

Capítulo 5. SINALIZAÇÃO VIÁRIA

Boa parte das regras de circulação de trânsito é constituída por normas gerais de conduta inscritas na legislação de trânsito como regra genérica. No entanto, a grande variedade de cenários que ocorre na circulação viária exige regras específicas distintas das genéricas e dependentes das condições que ocorrem em cada contexto. Salvo pela conveniência de enfatizar regras genéricas mas particularmente importantes em certos contextos, a sinalização de trânsito tem a função de permitir adaptar as regras a serem adotadas. Em ambos os casos (ênfase ou adaptação), a sinalização de trânsito tem de atender à exigência de comunicar-se adequadamente com os usuários da via para obter a eficácia necessária das regras de circulação adotadas.

Esta não é uma tarefa simples e será o objeto da discussão a seguir sobre sinalização viária e seu projeto.

Normalmente associa-se a sinalização viária à necessidade de ordenar a circulação do trânsito, regulamentando permissões e proibições (e definindo as ações que são infrações de trânsito). No entanto, há formas de sinalização que tem menos conteúdo normativo e mais conteúdo informativo ou de auxílio aos usuários da via. Numa acepção precisa, a sinalização de trânsito é o conjunto de elementos destinados a comunicar mensagens aos usuários da via (dispositivos de sinalização ou sinais de trânsito) ou torná-las mais eficazes nessa comunicação (dispositivos auxiliares à sinalização). Esta definição conceitual não adere totalmente a todas as definições legais que venham a ser instituídas em todos os países e épocas (no Brasil, por exemplo, a definição legal hoje inclui dispositivos de segurança como sendo de sinalização) mas é razoavelmente compreensiva.

Ao final, a sinalização de trânsito constitui-se de um amplo repertório de elementos de comunicação com os usuários da via que pode ser classificado nos seguintes tipos tradicionais:

- sinalização horizontal (marcas viárias): é um conjunto de elementos (linhas, marcas, símbolos ou legendas) aplicados ao pavimento da via para regulamentar ou auxiliar o deslocamento de veículos; tem a clara vantagem de permitir repartir o espaço viário e comunicar-se com os condutores sem desviar seu olhar da pista mas tem distância de visibilidade restrita (principalmente noturna e com chuva ou por encobrimento pelo tráfego) e é sujeita a maior desgaste e sujeira;
- sinalização vertical (placas de trânsito): é um conjunto de elementos (em geral placas) fixados na posição vertical (normalmente ao lado ou suspenso sobre a via) para comunicar sua mensagem ao usuário para regulamentar e auxiliar o trânsito; tem capacidade de comunicar-se com o usuário à maior distância (provendo maior tempo de reação à mensagem, inclusive em condições noturnas ou sob chuva), apesar de ser menos conspícua e poder ser ter a visão obstruída por obstáculos e veículos de maior porte, além de ser mais durável; seus suportes podem interferir com a circulação de pedestres e ocasionar choques com veículos em saídas de pista descontroladas;
- sinalização semafórica (semáforos): é um conjunto de elementos luminosos (acionados alternadamente ou intermitentemente) para transmitir mensagens de controle do movimento de veículos e/ou pedestres (cada elemento luminoso é um foco e cada conjunto completo de elementos

- que compõe uma mensagem é um grupo focal); outros elementos de sinalização luminosa constituem categorias relacionadas (como painéis ou sinais de mensagem variável); o atributo de exibir mensagem variável é bastante importante e oportuno; nos demais aspectos, tem características similares ao da sinalização vertical mas permite separar movimentos conflitantes no tempo e variar a resposta no tempo e em função do tráfego ou suas condições externas; no entanto, é menos conspícua e mais sujeita a ofuscamento solar, mais custosa (em aquisição e manutenção) e sujeita a falhas;
- dispositivos auxiliares de sinalização: são elementos de diferentes tipos (horizontais ou verticais, refletivos ou luminosos, etc...) que buscam tornar mais efetiva a comunicação da sinalização com os usuários ao tornar mais perceptível sua mensagem ou os elementos da via a que a mensagem se refere (ao invés de prover mensagem específica, que cabe aos elementos de sinalização); inclui todos os elementos da via que tornam a sinalização mais eficaz.

Ao contrário de apresentações que discutem detalhadamente os diferentes tipos de sinalização, suas características e aplicações (o que deve também ser feito, com ênfase importante na normatização correspondente sobre o tema de cada país), a discussão feita a seguir tenta ser conceitual na identificação dos aspectos básicos que determinam as normas adotadas e condicionam a eficácia da sua aplicação. O estudo combinado da visão teórica aqui apresentada e dos manuais de projeto detalhados deve obter os melhores resultados.

Nos dias de hoje, é bastante oportuno refletir sobre a forma atual dos elementos de sinalização de trânsito. O tráfego, como circulação de veículos e pedestres nos espaços de circulação a eles destinadas, manteve desde os primórdios o comando do homem. Em especial, os condutores detêm o controle dos veículos (particularmente os motorizados) e a necessidade de interferir na operação do tráfego selecionou a comunicação com os usuários da via como modo de atuação (em grande parte através do meio visual). Esta disposição materializou-se no decorrer do tempo nas diversas formas de sinalização de trânsito que se desenvolveram e ainda predominam.

A preponderância da forma de comunicação visual entre a sinalização de trânsito e os usuários da via será claramente notada adiante. Por exemplo, os requisitos de visibilidade da sinalização de trânsito são fundamentais na forma atual e traduzem-se na necessidade de projetar os elementos de sinalização em função do desempenho da visão humana em termos de sua acuidade (capacidade de detectar e interpretar as mensagens) e sua sensibilidade (capacidade de discernir o contraste visual que configura as mensagens, particularmente luminoso). Este desempenho relacionado com a comunicação visual, por sua vez, envolve aspectos relativos às condições de iluminação viária (provida pelos veículos ou pela iluminação das vias) e ao desempenho dos elementos de sinalização em termos de refletividade à luz que podem ser dispensadas diante de novas formas de comunicação. Por este motivo, esta porção do conteúdo apresentado a seguir pode ser bastante suscetível ao desenvolvimento de novas formas de comunicação no futuro. Há também outros aspectos que serão discutidos e relacionados com outras características do tráfego (por exemplo, o desempenho dos veículos e dos condutores para as tarefas exigidas ou a resistência dos veículos e a resistência humana a impactos decorrentes de acidentes) e que também devem ser avaliados (embora possam evoluir de forma mais lenta). Parece difícil prever em que medida uns e outros aspectos perdurarão no futuro.

Em que pese o grande desenvolvimento da tecnologia veicular (que anuncia veículos autônomos e conectados entre si e com o meio externo como uma possibilidade futura) e dos sistemas de controle de tráfego (baseados em meios cada vez mais amplos de aquisição de dados e de análise para atuação de seus meios de intervenção sobre a operação viária), as novas formas de interação entre veículos e com sistemas de controle parecem ainda incipientes. Por este motivo, a apresentação a seguir mantém diversas características que devem ser avaliadas de maneira crítica para analisar inovações que possam vir adiante e selecionar elementos ou procedimentos que alterem sua necessidade ou funcionamento. Naturalmente, além de aplicar-se à forma atual de sinalização do trânsito, espera-se que a discussão possa ser relevante para a concepção de inovação quando forem exigidas por novas formas de operação do tráfego que sejam viabilizadas no futuro.

5.1. NECESSIDADE DA SINALIZAÇÃO VIÁRIA

A ordenação da circulação nas vias de trânsito existe mesmo na ausência de sinalização viária. Parte substantiva do conteúdo dos Códigos de Trânsito adotados como lei em todos os países corresponde ao estabelecimento de regras gerais de circulação que prescindem da utilização da sinalização de trânsito, exceto onde for necessário dar ênfase às normas gerais ou aumentar sua observância. Nem sempre as regras gerais de circulação nas vias de trânsito são bem conhecidas e entendidas pelos usuários da via, sem mencionar seu respeito, mas quase todas as situações de conflito no trânsito estão normalmente disciplinadas nos Códigos de Trânsito de cada local (região ou país), existindo em geral poucas situações ambíguas ou contraditórias.

Por este motivo, como regra, a sinalização de trânsito existe para permitir adotar formas alternativas de organização da circulação (mais custosas pelo menos pela exigência de implantar a sinalização correspondente) que podem ser mais adequadas em contextos específicos. O entendimento das normas gerais de circulação passa a ter uma importância legal especial pelo poder de alterar as normas gerais de circulação e exigir a adaptação decorrente no comportamento dos usuários da via. A implantação da sinalização, por sua vez, passa a ter de satisfazer requisitos essenciais de adequação na comunicação do seu conteúdo aos usuários da via, incluindo sua compreensão e oportunidade (permitindo que a ação comandada aos usuários possa ocorrer de forma normal e segura, se possível natural e confortável).

Muitas regras gerais de circulação nas vias de trânsito estão tão arraigadas ao cotidiano das pessoas que podem até passar despercebidas aos usuários da via, pelo menos em cada país. O caso mais claro é o estabelecimento dos sentidos de circulação nas vias. Na maior parte dos países, adota-se a regra de circulação dos veículos nas vias pela direita (salvo poucas exceções, como notadamente a Inglaterra e demais países da Grã-Bretanha, além da Austrália e do Japão, onde adota-se a circulação pela esquerda). Não fosse pelas poucas exceções, a regra poderia vir a ser considerada natural (e eventualmente atribuída a alguma conjunção divina). Também como uma regra que admite exceções bastante comuns na grande maioria das cidades e demonstra um claro recurso à sinalização de trânsito: as vias passam a ter sentido único de circulação apenas onde houver placas de sinalização eficazes para instituir esta norma alternativa de circulação.

Outros exemplos podem ser citados e em alguns casos podem comportar variações entre países (segundo a norma geral estabelecida

pelos Códigos de Trânsito adotados e as formas alternativas aceitas para alterá-las, assim como os padrões de sinalização admitidos para implantar cada forma alternativa à normal geral). Vale discutir alguns casos para ilustrar a importância do entendimento das regras gerais de circulação e da previsão (ou não) de formas alternativas que podem ser instituídas pela sinalização de trânsito.

Uma norma complementar ao estabelecimento dos sentidos de circulação nas vias normalmente corresponde à delimitação das áreas adjacentes às pistas de tráfego, protegidas da sua intrusão para acomodar outras necessidades e funções. Claramente é o caso das calçadas, espaços destinados à circulação prioritária de pedestres e que excluem o tráfego de veículo (exceto para entrar e sair dos lotes adjacentes às vias, cedendo a prioridade estabelecida aos pedestres na calçada e aos veículos nas vias de que vai entrar ou sair). Nas vias de maior importância é também o caso dos acostamentos, definidos em geral como áreas de reserva para paradas de emergência, admitindo eventualmente paradas de veículos de transporte coletivo e circulação de pedestres, onde não houver espaço específico para estas necessidades). Menos clara e geral é a permissão de uso do espaço das pistas de tráfego e das calçadas para outros usos existentes como, por exemplo, o tráfego de veículos não-motorizados (entre estes a bicicleta como transporte individual de pessoas mas também veículos que transportam pessoas ou cargas).

Por inspiração da Convenção de Viena, é bastante comum que os Códigos de Trânsito tratem veículos não-motorizados de forma ríspida, ordenando sua circulação nas pistas de tráfego (compartilhando o espaço com os veículos motorizados). Não faltam, no entanto, casos em que a ordenação adotada admite a circulação nos espaços dos pedestres, desde que seja respeitada a preferência dos pedestres e praticada uma velocidade compatível com sua segurança e conforto (eventualmente autorizando velocidades mais elevadas quando houver obediência à preferência e incolumidade dos pedestres e forem acionados avisos sonoros da prática aos pedestres). Além disso, a regulamentação deve decidir sobre a equiparação a pedestres ou ciclistas (ou outras modalidades) para uma grande variedade de formas alternativas de transporte que se multiplicam como patinetes, skates, carrinhos de bebê, carrinhos de mercadorias, carrinhos elétricos patinetes elétricos, skates elétricos, bicicletas elétricas, entre outros, sem mencionar veículos de maior porte de tração humana ou animal. A regulamentação brasileira, como na maior parte dos países, privilegia regras de similaridades (isto é, baseadas em dimensões e desempenho compatível com os pedestres ou ciclistas) mas esta visão comum comporta decisões variadas que muitas vezes variam entre países (mesmo cidades) e ao longo do tempo.

A sinalização de trânsito, nestes casos, permite instituir diversas formas alternativas que vale a pena analisar no conteúdo e na forma:

- a proteção aos veículos-não motorizados pode ser obtida demarcando faixas de uso especial exclusivas (que não podem ser utilizadas por outros veículos) ou preferenciais (em que os demais veículos são secundários e devem dar preferência aos veículos não-motorizados); no Brasil, por exemplo, pode-se demarcar ciclo-faixas para segregação do espaço do espaço destinado aos ciclistas nas pistas de tráfego (são faixas exclusivas, no caso, não sendo previstas faixas preferenciais);
- alternativamente, pode-se sinalizar a permissão do uso compartilhado das calçadas pelos ciclistas (no Brasil pode ser feito através de placas de regulamentação), onde for compatível com a preferência devida aos pedestres em tráfego

compartilhado, ainda utilizando a eventual demarcação da porção da calçada alocada aos ciclistas (forma não disciplinada no Brasil), onde for conveniente e possível segregá-los.

