Size and Spectral Power Distribution; M. J. Flannagan, Report No. UMTRI-99-36 November 1999 ; University of Michigan Transportation Research Institute Ann Arbor, Michigan
8. Mainster, G.T. Timberlake. Br J, Why HID headlamps bother older drivers; *M.A., Ophthalmol* 2003; 87:113–117.
9. Pelz, J. B., & Canosa, R. (2001). Oculomotor behavior and perceptual strategies in complex tasks. *Vision Res*, 41(25), 3587-3596.
10. Rahimi M, Briggs RP, Thom DR. A field evaluation of driver eye and head movement strategies toward environmental targets and distractors. *Appl Ergon*. 1990 Dec;21(4):267-74. PubMed PMID: 15676781.
11. Chu BS, Wood JM, Collins MJ. Influence of presbyopic corrections on driving-related eye and head movements. *Optom Vis Sci*. 2009 Nov;86(11):E1267-75. doi: 10.1097/OPX.0b013e3181bb41fa. PubMed PMID: 19786931.
12. Niedenzu, L., "Blendung oder Nachtmyopie – Was hat einen größeren Einfluss auf das Kontrastsehen bei Nacht?", L-LAB, Hella KGaA Hueck & Co., 2013
13. Locher, Schmidt, Isenbort, Kley, Stahl; Blendung durch Gegen-verkehr: Scheinwerfereigenschaften, Sehleistung und Blendgefühl, Hella KGaA Hueck & Co., L-LAB, 2007
14. Niedenzu, Laura; Spektrale Einflüsse auf Blendung im Straßenverkehr im Zusammenhang mit Brillenglasbeschichtungen, Carl Zeiss Vision, HTW Aalen, 2014
15. This is the principle behind ZEISS i.Scription lenses
16. The chief ray is the single ray originating at an object point being viewed by the eye, which passes through the centre of the pupil after being refracted by the spectacle lens.
17. Landgrave J.E.A., Moya-Cessa J.R., "Generalized Coddington equations in ophthalmic lens design," *J. Opt. Soc. Am. A.*, 1996 13:1637-44.
18. Pulling NH, Wolf E, Sturgis SP, et al. Headlight glare resistance and driver age. *Hum Factors* 1980;22:103–12.
19. Kline DW. Light, ageing and visual performance. In: Marshall J, ed. *The susceptible visual apparatus*. London: Macmillan Press, 1991:150–61.
20. Sivak et al. Blue content of LED headlamps and discomfort glare, The university of Michigan, Transportation Research Institute, 2005
21. "CR39" is a registered trademark or trademark of PPG Industries Ohio, Inc.
22. Modeling spectral sensitivity at low light levels based on mesopic visual performance ; M.Vikari, A. Ekrias, M. Eloholma, L. Halonen; *Clinical Ophthalmology* 2008;2(1) 173–185
23. De Boer, J. B. "Visual perception in road traffic and the field of vision of the motorist." *Public lighting* (1967): 11-96.
24. Underwood, G.; Chapman, P.; Brockhurst, N.; Underwood, J.; Crundall, D., Visual attention while driving: Sequences of eye fixations made by experienced and novice drivers, *Ergonomics*, 46, 629-646, 2003
25. Lehtonen, E., Lappi, O., Koirikivi, I., & Summala, H. (2014). Effect of driving experience on anticipatory look-ahead fixations in real curve driving. *Acc Anal Prev*, 70, 195-208.
26. Research Institute of Automotive Engineering and Vehicle Engines Stuttgart (FKFS) <http://www.fkfs.de>
27. ZEISS data on file. Internal wearer trial (ZEISS, Germany in 2014) with 50 subjects; and external wearer trials with eye care professionals and 60 consumers (Spain, 2014)

A. Image source: <http://i.ytimg.com/vi/utfW04kT5Ug/mqdefault.jpg>





We make it visible.