Também complementarmente à definição da circulação do tráfego, são estabelecidas normas gerais de permissão e proibição de estacionamento nas vias. A regra geral de permissão é normalmente reservada para o estacionamento junto à calçada (no Brasil a regra geral é a proibição do estacionamento junto ao canteiro central das vias, incluindo praças ou outros espaços situados à esquerda na via), salvo onde houver acostamento (no Brasil é também genericamente proibido o estacionamento em rodovias de pista simples, onde há apenas uma faixa por sentido, mesmo havendo acostamento). A regra geral de proibição também é adotada nos trechos em que o estacionamento constitua uma interferência relevante para a fluidez e/ou segurança do trânsito (no Brasil proíbe-se genericamente o estacionamento ao longo de pontes e viadutos, junto a interseções, estendida a proibição na distância até 5m do meio-fio da via transversal). No entanto, na maior parte destes casos, a sinalização pode ser utilizada para alterar a regulamentação no sentido restritivo (por exemplo, proibindo o estacionamento adjacente à calçada) ou liberativo (por exemplo, permitindo o estacionamento adjacente ao canteiro central ou praças). Vale a prática usual: embora seja possível sinalizar a ênfase às regras gerais, somente é estritamente necessário sinalizar quando se deseja alterar as regras gerais (se possível).

As interseções e travessias das vias são outros elementos em que o entendimento das regras gerais e das formas possíveis de sinalizar padrões distintos de ordenação do tráfego é importante (especialmente para as manobras que envolvem cruzamento).

O primeiro aspecto a observar é a preferência entre manobras conflitantes, simultaneamente permitidas. Na ausência de sinalização que estabelece a preferência entre manobras ou usos conflitantes na via de maneira afirmativa, o trânsito de pessoas e veículos deve observar regras gerais de preferência na circulação (que a sinalização pode modificar). Entre as regras gerais de circulação mais disseminadas entre os países estão normas de cessão de preferência para as manobras de ingresso nas vias (de lotes lindeiros ou do estacionamento ao longo da via) ou de mudança de posição na via (mudanças de faixa ou de via, genericamente), assim como normas de proteção a manobras ou usuários mais vulneráveis (...). Boa parte destas regras é de fácil entendimento e aceitação porque correspondem à expectativa normal dos usuários da via. No entanto, as regras “naturais” são insuficientes para ordenar a circulação e logo percebe-se a necessidade de regras afirmativas adicionais.

O exemplo mais claro pode ser relacionado com as regras de preferência no cruzamento de manobras conflitantes em uma interseção. Internacionalmente, duas regras básicas são usuais. Pensando nos países em que o sentido normal de circulação na pista de rolamento fica à direita (como no Brasil), o lado direito da via é o lado adjacente às faixas de tráfego (o sentido oposto também vê o lado adjacente ao tráfego à sua direita, devido à inversão das direções) e é chamado de face próxima (ou *nearside*), porque o outro lado da via fica após o sentido oposto de tráfego, sendo por isso chamado de face afastada (ou *farside*). A face próxima fica do lado oposto ao ocupado pelo motorista no veículo e a face distante fica do mesmo lado do ocupado pelo motorista no veículo. As regras usuais de prioridade no cruzamento são então denominadas de prioridade para o fluxo da face próxima (*nearside priority*) ou da face afastada (*farside priority*). Em

um dado país, onde se circula pela direita ou pela esquerda, a regra de prioridade no cruzamento pode ser traduzida em prioridade do fluxo vindo da direita ou da esquerda mas funciona de forma distinta ao combinar-se com o sentido de circulação na via. Por exemplo, no Brasil e na Inglaterra vigora a regra de prioridade para o fluxo que vem da direita mas a regra corresponde à prioridade do fluxo vindo da face próxima no Brasil (*nearside priority* ou prioridade ao fluxo vindo do lado oposto ao do condutor no veículo) e à prioridade do fluxo vindo da face afastada na Inglaterra (*farside priority* ou prioridade ao fluxo vindo do mesmo lado do condutor no veículo). Essa transposição explica porque as rotatórias são muito populares na Inglaterra e operam normalmente com a prioridade convencional dos fluxos circulantes mesmo na ausência de sinalização ou regra específica (porque os fluxos circulantes das rotatórias são os fluxos da face afastada quando a circulação na via ocorre pela esquerda). No Brasil, a implementação da mesma regra de preferência para o fluxo circulante nas rotatórias exigiu a introdução de uma regra específica no CTB de 1997 (que não havia no CNT de 1966 e gerava confusão entre o que a lei dizia e o que as pessoas diziam, quando seguiam a convenção inglesa). Ainda com relação ao CTB de 1997 no Brasil, existe uma outra regra específica que se refere ao cruzamento de fluxos vindos de rodovias (que são então considerados prioritários, pelo menos quando a via transversal é comum. Estas regras usuais ou específicas funcionam bem na ausência de sinalização quando correspondem às expectativas dos usuários da via (como a preferência das rodovias) mas não são satisfatórias nos outros casos (por falta de entendimento, de discernimento ou até de lembrança).

Sempre que os conflitos de cruzamento (ou mesmo de convergência entre manobras) passam a constituir um risco relevante de acidentes, em geral é necessário recorrer a maneiras mais afirmativas de definição da preferência no uso da via, utilizando a sinalização de trânsito. A primeira opção é a definição com sinalização de prioridade, em que uma das vias é sinalizada como preferência e outra via é sinalizada como secundária (implantando uma regra que se sobrepõe às regras gerais de preferência, exceto como complemento, dado que ainda é preciso regular conflitos entre manobras que são ambas da via preferencial ou ambas da via secundária). A segunda opção é a definição com sinalização semafórica, como recurso para alternar a preferência entre as vias (e mesmo manobras) em diferentes períodos da operação em que normalmente certas manobras são autorizadas a operar ou não (isto é, mais do que a preferência, em cada período varia o conjunto de manobras autorizado a operar). Cada período de operação semafórica fica assim muito mais simples e seguro (o que explica a grande disseminação desse recurso nas cidades). A importância destes recursos de sinalização de trânsito pode ser facilmente entendida quando se percebe que as interseções são os locais em que ocorrem a maior parte dos conflitos na circulação viária mas, em grande parte em função dos recursos de sinalização mencionados, não concentra acidentes de trânsito na mesma medida (embora ainda mereçam atenção fundamental).

A sinalização de trânsito também pode ser necessária para proibir certas manobras, seja pelo impacto na segurança ou na fluidez do tráfego gerado pelos conflitos trazidos para a operação das interseções. Como padrão usual, as regras gerais são permissivas mas exigentes sobre as condições de segurança a serem observadas na execução das manobras eventualmente demandadas na circulação viária. Como regra geral todas as vias tem permissão de tráfego em ambos os sentidos e todas os movimentos são permitidos nas suas interseções, incluindo as manobras de cruzamento ou as conversões próximas (à

direita, onde se trafega pela direita) ou afastadas (à esquerda, onde se trafega pela direita, mesmo diante do conflito gerado com o fluxo de tráfego do sentido oposto da via, quando há sentido duplo de circulação na via). Diante da existência de conflitos decorrentes do cruzamento ou oposição dos trajetos, da sua convergência para faixas comuns, ou da divergência entre movimentos que podem operar em momentos distintos ou tem de praticar velocidades diferentes, as regras gerais instituem exigências de comportamento diligente (cuidadoso) na realização das manobras (acionar os dispositivos de sinalização do veículo, atingir posições seguras de espera e manobra, aguardar brechas adequadas e manter cautela diante de situações de risco, etc...). Mas é claro na observação da operação de tráfego que mesmo os usuários mais disciplinados e atentos não são capazes de atingir uma operação de tráfego adequada em termos de segurança e de fluidez para todos os contextos comuns na operação viária. Por este motivo, a sinalização de trânsito de todos os países inclui formas de regular as permissões e proibições de forma específica, da maneira que se considera adequada nas condições específicas a cada local.

Em alguns casos, há restrições às permissões que são tornadas regras gerais (em lugar do padrão permissivo). Por exemplo, como norma geral é proibido realizar ultrapassagens em interseções porque esta manobra é imprevisível para um veículo da via secundária que tem de observar os dois sentidos da via para fazer a conversão para o sentido oposto da via (que ficaria então em conflito com um veículo que estivesse realizando uma ultrapassagem utilizando a mesma faixa do sentido oposto). No caso do Brasil, esta é uma das normas que inclusive não pode ser alterada pela sinalização viária (por excesso de zelo). Outro exemplo mais ambíguo refere-se às manobras de retorno que por normal geral são permitidas apenas onde existe espaço adequado para realização das manobras (pretensamente baías de conversão e vias largas para recepção dos veículos) ou condições seguras para sua realização (uma ressalva desprovida de detalhamento ou simples descrição). A previsão usual, como ocorre no Brasil, é a incorporação de formas de proibição específica com a sinalização de trânsito (isto é, que eliminam a ambiguidade sobre a negação da permissão de retorno). A presunção de que o entendimento permissivo é suficiente para tornar desnecessária a sinalização permissiva pode ser defendida, mas não é raro encontrar situações em que os usuários da via sentem falta da norma positiva clara. As referidas condições adequadas ou seguras para a manobra são muitas vezes difíceis de avaliar, em particular para veículos de maiores dimensões (felizmente conduzidos por operadores mais experientes e treinados).

O entendimento das regras gerais de circulação é, portanto, um requisito para definir a necessidade de sinalização viária (especialmente para modificá-las). Esta discussão geral é importante e pode ser remetida aos primórdios da regulamentação da circulação nas vias terrestres. Ao longo do tempo, no entanto, percebeu-se que certos contextos eram motivo de preocupações específicas relevantes.

Por exemplo, as normas gerais até aqui descritas são insuficientes para regular os conflitos entre a circulação de veículos e pedestres (sem mencionar os ciclistas e as demais formas de transporte não motorizado anteriormente mencionadas). Igualmente, não são suficientes para regular de forma adequada uma das situações de maior risco na situação viária: as ultrapassagens (entendidas em sentido estrito como as manobras de passagem por veículos lentos usando faixas do sentido oposto do tráfego, como tem de ocorrer em vias com uma faixa de tráfego por sentido).

No que se refere aos conflitos com pedestres, as regras de preferência são em geral muito genéricas. O melhor exemplo é o da regra que estabelece o nível de preferência dos pedestres nas faixas de travessia. Em princípio pode-se estabelecer regras de preferência absoluta (em todos os casos e diante de todos os usos conflituosos) ou relativa (isto é, parcial ao ressaltar condições de segurança ou distinguir fluxos prioritários ou secundários em cada contexto). É importante ter uma e outra situação (ou situações pois a preferência relativa comporta variações diversas). No Brasil, por exemplo, a preferência dos pedestres nas faixas de travessia é determinada de forma genérica (exceto onde há semáforo) mas não regula o comportamento específico exigido dos usuários da via e a interação com outras regras (por exemplo, a posição admitida ao longo das faixas de tráfego ou a distância do veículo em aproximação) ou exige uma forma clara de manifestar sua intenção de atravessar (por exemplo, um sinal de mão). Não é distinguida a situação em que o pedestre atravessa a via preferencial ou secundária (quando há placas que estabelecem preferências entre as vias) nem particularizada a situação de meio de quadra ou das interseções (embora, neste caso, seja concorrente com a regra que exige que as conversões cedam preferência a pedestres e ciclistas) ou providos recursos para adequar as normas de circulação com as condições peculiares de cada local (como placas que estabelecem o nível de prioridade).

A única exceção, elogiável, seria a forma como a regulamentação usual esclarece que a existência de semáforos sobrepõe-se à regra genérica mas sua expressão é clara somente quando os semáforos tem focos de pedestres (em grande parte dos locais não há foco de pedestres e vigoraria uma regra implícita de preferência dos pedestres diante das conversões mas não dos fluxos diretos, que aliás não é uniformemente compreendida e obedecida em países como o Brasil). Termina-se por instituir um cenário pretensamente protetor ao pedestre mas difícil de ajustar às diferentes condições de circulação que podem ocorrer (o que talvez explique parcialmente o alto nível de desobediência às normas instituídas). Os semáforos são um recurso útil para adequar as normas de circulação às condições existentes em cada local mas traz muitas vezes um custo excessivo aos usuários da via que formas intermediárias (no Brasil inexistentes) poderiam evitar.

No que se refere às manobras de ultrapassagem em vias de pista simples e duplo sentido de circulação, as regras de circulação estabelecem normas de comportamento que exigem cuidado e zelo dos condutores sem caracterizar condições objetivas para a manobra mas existe o recurso de utilizar marcas longitudinais no pavimento para delimitar com linhas contínuas as porções da via em que há proibição de ultrapassar (ao menos iniciar a manobra) e não é permitido transpor a marca divisória de faixas para acessar as faixas do sentido oposto para ultrapassagem (as placas relacionadas são suplementares). A regra de proibição de transposição da linha contínua também proibiria retornar à faixa normal de tráfego após seu início (isto é, exigiria que a ultrapassagem fosse concluída antes de iniciar-se a linha contínua). No entanto, a manobra de ultrapassagem é normalmente extensa e demorada (e bastante variável em função das velocidades e dimensões relativas dos veículos envolvidos), tornando difícil a previsão do local em que é possível retornar às faixas do sentido de tráfego normal (a placa de proibição facilita a visualização do limite sinalizado mas não auxilia o retorno à faixa normal sem um comportamento colaborativo dos usuários da via) e mantendo um nível de risco significativo que é ainda aumentado pelo desrespeito à proibição de ultrapassagem (especialmente em casos em que a falta de oportunidades regulares de ultrapassagem geram longa frustração aos condutores).

Em ambos os aspectos, tanto as regras gerais quanto as formas usuais de sinalização são repletas de ambiguidades e o recurso a ambas tem de avaliar sua efetividade real em cada contexto local. Uma visão simplesmente legalista (isto é, apegada a afirmar e fiscalizar uma dada interpretação das regras aplicáveis) pode ser insuficiente para obter um nível adequado de segurança no trânsito (o que deve ser diligentemente monitorado a partir das estatísticas reais sobre acidentes de trânsito). Não se trata de ignorar ou negligenciar as regras legais mas de interpretá-las de forma crítica (reconhecendo suas lacunas e ambiguidades) e de buscar meios efetivos de atingir uma ordenação adequada da utilização do espaço viário.

Outro exemplo da necessidade de ir além da aplicação burocrática das normas legais pode ser dado. Muitos conflitos decorrem de manobras pouco usuais ou de tipos de veículos menos presentes no tráfego normal e também podem não ser adequadamente reguladas pelas regras estabelecidas para o tráfego geral. As regras usuais nem sempre tratam adequadamente situações eventuais. Regras específicas nem sempre existem para acomodar situações que podem ser evitadas sem instituir regras rigorosas que teriam pequena utilidade.

Um exemplo em que a ordenação nacional é adequada pode ser usado para ilustrar o contexto favorável. Os semáforos tem de ser dimensionados para atender os pedestres adequadamente e esta definição deve selecionar uma velocidade de travessia correspondente. Naturalmente, diferentes pedestres podem utilizar uma interseção semaforizada e suas velocidades podem variar numa faixa razoável (normalmente entre 0,9m/s ou menos para pessoas idosas ou com restrições de mobilidade a 1,2m/s ou mais para jovens e adultos sem restrições). No entanto, uma regra geral exige que os veículos autorizados a iniciar o movimento em um semáforo (isto é, que recebem a indicação verde) devem esperar que os usuários presentes na área de conflito do cruzamento (e em particular nos locais de travessia) concluam sua manobra. Desta forma, velocidades menores somente precisam ser adotadas quando a presença de pedestres que exigem maior tempo de travessia é frequente e produz situações de risco efetivo de acidentes (e não de forma geral). Se confiança nesta regra é segura (dadas as condições existentes em um local), evita-se penalizar o tráfego geral em função de uma situação menos frequente ou de risco reduzido. O mesmo ocorre para o caso relativo à presença de veículos pesados de dimensões maiores que as previstas no projeto de uma interseção ou via. Pela falta de espaço físico, sua manobra não poderá ser feita de forma natural e ocupará o local por um tempo muito maior do que seria normal mas a situação é totalmente aceitável se sua frequência for rara e não implicar em risco relevante.

Idealmente, sempre que uma regra geral não for suficiente, seria conveniente ter na sinalização de trânsito o meio para obter a situação adequada mas ainda havendo recurso a regras específicas para casos especiais que não penalizam o tráfego geral de forma desnecessária.

Não que esta visão possa tornar a questão em algo simples ou a discussão social em algo pacificado. Para muitas pessoas, a falta de consideração às necessidades integrais de certos tipos de usuários ou necessidades constitui uma falta essencial. Na questão discutida sobre os tempos de pedestres, pode-se argumentar que a falta de acomodação em geral discrimina grupos de pessoas com necessidades especiais de mobilidade (em termos de velocidade, pelo menos), como seriam os idosos e os portadores de deficiências físicas. O mesmo pode ser dito sobre a atenção peculiar a atividades especiais (como o atendimento

aos veículos de emergência nos anos 70 e a priorização do transporte coletivo nos anos 80), seja em função da sua natureza crítica ou da sua importância social. Como exemplo mais recente, o final do século passado assistiu a um grande movimento por maior consideração aos usuários especiais (aparentemente iniciada pelo U.S.ADA-*Americans with Disability Act* de 1990), que se traduziu no Brasil na Lei de Acessibilidade de 2000 e na normatização relacionada. A motivação de ampliar o atendimento às necessidades especiais é obviamente louvável mas a simples decisão de tornar obrigatórias intervenções destinadas a usos menos presentes enfrenta claras limitações econômicas que devem ser ponderadas. As normas especiais são, no caso, uma opção válida para acomodar estas necessidades. Um exemplo é a proteção às crianças no sistema viário. Fácil é imaginar o grau de transformações e limitações que seria necessário para ter um sistema viário e uma ordenação do tráfego capaz de proteger crianças movendo-se sem monitoração. Mais razoável é, portanto, impor exigências de monitoração aos seus responsáveis legais e de atenção aos condutores de veículos em geral sobre situações que representem a presença de perigos que ameacem as crianças.

Na maior parte dos casos discutidos anteriormente, a sinalização pertinente pode melhorar de forma significativa a interação entre os usuários da via e tem mensagem de regulamentação clara e efetiva.

Em geral, a forma de auxílio à ordenação do uso do espaço viário através da sinalização usa a regulamentação e toma a forma de placas de trânsito (a sinalização vertical). Esta regra habitual não tem, no entanto, uma base geral e uma necessidade universal. O caráter de regulamentação das formas de sinalização é atribuído de forma específica em diferentes contextos, em decorrência da forma da lei e pode variar de forma ampla. A discussão anterior sobre a proibição de ultrapassagem citou um contexto em que as marcas viárias tem poder de regulamentação (e as placas de trânsito são suplementares) e em que a sinalização (em qualquer das suas formas) é limitada no poder de alterar as regras gerais de circulação (a sinalização pode, por exemplo, eliminar a proibição genérica de ultrapassar ao longo de pontes e viadutos, passagens de nível e travessias de pedestres ou trechos de curvas e aclives com visibilidade restrita mas não pode eliminá-la no contexto da proibição de ultrapassar nas interseções e suas proximidades). A predominância de uma ou outra situação decorre da legislação vigente em cada país e comporta ampla variação. Por exemplo, entende-se (com base no CTB de 1997, como também do CNT de 1966) que a sinalização de preferência em interseções no Brasil é estabelecida pelas placas de trânsito (PARE e DÊ PREFERÊNCIA). Em outros países, as linhas de retenção que normalmente acompanham estas placas de trânsito podem ter poder de regulamentação suficiente (no Brasil são opcionais em certos casos e, quando usadas, servem apenas para assinalar o local onde os veículos secundários devem aguardar a oportunidade de completar sua manobra).

A contribuição da sinalização de trânsito deve, entretanto, ir além da regulamentação. Em geral, é necessário incluir a advertência sobre situações especiais que gerem risco de acidente ou condição de desconforto aos usuários (e que não se evidenciem por si só) e adicionar a informação ou orientação necessária para atendimento às necessidades de deslocamento dos usuários da via e para o adequado balizamento e direcionamento dos veículos na via (delineando seu percurso na via). Qualquer necessidade ou condição precisa, além de provida, ser antecipada de forma conveniente para permitir uma resposta adequada dos usuários da via na modificação do seu percurso

ou posicionamento para conclusão das manobras. O aspecto espacial também pode exigir meios auxiliares de comunicação com os usuários da via, por exemplo na delimitação de áreas de permissão ou proibição, que a sinalização de trânsito deve prover.

Em consequência do que se disse até aqui, deve-se entender que o atendimento das necessidades a serem satisfeitas pela sinalização de trânsito exige um repertório bastante amplo de recursos. Esta característica determina a extensão da apresentação a ser feita a seguir.

5.2. REQUISITOS PARA O PROJETO DA SINALIZAÇÃO VIÁRIA

Em todos os casos, a eficácia da sinalização de trânsito depende de requisitos de comunicação efetiva com os usuários da via que são tão importantes quanto os relacionados com a legalidade e pertinência da sua aplicação, que inclui aspectos de percepção e inteligência. Definida a necessidade da sinalização viária, deve-se também determinar a forma de provê-la para atingir a comunicação eficaz com os usuários da via (a tarefa precípua do projeto da sinalização viária).

A discussão da teoria básica para o projeto dos elementos da sinalização viária (placas de trânsito e marcas viárias, em particular) é usualmente ausente do conteúdo padrão dos textos acadêmicos sobre Engenharia de Tráfego. Quando o projeto de sinalização viária é tratado, os critérios de utilização e dimensionamento de placas de trânsito e marcas viárias são normalmente reproduzidos de documentos normativos, sem justificativa detalhada, salvo em raras exceções. Mesmo quando os critérios normatizados são o resultado de experimentos científicos cuidadosamente planejados (o que nem sempre ocorre), a falta de justificativa adequada torna difícil perceber quais são os aspectos críticos para o funcionamento adequado da sinalização viária. Na verdade, a adequação de muitos critérios normativos é discutível, dados que em muitos casos não há uma técnica clara e objetiva para relacionar critérios alternativos com o desempenho adequado da sinalização (aliás, muitas vezes falta mesmo um entendimento claro sobre os requisitos funcionais que os elementos de sinalização devem atender para terem desempenho adequado. Portanto, a discussão a seguir deve ser vista como um esforço inicial para expor regras usuais e sua justificativa, como forma de preencher a lacuna atualmente existente na discussão sobre o assunto.

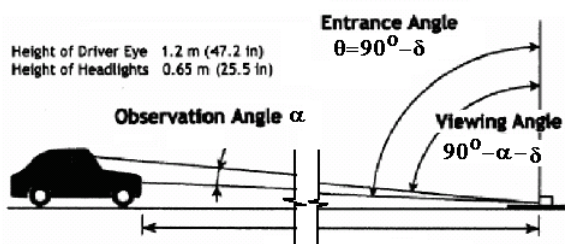
A discussão detalhada dos conceitos e medidas envolvidos está disponível em algumas normas técnicas (e.g. de normas da Comissão Internacional de Iluminação, o CIE-*Commission Internationale de l'Eclairage*, do Comitê Europeu de Normatização, o CEN-*Comité Européen de Normalisation*, ou do Instituto Britânico de Normas, o BSI-*British Standards Institute*, da Organização Internacional de Normatização, o ISO-*International Standards Organization*, do Instituto Nacional de Normas Americano, a ANSI-*American National Standards Institute*, da Sociedade Americana para Testes de Materiais, ASTM-*American Society for Testing Materials*, hoje *ASTM International*, e da ABTN-Associação Brasileira de Normas Técnicas) mas a apresentação é sumária e obscura. Por exemplo, os requisitos de retro-refletividade para placas de trânsito na Europa são atualmente baseados no coeficiente de luminância retro-refletida (*coefficient of retroreflective luminance* R_L) enquanto os mesmos requisitos nos EUA usam o coeficiente de retro-refletividade (*coefficient of retroreflectivity* R_A). Para ambos, os valores definidos são dependentes da geometria dos dispositivos de medida e nenhuma relação direta entra as medidas

fixadas e as propriedades dos elementos de sinalização ou a percepção dos usuários da via é claramente elaborada nas normas técnicas.

Como resultado, o desempenho funcional dos elementos de sinalização não pode ser relacionado com seu projeto mesmo para os requisitos mais básicos: detecção e leitura das placas de trânsito (ou marcas viárias). Estes requisitos básicos devem ser satisfeitos sob todas as situações de tráfego razoavelmente possíveis, incluindo a condução diurna e noturna, assim como condições climáticas usuais (como chuva, névoa, neblina, etc...), mesmo se (legalmente) exigindo cuidados especiais no comportamento dos usuários da via. Uma teoria básica para o projeto de elementos de sinalização viária deve formular a relação explícita entre suas características e as necessidades dos usuários da via. Entretanto, nenhuma versão amplamente aceita de tal teoria parece existir atualmente e a discussão a seguir é preliminar.

Como argumentado adiante, algumas relações fundamentais que tal teoria básica exige não estão adequadamente assentadas. Por exemplo, o desempenho em campo dos elementos de sinalização viária é dependente do desempenho dos sistemas de iluminação (dispositivos veiculares e viários), assim como das suas propriedades refletivas (e.g. seu coeficiente de refletividade usualmente estabelecida como uma função ou matriz nas diversas combinações de direção, particularmente em pequenos ângulos que caracterizam a retro-refletividade necessária nas condições viárias). A necessidade de modelos fotométricos

adequados dos sistemas de iluminação (faróis em especial) deve ser enfatizada. De forma correspondente, a amostra de pontos de propriedades de retro-refletividade fixada nas normas sobre materiais para placas de sinalização e marcas viárias também são inadequadas (ou pelo menos insuficientes) no desenvolvimento de uma teoria básica para projeto de elementos de sinalização viária ou análise do seu desempenho (porque a posição na via varia continuamente).



A seguir, uma versão preliminar de uma teoria básica é apresentada. A próxima seção discute os requisitos gerais para elementos de sinalização viária (a denominação geral utilizada quando se faz referência a placas de trânsito, marcas viárias e outros elementos) e introduz conceitos que serão utilizados nos procedimentos aplicados. Como será argumentado, a análise para placas de trânsito é mais claramente definido enquanto a análise para marcas viárias exige entendimento adicional. Por este motivo, os contextos de placas de trânsito e marcas viárias são separadamente discutidos para obter formulas preliminares a serem aplicadas para dimensionamento e seleção das propriedades exigidas para um desempenho funcional adequado. De qualquer forma, para ambos os casos, algumas relações são esboçadas (eventualmente sem firme base empírica) apenas para delinear seu papel na versão proposta. Eventualmente, algumas abordagens alternativas são mencionadas como formas alternativas que precisam ser avaliadas. Finalmente, faz-se um resumo dos componentes da teoria básica para projeto de elementos de sinalização proposta (ênfatisando os aspectos a serem desenvolvidos).

Ao longo da discussão, o caso das placas de Velocidade Limite e das marcas de Linha de Bordo serão tomadas como exemplos principais (tratando alguns outros casos como ilustração). No Brasil, diretrizes gerais para utilização desses elementos de sinalização são estabelecidos no CTB de 1997 (particularmente no seu Anexo II, como atualizado pela Resolução 160/2004 do CONTRAN) e detalhados no MBST-Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito (especificamente no Volume I, pp.45-60, e no Volume IV, pp.25-29) e podem ser

tomadas como representativas de diretrizes similares adotadas na maioria dos países.

5.2.1. Necessidades do Usuário da Via

Em geral, o desempenho funcional dos elementos de sinalização viária pode ser relacionado a dois requisitos básicos: detecção e leitura das placas de trânsito e das marcas viárias. O suporte a esses requisitos funcionais deriva da necessidade dos usuários, principalmente da percepção (detecção e leitura) dos elementos de sinalização e da execução das manobras comandadas (e.g. mudança de velocidade no caso de uma placa de Limite de Velocidade ou ajustamento da posição lateral do veículo no caso da marca de Linha de Bordo).

Dois outros requisitos, a conspicuidade (a capacidade de chamar atenção do usuário da via) e a observância (a capacidade de motivar a obediência pelo usuário da via), podem também ser adicionadas. Detecção e conspicuidade podem ser relacionadas mas devem ser tomadas como distintas com base nessa visão (a capacidade de detecção deve ser considerada somente após a conspicuidade da atenção ou busca ter seu efeito em atrair o foco do usuário da via). Detecção é, por sua vez, uma condição para a leitura e, finalmente, a leitura (em um sentido amplo) é uma condição para a execução adequada da manobra (ou apenas da elevação do estado de atenção sobre riscos potenciais) se a decisão de seguir a regra do sinal é tomada pelo usuário da via (algo que considera um conjunto de variáveis mais amplo). A observância pode ser usualmente relacionada ao risco real associado com a mensagem do sinal (principalmente em função do uso apropriado dos sinais a situações em que sua mensagem é relevante) ou com o desrespeito pelo usuário (isto é pelo nível de exigência da fiscalização). Portanto, detecção e leitura são selecionadas como eventos mais diretos e objetivos num processo concatenado global (e subjetivo) comandado pelos elementos de sinalização. Leitura é tomado aqui como a tarefa de entendimento da mensagem comunicada pelo elemento de sinalização. O tempo entre a detecção e a leitura é então um requisito para a comunicação adequada com os usuários da via. Potencialmente a leitura adequada também favorece a tomada de decisão correta sobre a ação a tomar no curso adiante ao longo da via (talvez traduzindo-se em percursos ou viagens mais seguras ou rápidas).

De forma similar, reconhece-se que dois outros atributos do usuários da via determinam seu desempenho em relação à percepção adequada dos elementos de sinalização viária: o interesse na informação fornecida (se é considerada necessária pelo usuário da via) e a familiaridade com o ambiente viário (se o usuário da via depende da sinalização viária para adquirir informação ou, alternativamente, toma decisões baseadas no seu conhecimento anterior). Uma abordagem comum é projetar a sinalização para usuários interessados e não familiarizados, mesmo se algum outro caso especial possa ser considerado relevante em contextos específicos (então solicitando também tratamento especial e específico), como será suposto na discussão iniciada a seguir.

A necessidade mais básica para a sinalização adequada é o tempo para decidir e executar a manobra requerida (usualmente uma mudança de velocidade ou uma mudança de faixa) ou para adaptar o nível de atenção sobre um perigo potencial (se nenhuma manobra imediata é exigida mas na presença ocasional de eventos de risco). Perigos efetivos ou potenciais variam bastante no nível de risco trazido ao usuário da via ou na natureza e complexidade da tarefa enfrentada pelo

usuário da via. Pode-se dizer que pelo menos dois contextos distintos devem ser considerados: elementos de sinalização que solicitam uma ação/manobra imediata ou que satisfazem uma necessidade de advertir para manter uma ação/condição adequada ao longo da via (como um caso intermediário, alguns elementos de sinalização referem-se ao risco potencial, traduzindo-se no primeiro ou segundo contexto em função da ocorrência ou não de algum evento na via).

Em geral, a classificação tradicional das tarefas dos usuários da via pode servir como guia para determinar suas necessidades de resposta:

- tarefas posicionais correspondem ao controle e operação do usuário na via, em sentido estrito (isto é de balizamento da sua posição na seção da via e em relação aos demais usuários da via), em geral decorrendo de ações rápidas efetuadas após a percepção da atuação requerida (termo que domina a reação do usuário, a menos de manobras exigentes para sua execução);
- tarefas situacionais correspondem à condução e manobra do veículo ao longo da via, pela escolha de movimentos (na diretriz da via ou na entrada e saída dela) e seleção de uma velocidade desejada (considerando um plano de deslocamento prévio e a percepção sobre a interação no tráfego), em geral decorrendo de ações espaçadas e previsíveis enquanto as condições observadas mantêm-se dentro do cenário previsto mas exigindo ações mais emergenciais (ou urgentes) quando há alguma quebra na sequência de cenários previamente esperada;
- tarefas navegacionais correspondem à direção do veículo e estratégia de deslocamento no sistema viário, correspondendo à monitoração da localização ao longo da viagem em relação a pontos referenciais, que normalmente tem uma escala de tempo maior mas deve poder se realizar previamente ao deslocamento ou adequadamente antes de ações mediatas e imediatas que afetam diretamente o deslocamento dos usuários da via.

O deslocamento dos usuários na via realmente exige uma grande frequência de decisões e ações do usuário mas a hierarquia de tarefas tradicional busca observar que estas podem ser distribuídas de forma a não sobrecarregar o usuário da via, especialmente quando houver previsibilidade (no curso normal do deslocamento). Quando há necessidades concorrentes, as tarefas de nível mais baixo (e mais imediatas) normalmente tem precedência para os usuários da via (em função da escala de tempo reduzida para sua realização) e interferem na possibilidade e eficiência na realização das tarefas superiores. Este julgamento corresponde ao chamado Princípio de Processamento Hierárquico da Informação Viária (usualmente atribuído à Alexander e Lunenfeld, dois defensores das estratégias de sinalização com orientação positiva). Num contexto de quebra do padrão de interação no tráfego, as tarefas dos níveis superiores podem exigir ações emergenciais e trazerem possibilidades maiores de erros de decisão ou situações de riscos, em face da maior complexidade das tarefas de nível superior (o que traz situações bastante mais difíceis de analisar). Para os casos usuais em que predominam as decisões e ações do nível inferior, o tempo requerido pelos usuários pode em geral ser obtido com modelos simples dos processos envolvidos na operação viária.

Para placas de Limite de Velocidade (um claro exemplo do primeiro tipo, que exige ação imediata, pelo menos quando a maior parte dos usuários tem de mudar sua velocidade), a necessidade básica pode ser traduzida numa distância requerida para ajustar a velocidade (se a mudança é necessária, dada a velocidade praticada e a desejada) que pode ser obtida como

$$D_r = D_{tp} + D_{em} \quad (5.1)$$

$$D_{tp} = v_0 \cdot t_{tp} \quad (5.2)$$

$$D_{em} = \frac{v_0^2 - v_f^2}{2 \cdot b} \quad (5.3)$$

onde v_0 e v_f são a velocidade inicial e a velocidade final, b é a desaceleração efetiva da frenagem (um valor usual ou um valor resultante de uma frenagem usual $b = (f \pm i) \cdot g$ que solicita um coeficiente de atrito $f \leq \mu$, sendo μ o limite do coeficiente de aderência entre pneu e pavimento, e i a declividade longitudinal no alinhamento vertical da via) e t_{tp} é o tempo de percepção e reação do usuário (efetivamente para detectar e entender a situação, e então decidir e acionar o freio veicular para iniciar e manter a frenagem).

Este requisito é facilmente avaliado com base em parâmetros convenientes para um modelo cinemático assumido na estimativa da distância requerida D_r (e.g. tomando as velocidades dos limites de velocidade inicial e final e assumindo um valor representativo para as tarefas de reação e desaceleração). No caso das recomendações atuais no Brasil, admite-se uma desaceleração uniforme $b = 10 \text{ km/h/s} = 2,79 \text{ m/s}^2$, reduzindo/aumentando seu valor em 3% para cada 1% de declive/aclive e um tempo de reação de $t_{tp} = 2,5 \text{ seg}$ (similares aos valores de recomendações de outras fontes).

Outra manobra usual é o deslocamento lateral do veículo ao longo da via (como em uma mudança de faixa). Em geral, esta necessidade é avaliada com base num tempo confortável de deslocamento lateral por

$$D_{em} = D_{\delta\ell} = V \cdot t_{ul} \cdot \delta\ell \quad (5.4)$$

onde $\delta\ell$ é o deslocamento lateral e t_{ul} é o tempo necessário para deslocamento na unidade de largura. No Brasil, o tempo para deslocamento unitário é assumido como $t_{ul} = 1,8 \text{ s/m} = 0,5 \text{ /km/h}$ (valor implícito na regra usada para calcular a distância de deslocamento lateral por $D_{\delta\ell} = \frac{V[\text{km/h}]}{2} \cdot \delta\ell$, que é similar à regra alternativa $D_{\delta\ell} = V[\text{mph}] \cdot \delta\ell$ adotada em alguns outros países). Esta avaliação baseada no tempo de manobra assume que uma brecha adequada usualmente ocorre durante o tempo de deslocamento (caso contrário, o tempo médio de espera pela brecha adequada deve ser adicionado ao valor estimado, como pode ser avaliado usando a teoria de aceitação de brechas ou algum outro modelo relacionado).

A informação sobre a necessidade básica do usuário da via deve então ser utilizada para projetar os elementos de sinalização, adicionalmente considerando o processo de percepção dos sinais em função de suas características (forma e dimensão, refletividade, etc...).

As placas de Limite de Velocidade têm forma que segue o padrão usual para as placas de regulamentação e são sempre inseridas em um círculo (eventualmente as placas circulares são incorporadas em painéis maiores, em geral retangulares). As mensagens de Limite de

Velocidade podem distinguir diferentes tipos de veículos e algumas condições específicas (e.g. chuva ou neblina) ao mostrar múltiplos sinais no mesmo painel de sinalização (um padrão similar aplica-se quando diferentes rotas levam a diferentes vias com limites de velocidades distintas; neste caso, o painel de sinalização pode também mostrar uma representação diagramática das rotas e suas placas), podendo gerar disposições complexas que podem por sua vez requerer tempos de percepção e reação específicos.

Naturalmente, antes do dimensionamento, a necessidade de placas de Limite de Velocidade é geralmente definida nas regras de ordenação do tráfego (por regulamentos legais e infralegais) e o valor seguro (a ser fixado) para o limite de velocidade é estabelecido com base em análise de engenharia e registros de acidentes. No Brasil, somente orientações genéricas para a seleção da limites de velocidade adequados (seguros) são fornecidas. Como regra, Limites de Velocidade são exigidos sempre que a velocidade segura é frequentemente ultrapassada pelos usuários da via, especialmente quando a velocidade segura é distinta do limite de velocidade fixado para um tipo de via nas regras gerais de circulação e/ou alguma forma de fiscalização automática do limite de velocidade é considerado necessário. Se exigidas, as placas de Limite de Velocidade devem ser renovadas ao longo da via com base na distância (o padrão de distância depende da velocidade e do ambiente rural/urbano da via) e na existência de ramos de acesso principais (pelo menos após os acessos de vias principais).

Em geral assume-se que o tempo de percepção/reação deve desenvolver-se enquanto as placas estão no cone de visão central do usuário da via α_c (usualmente adotado como 10° ao redor de um eixo de visada alinhado com o trajeto do usuário da via), de forma a evitar que os olhos do usuário da via tenham que desviar do percurso adiante (ao longo da via ou cruzando a via). Em algumas referências, um valor menor é adotado na dimensão vertical (em geral 5° como na Austrália). Em outras referências, um valor maior é adotado para baixas velocidades (no Brasil adota-se 10° até 40km/h). Esta condição gera uma extensão ineficaz para visibilidade (distância morta) dada por

$$D_{dd} = \frac{d_a}{\text{tg}\alpha_c} = \frac{d_a}{\text{tg}10^\circ} = 5,67.d_a \quad (5.5a,b,c)$$

$$d_a = \sqrt{d_{ah}^2 + d_{av}^2} \quad (5.6)$$

onde d_a é a distância de afastamento lateral da placa de trânsito (medida do eixo da faixa ocupada pelo veículo ao centro da placa), combinando os deslocamentos horizontal e vertical. O deslocamento horizontal para o eixo da faixa i , numerando a partir da faixa adjacente, é $d_{ah} = (i - 0,5).w_\ell + a_{Lh}$, ajustada por $\pm a_o$ para a posição dos olhos do usuário da via em relação ao eixo do veículo, assumindo a largura de faixa w_ℓ e usando um deslocamento lateral positivo ou negativo a_{Lh} da placa em relação ao bordo da pista de rolamento para placas laterais ou suspensas, ou $d_{ah} = 0,5.(w_\ell - w_v)$, assumindo largura do veículo w_v , para marcas na faixa do veículo. O deslocamento vertical é $d_{av} = a_{Lv} = H - h_o$ para placas a uma altura H ou $d_{av} = a_{Lv} = h_o$ para marcas no pavimento, onde h_o é a altura dos olhos do usuário da via (tomando o nível do pavimento como zero para a referência de altura).

Então, duas condições são consideradas para fixar a distância de visibilidade requerida para os sinais de trânsito:

- para sinais que devem ser posicionados no ponto em que iniciam seu efeito, a distância de visibilidade requerida é

$$D_{vr} = D_{rp} + \text{máx} \{ D_{em}, D_{dd} \} \quad (5-7)$$

(o caso usual para placas de regulamentação);

- para sinais que podem ser posicionados antes do ponto em que devem iniciar seu efeito, a distância de visibilidade requerida é

$$D_{vr} = D_{rp} + D_{dd} \quad (5-8)$$

(o caso usual das placas de advertência e orientação);

onde D_{rp} é a distância percorrida durante o tempo de

percepção/reação, D_{dd} é a distância morta para visibilidade gerada pela mensagem fora do cone de visão e D_{em} é a distância para realizar a manobra requerida (anteriormente discutidas).

Exigências adicionais podem ser consideradas (como exigir que alguma fração da manobra seja completada antes de retirar a atenção do sinal, então fixando $D_{pm} = f_{pm} \cdot D_{em}$ e fazendo

$$D_{vr} = D_{rp} + \text{máx} \{ D_{pm}, D_{dd} \}, \text{ ou exigindo antecedência suficiente}$$

$$D_{ad} \geq D_{em} - D_{dd} \text{ para placas posicionadas antes do ponto de efeito).}$$

Para as marcas de Linha de Bordo (um exemplo do segundo tipo, que apenas exige adaptação no nível de atenção, ao menos quando não relacionadas com mudanças na posição lateral ou entradas e saídas da via), a necessidade básica é a visibilidade contínua e a detecção (ou reconhecimento) do seu padrão (que pode ter algum significado específico ao regular manobras que são permitidas ou proibidas num dado trecho da via). Há locais em que as marcas da Linha de Bordo apoiam a detecção da existência de acessos de lotes, acessos de vias, ramais de ligação ou interseções. Entretanto, nestas situações, usualmente as marcas viárias são suplementares às placas de trânsito (as marcas viárias cumprem funções posicionais de apoio ao balizamento dos veículos enquanto as placas de trânsito devem ser visíveis a maior distância para apoiar tarefas situacionais e navegacionais, atendendo aos requisitos discutidos anteriormente).

As condições fundamentais para marcação efetiva não são claramente estabelecidas, de forma geral. Uma revisão das práticas empregadas certamente revela ampla variação das recomendações entre países, o que é um indicador claro de que não há critérios racionais e justificados (na Europa há propostas para desenvolver exigências baseadas numa distância de antecipação relacionada com 1,8seg de tempo de percurso). Uma argumentação básica pode ser desenvolvida por analogia com as placas de trânsito mas esta opção elimina sua função contínua. Reconhecendo a função posicional da maioria das marcas viárias, algum modelo correspondente ao comportamento durante a tarefa de seguir o alinhamento da via tem de ser considerado.

Uma opção é o modelo de condução baseado no controle visual com dois pontos (proposto por Salvucci e Gray), para marcas longitudinais pelo menos (para marcas transversais, algumas opções são discutidas adiante). Assumindo um tempo mínimo/distância mínima de antecipação para uma manobra controlada, a necessidade básica pode ser traduzida numa distância requerida dada por

$$D_r = D_{od} + D_{rd} \quad (5.9)$$

$$D_{rd} = v_0 \cdot (t_{pv} + \delta t_{pv}) \quad (5.10)$$

onde D_{od} é a distância de visão obstruída pela frente do veículo (ao redor de 3,0m para autos e marcas transversais e desprezível para marcas longitudinais), D_{rd} é a distância de ajustamento ao trajeto na via, t_{pv} é o tempo de antecedência (percepção) para a tarefa de ajustamento longitudinal e δt_{pv} é o tempo de manobra (ação) para o ajustamento do posicionamento lateral (geralmente numa tarefa cíclica em cerca de 3 a 20Hz, i.e. 3 a 20 ajustes por segundo).

Para mudanças de padrão e/ou mensagem, um tempo de antecedência integral é necessário para acomodar as necessidades posicionais e situacionais dos usuários da via, sendo então também necessário verificar a localização da mensagem no cone de visão central, tendo-se

$$D_r = \max\{D_{od}, D_{do}\} + D_{rd} \quad (5.11)$$

$$D_{do} = \frac{d_a}{\text{tg}\alpha_c} = \frac{d_a}{\text{tg}10^\circ} = 5,67.d_a \quad (5.12a,b,c)$$

onde D_{do} é a distância morta para visibilidade gerada pela mensagem fora do cone central de visão, $d_a = \sqrt{d_{av}^2 + d_{ah}^2}$ é a distância transversal até a marca viária, com $d_{av} = h_o$ na vertical dos olhos do usuário da via a um deslocamento lateral d_{ah} do eixo da faixa i ao eixo do veículo (em geral $d_{ah} = 0,5.w_\ell$), ajustada de $\pm a_o$ pela posição lateral do condutor no veículos para linhas adjacentes, com $d_{ah} = 0$ genericamente para marcas transversais. Na condição que nenhuma mudança na mensagem/padrão é introduzida nas marcas viárias, somente a tarefa posicional permanece relevante e o tempo mínimo/distância mínima de antecipação pode ser usada como

$$D_r = D_{od} + D_{rr} \quad (5.13)$$

$$D_{rr} = v_o \cdot \delta t_{pv} \quad (5.14)$$

onde D_{rr} é a distância (reduzida) de condução ajustando a posição transversal do percurso na via, ao longo da linha longitudinal. Não há comprovação de recomendações dessa natureza (nem conceituações alternativas parecem ter sido propostas e validadas). Limites sugeridos para distância de antecipação (baseadas em simuladores de condução) são da ordem de 20m para o condutor médio (ou 0,9seg para uma velocidade de 80km/h), incluindo a distância de manobra, com um limite mínimo de 9m (incluindo a distância de visão obstruída). Estas distâncias definem os pontos de visada que recebem atenção dos condutores ao negociar o trajeto e ajustar a posição do veículo adiante. Ambas as exigências são consideradas concorrentes. A distância de antecipação requer fixação do foco pela visão central e executa uma tarefa de antecipação em modo aberto (sem correção) enquanto a distância de ajustamento da manobra pode ser informada por dados da visão periférica e executa tarefa de monitoração em modo fechado (com correção), em geral usando os canais de processamento paralelo do cérebro humano. No entanto, prioridade pode ser exigida baseada em dados locais e imediatos e uma composição aditiva pode ser proposta como critério de projeto. Preliminarmente, os valores para o condutor médio em ambiente simulado podem ser traduzidos em 0,9seg para t_{pv} (20m a 80km/h) e 0,3seg para δt_{pv} (6 a 7m a 80km/h).

Valores mais conservativos podem ser recomendados de forma genérica (e.g. o valor geral de 1,8seg proposto na Europa como mínimo absoluto). A visão aqui é que esses requisitos podem ser adotados ao longo de trechos viários normais (em geral retos), onde o tempo mínimo de antecipação pode solicitar conforto e segurança nas

tarefas situacionais/navegacionais, e pode mesmo ser fixado em valores maiores (3 a 5seg), tornando a distância de antecipação o termo dominante. Um critério relacionado é garantir um tempo de antecipação compatível com a distância de visibilidade requerida para parada (avaliada como o tempo para percorrer a distância de parada na velocidade normal), dada então por

$$t_{pv} = t_{ns} = \frac{D_{vs}}{V} = t_{rp} + \frac{V}{2.b} \quad (5.15)$$

onde $b = 10\text{km/h/s} = 2,67\text{m/s}^2$ é um nível de frenagem segura (ponderando que frear até a parada pode ser uma manobra exigida na reação a eventos na distância focalizada pelo usuário da via). Nesta visão, a visibilidade das marcas viárias está contribuindo para definição da distância de focalização do usuário da via em trechos normais (como uma função situacional/navegacional).

Para fornecer informação sobre as necessidades dos condutores, algumas características das tarefas de detecção e atuação devem também ser consideradas (e.g. a folclórica regra 1-2-3, que solicita 1seg de reação para eventos esperados e familiares, 2seg para eventos inesperados ou não familiares, e 3seg para eventos inesperados e não familiares), eventualmente considerando medidas de complexidade das tarefas de decisão e reação. Claramente, as recomendações usuais foram desenvolvidas para tempos de percepção/reação e estudos adicionais são necessários para obter critérios adequados para tempo/distância de antecipação ou tempo/distância de ajustamento relacionadas com marcas viárias (a maior parte dos dados existentes referem-se a placas de trânsito e outros elementos viários). Em locais específicos, a regra 1-2-3 pode fornecer uma primeira estimativa geral do tempo de reação quando as tarefas situacionais/navegacionais são relacionadas com marcas viárias (e.g. para apoiar a detecção de mudança de faixa exigida por linhas de canalização, então suplementada pelo tempo necessário para efetuar a mudança de faixa).

Para marcas transversais, o argumento para um estímulo contínuo não existe (sugerindo que o termo para ajuste de posição deve ser desprezado) e não há claro suporte para contar com a visão periférica. Entretanto, um argumento para replicação das marcas tem justificativa, se possível, devido à obstrução visual produzida pelos veículos à frente (como uma função da densidade e velocidade do tráfego). Também, marcas transversais variam bastante no (maior) nível de risco contra o qual buscam proteger, exigindo critérios (ou diferentes níveis de segurança) sensíveis a cada contexto (e.g. compare-se marcas de Travessias de Pedestres que posicionam os locais reservados para travessias dos pedestres na via ou Linhas de Retenção com Parada e Linhas de Cessão de Preferência na aproximação de áreas de conflito de interseções e travessias com marcas Linhas de Delimitação de Espaço para Estacionamento que simplesmente delimitam as posições de estacionamento ou marcas de Linhas de Estímulo à Redução de Velocidade usadas para advertir ou aumentar a percepção de reduções de velocidade na via).

Com frequência, não há uma compreensão clara do papel cumprido pelas marcas viárias, especialmente quando complementares a placas de trânsito ou semáforos (e.g. como usual para Linhas de Retenção com Parada, exceto em áreas em que é difícil perceber o local adequado para parar o veículo). Note-se que a mensagem sobre a necessidade de parar é atribuída a outro elemento (usualmente uma placa ou semáforo, eventualmente a presença do próprio usuário conflitante), caso contrário a distância de parada seria considerada na avaliação da necessidade de antecipação. Este aspecto também

confunde a distinção entre contextos situacionais e posicionais (dado que as marcas transversais são sempre confirmatórias mas eventualmente complementares ao adicionar uma mensagem específica). Em adição, pode-se questionar qual dimensão caracteriza cada mensagem (por exemplo para marcas oblíquas como as marcas de Linhas de Canalização ou para marcações em que as linhas compõem elementos mais significantes como os símbolos ou legendas aplicados sobre o pavimento). Dada a carência de estudos específicos mas em face da ampla experiência prática na aplicação da sinalização viária (que inclui as marcas viárias), após a definição de um marco teórico adequado pode-se utilizar dados reversos para gerar recomendações que reproduzem as melhores diretrizes (e eventualmente ampliá-las).

Em resumo, as necessidades dos usuários da via são relacionadas com a tarefas de condução comandadas pelas marcas viárias. Para marcas viárias relacionadas com tarefas posicionais, a distância mínima de antecipação deve fornecer informação contínua a uma taxa de amostragem ao redor de 0,3seg e um mínimo adicional de 0,9seg quando tarefas situacionais requerem a necessidade de avaliar mensagens ou condições em mudança. Ao longo de trechos viários normais (geralmente trechos retos), o tempo mínimo de antecipação para conforto e segurança pode normalmente ser fixado em valores maiores (3 a 5seg, e.g. baseado no tempo para percorrer a distância de parada) para tarefas situacionais/navegacionais, eventualmente ajustadas por critérios práticos (como a regra 1-2-3) para uma estimativa da necessidade de percepção/reação em locais específicos.

A discussão até aqui corresponde a admitir que somente a mensagem de posicionamento no ponto de efeito (ou continuamente) é usualmente de interesse prático para as marcas viárias (mesmo se o efeito é somente o de advertir sobre uma condição adiante). Então, a distância de visibilidade requerida pela marca viária é dada por

$$D_{vr} = D_r \quad (5.16)$$

(a fórmula acima pode ser vista no esquema anterior adotando termos convenientemente generalizados como

$D_{vr} = \max\{D_{od}, D_{do}\} + D_{rp} + \max\{D_{pm}, D_{dd}\}$, inserindo termos nulos quando nenhuma manobra exigida está presente e as condições para existência de uma distância morta ou distância obstruída estão ausentes, como aplicável a cada contexto específico).

No Brasil, como exemplo, as marcas de Linha de Bordo devem ser brancas e contínuas ao longo da extensão da via (onde exigidas), exceto em locais de entrada e saída da via em que marcas com cadência 1:1 de traço:espaço das marcas de Linhas de Continuidade devem ser usadas (se necessárias; caso contrário as marcas de Linha de Bordo são apenas interrompidas ou seguem o alinhamento das vias transversais nos trechos com entrada ou saída, convergência ou divergência). A informação anterior sobre a existência de entradas e saídas deve ser provida placas de trânsito e as marcas viárias tem a função de claramente delinear o alinhamento da faixa e o ponto em que a entrada/saída adjacente encontra a via do usuário.

Note que o Brasil segue a tradição de marcas brancas/amarelas para linhas longitudinais (como nos EUA, contrária a maior parte da Europa que usa apenas linhas brancas como padrão básico). As marcas de Divisão de Faixas delimitando fluxos de mesma direção (então brancas) ou direção oposta (então amarelas) são seccionadas se a transposição da linha (portanto a mudança de faixa) é permitida (em geral usando cadência 1:2 a 1:3 de traço:espaço), ou caso contrário são contínuas e a transposição da linha (portanto a mudança de faixa) é

proibida. Somente as marcas de Linhas de Continuidade (e marcas transversais de Linhas de Cessão de Preferência) usam a cadência 1:1 de traço:espaço (mantendo a cor da linha longitudinal contígua a que devem dar continuidade).

Novamente, antes do dimensionamento, a necessidade das marcas de Linhas de Bordo e/ou Linhas de Continuidade são genericamente estabelecidas pelas regras de ordenação de tráfego. As dimensões de largura de linha e, no caso de linhas seccionadas, a extensão do traço e a cadência traço-espaço são então definidas (usualmente como função da velocidade e da classe da via ou fluxo de tráfego, refletindo mais aspectos que ponderam benefício e custo da sinalização, que devem ponderar o risco de acidentes e o desconforto aos usuários contra o custo de implantar e manter as marcas viárias).

No Brasil, marcas de Linhas de Bordo são exigidas em rodovias e vias expressas e também em vias urbanas onde a presença de pedestres é significativa, os acostamentos são ausentes ou tem a mesma cor da pista de rolamento, e onde características desfavoráveis relacionadas com alinhamento da via, clima adverso, ausência de meio-fio ou de iluminação, enquanto marcas de Linhas de Continuidade são exigidas quando faixas de tráfego são adicionadas ou suprimidas e onde justificado por razões de segurança (com base em julgamento técnico).

As marcas de Linha de Bordo devem ser sempre contínuas e a largura de linha básica é fixada em 0,10m para velocidades inferiores a 80km/h ou em 0,15m para velocidades maiores (larguras de linha maiores podem ser usadas, até 0,20m, se justificadas por razões de segurança). As marcas de Linhas de Continuidade devem sempre usar a cadência 1:1 de traço:espaço e a extensão básica do traço é fixada em 2,0m para velocidades superiores a 60km/h e em 1,0m para velocidades menores (a largura de linha e sua cor devem seguir as linhas de bordo ou divisões de faixa a que dão continuidade). Usando o esquema teórico anterior, a distância de antecipação para tarefas situacionais relacionada com velocidade de 80km/h seria 41,4m (com $D_{do} = 5,67 \cdot \sqrt{1,20^2 + (1,80 + 0,50)^2} = 14,7\text{m}$) e a distância de ajustamento de manobra relacionada com tarefas posicionais seria 9,7m (com $D_{od} = 3\text{m}$), embora um valor superior de 66,7m seja recomendado para trechos de via normais (se justificando um tempo de antecipação confortável de 3seg).

Como na maioria dos países, no Brasil os padrões de marcas de Divisão de Faixas são também atualmente relacionadas com a velocidade. Como exemplo, a largura mínima das marcas de Divisão de Faixas é de 0,15m para velocidade de 90km/h ou mais e de 0,10m para velocidades abaixo de 80km/h (permitidas larguras maiores se justificadas em função de aspectos de segurança). O padrão normal de marcas seccionadas de Divisão de faixas com cadência 1:3 de traço:espaço usa uma extensão básica do traço de 2,0m para velocidades abaixo de 60km/h (espaço de 6,0m), de 3,0m para velocidades acima de 60km/h mas abaixo de 80km/h (espaço de 9,0m), e de 4,0m para velocidade de 80km/h ou superior (espaço de 12,0m), exigindo o uso de tachas com elemento retro-refletivo como dispositivo auxiliar onde aspectos especiais de preocupação com segurança estão presentes. As marcas transversais, no Brasil, são uma exceção e não terem padrões relacionados com a velocidade: as larguras exigidas vão de 0,30a0,60m para marcas de Travessias de Pedestres e para Linhas de Retenção com Parada, 0,20a0,40m para Linhas de Cessão de Preferência e para Linhas de Estímulo à Redução de Velocidade, e 0,10a0,20m para Linhas de Delimitação de Espaço

para Estacionamento (estas últimas normalmente associadas a veículos em menor velocidade mas no demais casos mais associadas à gravidade do risco que a marca viária quer reduzir).

Um aspecto adicional deve ser considerado: a ocorrência de tarefas ou demandas competidores sobre os usuários da via. A suposição convencional nas recomendações usuais é baseada na chamada Hipótese de Processamento Hierárquico: tarefas posicionais (função controle) são processadas antes, então tarefas situacionais (função orientação) são realizadas, e finalmente tarefas navegacionais (função direção) recebem atenção. Esta hipótese é justificada com base na premissa de que as consequências de não atender a fonte de informação (uma preocupação mais fundamental) segue essa linha hierárquica de importância. Com relação à discussão anterior, a Hipótese de Processamento Hierárquico pode ser traduzida num aumento do tempo de percepção/reação das tarefas de menor prioridade quando as de prioridade superior estão presentes (um acréscimo que pode ser obtido adicionando a exigência das tarefas de prioridade superior, sequencialmente). Sempre que possível as tarefas de nível superior são deslocadas para trechos da via em que as tarefas de nível inferior são simples ou estão ausentes. Novamente, no entanto, não há clara demonstração da validade desse princípio convencional em contextos reais, nem há claras diretrizes para sua aplicação prática (e.g. como os componentes das tarefas de maior prioridade interferem nas de menor prioridade, como tratar tarefas competidoras com o mesmo nível de prioridade, etc...). A falta de um modelo adequado de comportamento do usuário da via (em particular do condutor dos veículos) parece constituir uma deficiência principal desta teoria preliminar, particularmente para condições de tráfego intenso ou com clima adverso, para as quais o ritmo de exigência das tarefas posicionais podem ser uma restrição importante para a atenção dada às demais tarefas (e seus elementos de sinalização).

Por fim, note-se que a abordagem apresentada até aqui é normativa (avaliando as necessidades do usuário da via para projeto) ao invés de ser descritiva (e.g. como nos modelos que preveem o comportamento dos usuários da via em cada contexto). Em nenhum sentido deve-se entender que a abordagem adotada é melhor e que aspectos comportamentais podem ser desprezados (provavelmente uma mistura das duas abordagens tem o potencial de ser superior). No entanto, o ponto fundamental permanece sendo que a contribuição dos elementos de sinalização para a segurança viária dificilmente pode ser avaliada sem contrastar as necessidades dos usuários da via e suas condições reais (incluindo o papel de dispositivos auxiliares à condução).

5.2.2. Condicionantes das Necessidades dos Usuários

Embora a discussão anterior tenha sido colocada em termos de determinar as necessidades dos usuários, em muitos pontos da discussão apareceram aspectos relacionados com outros aspectos (por exemplo, com o desempenho da frenagem veicular ao combinar recursos dos veículos e propriedades dos pavimentos). De forma geral, a discussão assume que os diferentes aspectos envolvidos no desempenho da sinalização viária podem ser adequadamente incorporados nos modelos utilizados para avaliar os requisitos para atendimento às necessidades dos usuários. Por este motivo, cada novo aspecto considerado (por exemplo, um dispositivo de auxílio automático à frenagem) será sempre considerado pela sua integração ao modelos de análise correspondente (no exemplo, uma eventual redução do tempo de percepção/reação para início da frenagem ou uma

redução da probabilidade da falha de percepção na frenagem ou de travamento dos pneus durante a frenagem emergencial).

Res.180/05	2,5 s (sinalização de regulamentação de velocidade, para frenagem/aceleração)
Res.243/07	2,5 s (sinalização de advertência) recomenda 100m, mínimo entre placas
Res.486/14	não explícita; 2 contexto: exige decisão à distância ou informação
Res.599/82	1 a 4 s (dist. mínima de visibilidade)
CET/Sp	2,5 s (dist. de visibilidade)
DNER	3,0 s (dist. mínima de visibilidade para sinaliz.regulamentação e advertência) 5,0 s (para sinaliz.orientação)
AASHTO	2,5 s (dist. visibilidade de parada em situação simples e evento inesperado) 3,0 a 9,1 s (decisão para parada, distinguindo via rural/urbana) 10,2 a 14,5 s (decisão para mudança de velocidade/direção, distinguindo via rural/suburbana/urbana)

No entanto, existem diversos fatores que afetam de forma significativa as necessidades dos usuários e precisam ser ponderados para utilizar valores adequados nas avaliações de projeto. Em geral é reconhecido que há grande variabilidade decorrente de variações individuais (entre condutores, veículos, etc...) mas é importante também reconhecer que grande parte da variação decorre de mudanças no contexto viário que podem, e devem, receber tratamento diferenciado pelo projeto viário e de sinalização. Um exemplo bastante conhecido corresponde à variação das recomendações usuais adotadas para o tempo de reação dos usuários da via diante de eventos encontrados ao longo dos deslocamentos. Exceto para eventos familiares, as recomendações básicas concentram-se ao redor de 2,0a2,5seg (valor usual na estimativa de distância de visibilidade de parada, por exemplo). Mas uma revisão mais detalhada mostra contextos em que os valores recomendados são significativamente maiores (superiores a 10seg, em situações mais complexas).

Portanto, a discussão feita anteriormente tem de ser bastante refinada para identificar contextos em que é preciso adotar recomendações distintas e aplicar princípios de projeto mais exigentes.

5.3. PROJETO E DIMENSIONAMENTO DE ELEMENTOS DE SINALIZAÇÃO VIÁRIA

Estabelecidas as necessidades dos usuários da via e conhecidos os recursos providos pelos diferentes tipos de sinalização viária, cabe ao projeto selecionar os melhores meios para atingir um padrão de interação na via com fluidez e segurança adequada, de uma forma econômica em termos de implantação e manutenção.

De forma geral, admite-se que o projeto de sinalização tem de satisfazer uma série de aspectos resumidos no esquema ao lado. A sinalização viária deve atrair a atenção do usuário, deve ter uma mensagem direta que pode ser percebida e compreendida rapidamente, considerando as diferentes condições que podem ocorrer na via. Como discutido nos tópicos iniciais, o objetivo final inclui comandar uma adaptação de comportamento dos usuários que a sinalização busca promover (o que pode ser descrito como respeito à sinalização), o que está intimamente ligado à utilidade da sinalização para os usuários da via e ao risco decorrente da inobservância à sinalização. Estes últimos aspectos são de nível superior e referem-se mais à aplicação e fiscalização da sinalização do que ao seu projeto. Por este motivo, a discussão passa a dar atenção exclusiva ao projeto da sinalização entendido como a definição das

Respeito a sinalização deve conquistar atenção/respeito do usuário (conspicuidade: propriedade de distinguir-se no cenário)

Clareza a mensagem deve ser de fácil identificação, sem ambigüidades;

Rapidez o significado da mensagem não deve demandar muito tempo para ser percebido;

Constância a transmissão da mensagem deve se fazer durante todo período de validade (dia, noite).

Uniformidade: meio de atingir clareza e rapidez no entendimento

Legalidade: conformidade com o CTB, seus anexos, resoluções e portarias do CONTRAN, normas e recomendações técnicas existentes

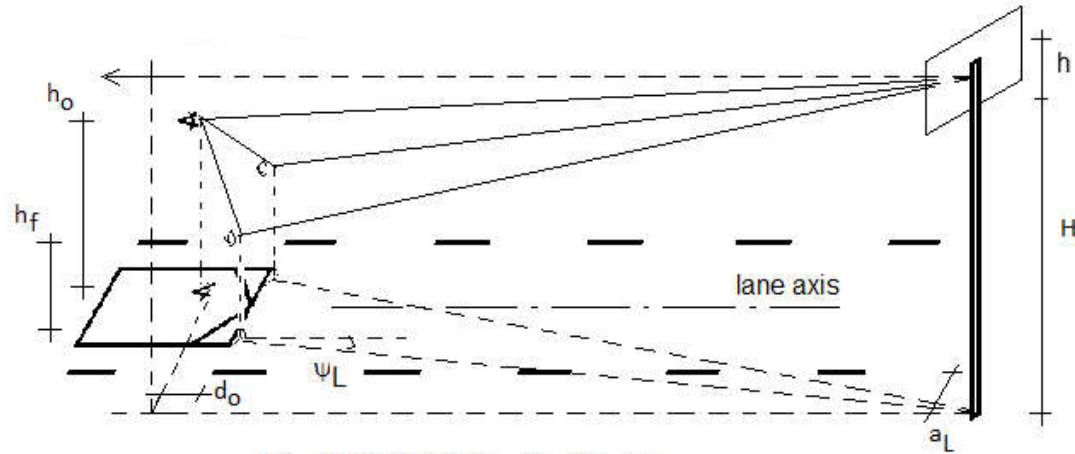
Economia: custos de implantação e manutenção

suas características e sua forma de aplicação para atingir a melhor comunicação com o usuário.

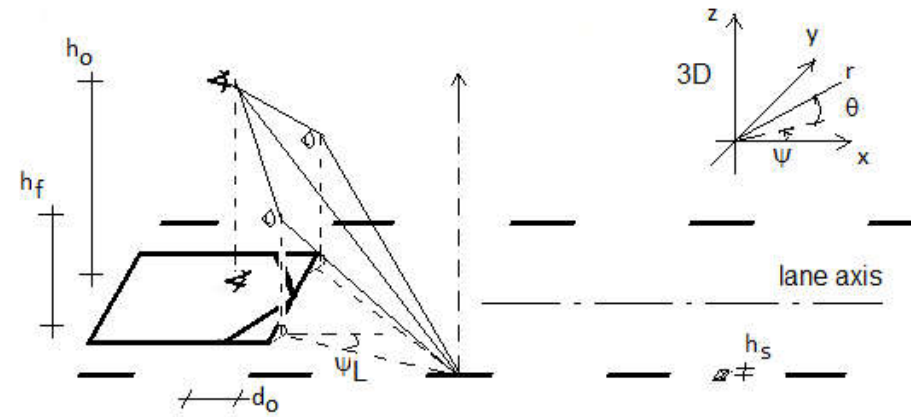
Em outros textos sobre sinalização viária, aspectos requisitos como legalidade e uniformidade na aplicação da sinalização merecem grande atenção. Não se trata de diminuí-los. A aplicação da sinalização é um aspecto importante para a segurança viária e, por este motivo, tem papel relevante na ocorrência de acidentes e (em consequência) na apuração da responsabilidade civil ou criminal decorrente. A aplicação regrada das normas de sinalização é um recurso importante para obter eficácia do seu recurso e exime o profissional técnico de problemas legais que possam decorrer de processos judiciais motivados por acidentes de trânsito (ou outros efeitos sociais relativos à aplicação da sinalização que afetem a atuação das entidades que tem jurisdição sobre vias que deve sinalizar). O foco da discussão aqui é, no entanto, apenas técnica e voltada a obter eficácia da comunicação com o usuário. Neste aspecto, a uniformidade (que a legalidade em geral promove) tem papel em tornar a sinalização mais clara e a apreensão da mensagem mais rápida (sendo uma exigência derivada mas bastante importante pela contribuição para a eficiência da sinalização em termos de impacto na fluidez e na segurança).

Uma representação detalhada dos aspectos relacionados com a geometria da sinalização e o sistema de iluminação veicular requer um modelo tridimensional (chamado de modelo C), mostrado na Figura 1 (os dados representativos mostrados são tomados da norma britânica BS 8408:2005), na condição de que a forma básica de obtenção da informação é a visão humana e a fonte básica de estímulo à visão vem do sistema de iluminação veicular (pelo menos os faróis direito e esquerdo dos veículos), sem considerar a contribuição de todas as fontes eventuais. As Figuras 2 e 3 mostram, entretanto, simplificações utilizadas em modelos de análise bidimensionais (chamados de modelo B) que é usualmente suficiente para avaliar o componente vertical da visibilidade e iluminação das placas de trânsito (Figura 2) e das marcas viárias (Figura 3) produzindo resultados adequados e que muitas vezes podem ser ainda mais simplificados para obter formulas convenientes com modelos aproximados (chamados de modelo A).

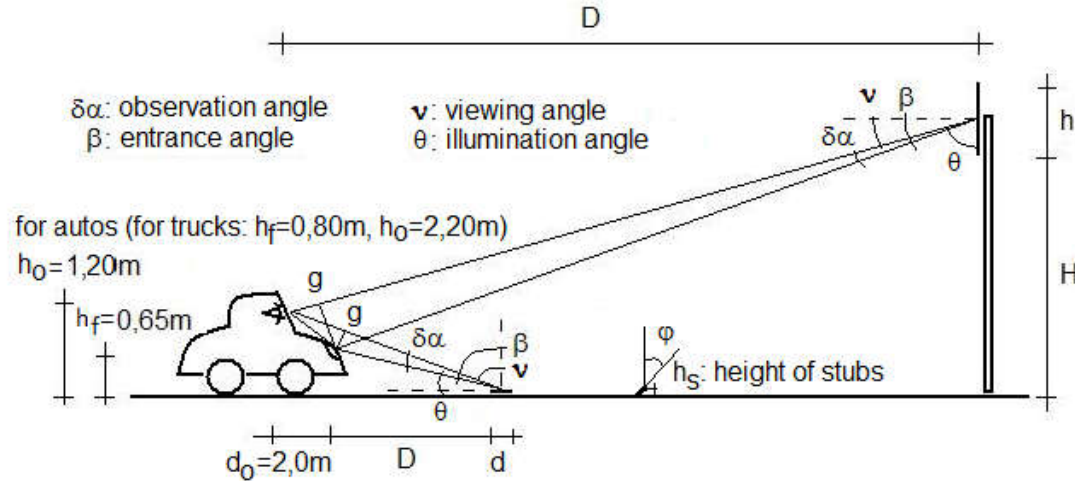
Em geral, diversos casos são discutidos adiante examinando condições limite de projeto apenas (que satisfazem os requisitos de sinalização na condição mínima aceitável). A Figura 1 mostra a posição dos olhos do usuário da via (O), ambos os faróis (F), e os elementos de sinalização em uma perspectiva 3D (placas de trânsito no painel a; marcas viárias no painel b), assim como a correspondente vista vertical (painel c) e horizontal (painel d). A distância de visibilidade exigida é obtida a partir de uma distância de legibilidade D (seja para sinais textuais ou simbólicos), considerando o tempo de percepção/reação e o tempo de manobra requeridos para cada tipo de elemento de sinalização. A distância de visibilidade exigida é então utilizada para dimensionar placas de trânsito e marcas viárias, como discutido adiante.



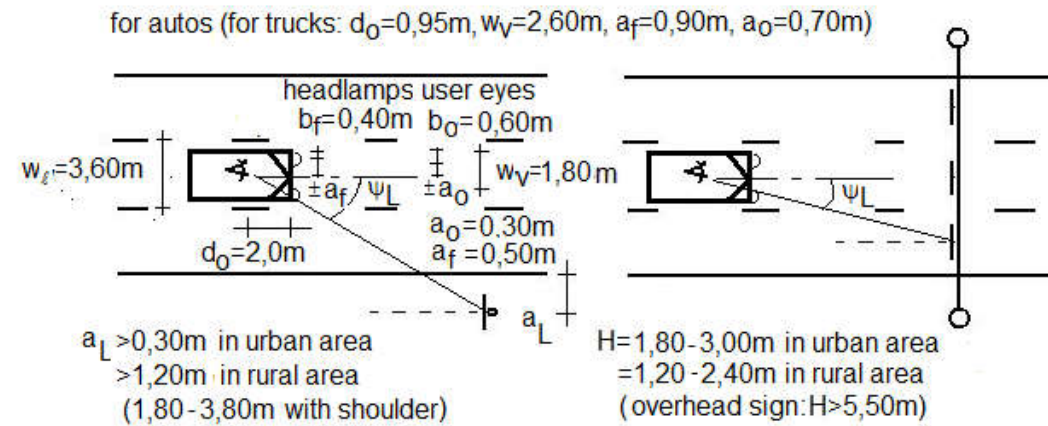
a-Model C (3D) for Traffic Signs



b-Model C (3D) for Pavement Markings

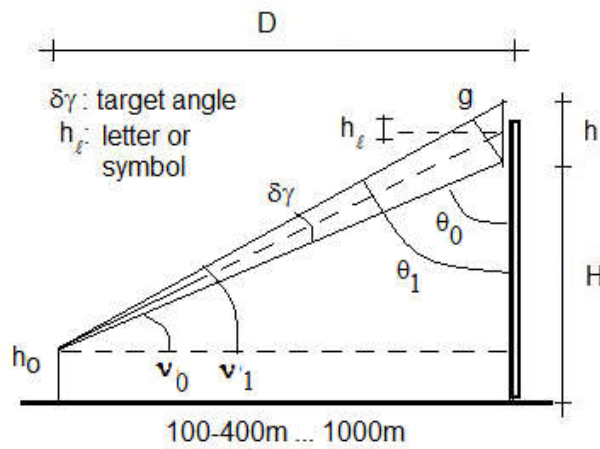


c- vertical view

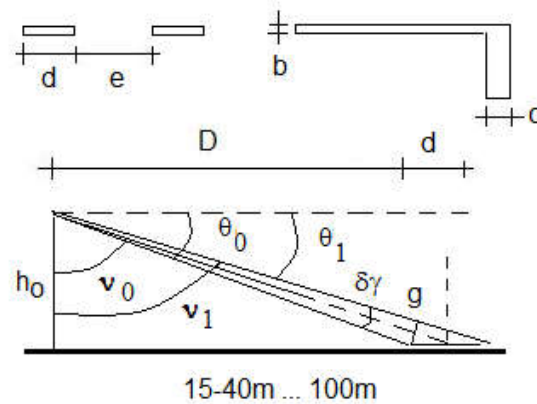


d- horizontal view

FIGURE 1 – Common Basic Variables for the Visibility Analysis of Traffic Signs and Pavement Markings (and illustrative values, typical for autos or trucks and major streets or highways).



a-Model B (2D) for Traffic Signs



b-Model B (2D) for Pavement Markings

c- Model A for Traffic Signs:
(useful approximation)

$$\delta\gamma \cong \frac{h}{D}$$

d-Model A for Pavement Markings:
(useful approximation)

$$\delta\gamma \cong \frac{h}{D} \quad \text{for b}$$

for autos: $h_0=1,20\text{m}$
for trucks: $h_0=2,20\text{m}$

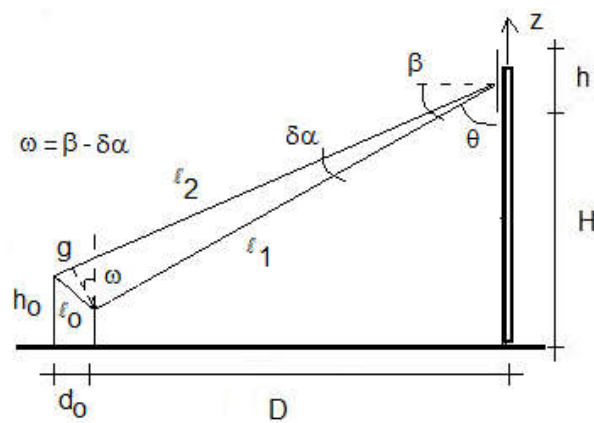
$$\text{or } \delta\gamma \cong d \cdot \frac{h_0}{D^2} \quad \text{for c, d, e}$$

Design Condition:
(6/9 or 6/12 visual acuity)

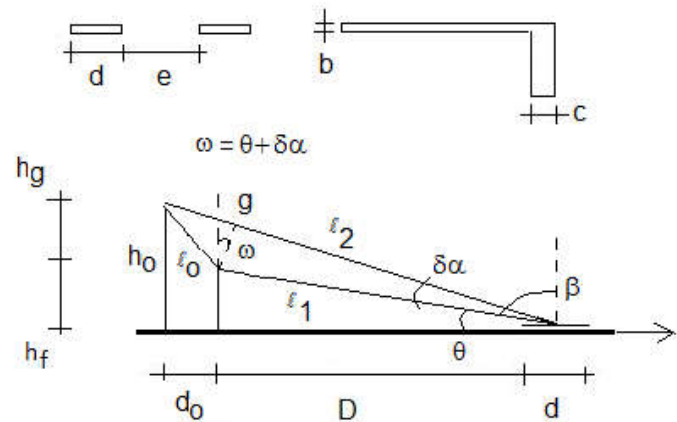
$$h_l \geq \delta\gamma_l D \quad \text{for reading}$$

$$\text{or } h \geq \delta\gamma_d D \quad \text{for detecting}$$

FIGURE 2 – Basic Variables for the Daytime Visibility Analysis of Traffic Signs and Pavement Markings.



a-Model B (2D) for Traffic Signs



b-Model B (2D) for Pavement Markings

c- Model A for Traffic Signs:
(useful approximation)

$$\beta \cong \frac{d_\alpha}{D} \quad \text{for lateral signs}$$

for autos: $h_f=0,65\text{m}$, $h_g=0,55\text{m}$
for trucks: $h_f=0,80\text{m}$, $h_g=1,40\text{m}$

$$\text{or } \beta \cong \frac{(H - h_f)}{D} \quad \text{for overhead signs}$$

d-Model A for Pavement Markings:
(useful approximation)

$$\delta\alpha \cong \frac{h_g}{D}$$

$$\beta \cong \frac{\pi}{2} - \frac{h_f}{D}$$

$$\delta\alpha \cong \frac{h_g}{D}$$

Design Condition:
(99,9% target perception)

$$VL \geq VL_l \quad \text{for reading}$$

$$\text{or } VL \geq VL_d \quad \text{for detecting}$$

FIGURE 3 – Basic Variables for the Nighttime Visibility Analysis under Vehicle Lighting Systems (additional requirements to those of the daytime, with adjusted perceptual parameters).

A seguir, este procedimento é desenvolvido para condições diurnas e noturnas como um processo sequencial que deve definir características complementares (dimensões e luminância). Entretanto, a aplicação do procedimento deve ponderar a interação entre estes aspectos (apesar de não ser feita uma discussão correspondente nesta versão preliminar).

5.3.1. Projeto para Condições Diurnas

Em condições diurnas, a capacidade de leitura dos sinais pelos usuários da via é relacionada com os testes convencionais de acuidade visual pela definição de um nível adequado de acuidade visual para o usuário de projeto. Um resumo breve desses requisitos bem conhecidos é feito adiante.

5.3.1.1. Necessidades dos Usuários para Condições Diurnas

O teste convencional de acuidade visual corresponde ao uso do Quadro de Snellen em que o padrão de visão é a leitura de uma letra com $h = 8,8\text{mm}$ de uma distância de $x = 6\text{m}$ (20ft) sob condições apropriadas de iluminação que representam condições diurnas (este resultado corresponde a leitura da linha 8 do Quadro de Snelled). Este nível de acuidade visual para leitura (chamada de acuidade de reconhecimento) é medida por um ângulo de foco implícito $\delta\gamma_l = 8,8/6000 = 0,0015\text{rad} = 5,04'$ ou pela razão

$x/h = 6000/8,8 \cong 715$ e descrita como Visão 6/6 (vê de 6m o que a visão padrão vê de 6m também) ou Visão 20/20 (em unidades imperiais em que a distância padrão é 20ft). O usuário de projeto é definido por um certo nível de deficiência visual que é frequente na população de usuários da via (após correção ótica, segundo exigências legais no caso de condutores pelo menos), descrita como Visão 6/9 (a condição usual que corresponde à $x/h \cong 480\text{to}500$) ou Visão 6/12 (a condição usual que corresponde à $x/h \cong 360\text{to}400$).

O mesmo critério de projeto pode ser definido por um índice de legibilidade ou sua relação inversa (um índice de dimensionamento). Para manter uma terminologia consistente e clara, estas formas são chamadas de Índice de Legibilidade $LI = \frac{h}{x}$ (o ângulo de foco) e o Índice de Distância de Legibilidade $LDI = \frac{x}{h}$ (sua razão inversa), eventualmente expressa em unidades convenientes (e.g. mrad ou mm/m e, para a razão inversa, m/mm). A formula de dimensionamento para legibilidade resulta em

$$h \geq x.LI = \frac{x}{LDI} \quad (5.17a,b)$$

para leitura de uma distância de visibilidade requerida x (a forma 5.17a usando o Índice de Legibilidade e a forma 5.17b usando o Índice de Distância de Legibilidade). Como exemplo, o critério básico introduzido nos EUA para responder ao envelhecimento de seus usuários da via (pela provisão de sinais maiores) é fixado por um índice $h/x = 1\text{in}/30\text{ft}$ que corresponde a $x/h \cong 360$, o Índice de Distância de Legibilidade que se refere à Visão 20/40 ($LDI = x/h = 30\text{ft} / \text{in} \cong 0,36\text{m} / \text{mm}$ ou de forma correspondente $LI = h/x = 1/30\text{in} / \text{ft} \cong 2,78\text{mm} / \text{m} \cong 2,78\text{mrad}$). Na realidade, os índices de legibilidade variam para símbolos e letras/números (assim como entre letras e números ou outros sinais) mesmo para algum padrão de acuidade visual (mesmo em condições de iluminação diurnas) e variam também para diferentes alfabetos gráficos (padrões

Quadro de Snellen (480 lux)			
E	1	20/200	6/60
F P	2	20/100	6/30
T O Z	3	20/70	6/21
L P E D	4	20/50	6/15
P E C F D	5	20/40	6/12
E D F C Z P	6	20/30	6/9
F E L O P Z D	7	20/25	6/7,5
D E F F O T E C	8	20/20	6/6 $h=8,8\text{mm}$
L E P O P P O Y	9		
P A P L Y C E O	10		
P A P L Y C E O	11		

	$a = \frac{8,8}{6} = 1,47 \times 10^{-3} \text{ rad}$
	($a_{\text{min}} = 5 \times 10^{-4} \text{ rad}$)
h:d	min 20/20
	1:2000 1:680
	20/30 20/40
h:d	1:450 1:340

HyperPhysics, GSU

de fontes). O índice de projeto pode ser ajustado, se necessário, para refletir algum caso específico relevante que se queira diferenciar.

A acuidade de reconhecimento (o critério de legibilidade) deriva de uma capacidade básica de resolver detalhes que conformam cada letra. Esta capacidade básica (chamada de acuidade de resolução) para a visão padrão corresponde ao ângulo de foco implícito de $\delta\gamma_d = 0,0005\text{rad} = 1,72'$ no alfabeto do Quadro de Snellen padrão (o tamanho das linhas e espaços que podem ser resolvidos, chamado de detalhe crítico e , corresponde à largura dos traços usados nesse alfabeto gráfico). A acuidade de resolução decorre da densidade de receptores visuais (cones e bastonetes) e da arquitetura do olho humano (algo como uma distância focal de 17mm, com espaçamento de $2,5\mu\text{m}$ entre cones e concentração de cerca de 6 cones por gânglio neural, os receptores relevantes para condições diurnas ou fotópicas; em condições noturnas ou escotópicas, a acuidade visual é reduzida porque a densidade de bastonetes é menor e cada gânglio neural tem de concentrar cerca de 120 bastonetes, com espaçamento similar, para gerar um estímulo visual suficiente; em condições mesópicas a situação é intermediária porque ambos os receptores contribuem com eficiência menor e em todos os casos o efeito da adaptação visual torna a visibilidade dependente da luminosidade ambiente).

Se a acuidade de resolução é suficiente para entendimento do significado de um elemento de sinalização (um caso usual para marcas viárias), o critério de projeto correspondente é descrito pelo Índice de Resolução Visual $e/x = \text{RI}$ ou pelo Índice de Distância de Resolução Visual $x/e = \text{RDI}$ (substituindo $\delta\gamma_e$ por $\delta\gamma_d$ na avaliação de cada nível de acuidade do usuário da via admitido como padrão de projeto).

A resolução de detalhes é muito mais comum quando são avaliadas as marcas viárias (e.g. para distinguir marcas de Linhas de Divisão de Sentidos com padrão contínuo ou seccionado). A acuidade resolutiva em geral corresponde a cerca de 1/3 a 1/6 da altura de uma letra legível. É um terço para o alfabeto gráfico usado no Quadro de Snellen padrão mas tem sido sucessivamente melhorado a um sexto em alfabetos gráficos recentes que são usados em placas de trânsito e marcas viárias (ou até 40% mais nos alfabetos Euroface e Clearview que vem sendo mais recentemente propostos e estudados).

Em geral, índices de legibilidade devem ser selecionados para cada alfabeto gráfico. Como exemplo, referindo-se a alfabetos gráficos usuais em sinalização viária, um padrão australiano recente (Austroads, 2009) recomenda $\text{LDI} = 0,75\text{m} / \text{mm}$ para a série E-modificada, $\text{LDI} = 0,7\text{m} / \text{mm}$ para a série E original, $\text{LDI} = 0,6\text{m} / \text{mm}$ para a série D e $\text{LDI} = 0,5\text{m} / \text{mm}$ para a série C (os alfabetos gráficos das séries E-modificada e D são recomendados pelos manuais de sinalização adotados no Brasil sem referência ao impacto de adotar um ou outro padrão). Estes padrões australianos são basicamente correspondentes à Visão 6/9 e há também a recomendação de que a distância de detecção seja tomada como 50% maior que a distância de legibilidade (i.e. a distância de legibilidade é 2/3 da distância de detecção). A mesma referência apresenta critérios para estimar o tempo de busca de uma mensagem em placas de orientação (cerca de 0,25seg por palavra, após detectar a placa) e recomenda $\text{LDI} = 0,75\text{m} / \text{mm}$ também para Painéis de LED com mensagem variável (para representação matricial com letras em 7x5, separação entre letras em palavras em 7x2, e separação de palavras em 7x5) e estima o tempo de leitura das mensagens variáveis em 3s por linha, até 2 ou 3 linhas de texto e 18 palavras por linha, após a

detecção do sinal. Este tipo de informação permite relacionar os requisitos de legibilidade com o formato e conteúdo das mensagens.

Por sua vez, a acuidade resolutiva é basicamente independente de alfabetos gráficos, sendo usualmente relacionado com algum conteúdo simples (padrões que contém alguma mensagem). Em condições padronizadas (diurnas), os índices usuais são próximos de $RDI = 1,30m / mm$ ou $RI = 0,77mm / m$ para Visão 6/9, e $RDI = 1,02m / mm$ ou $RI = 0,98mm / m$ para Visão 6/12 (valores que podem ser adotados).

Entretanto, em contextos especiais, deve-se considerar que ambos os índices dependem de certas variáveis como luminância, cor e, num contexto dinâmico, do tempo de adaptação à variações de luminosidade ambiente.

5.3.1.2. Dimensionamento para Acuidade Visual Diurna

Resumindo o que foi dito até aqui, as exigências do usuário da via podem ser traduzidas em um Índice de Legibilidade $LI = h/x$ (ou Índice de Distância de Legibilidade $LDI = x/h$) para leitura de uma letra/símbolo de altura h a uma distância x e em um Índice de Resolução Visual $RI = e/x$ (ou Índice de Distância de Resolução Visual $RDI = x/e$) para identificar um detalhe de tamanho e a uma distância x (e.g. o espaço entre traços de linhas seccionadas).

O dimensionamento dos elementos de sinalização viária então procede notando que um ângulo de acuidade fixado $\delta\gamma$ implica numa relação linear entre a altura e distância medidos em um plano perpendicular ao eixo de visada. As variáveis básicas usadas na análise para o problema de dimensionamento estão representadas na Figura 1, em uma vista tridimensional para placas de trânsito (a) e para marcas viárias (b) e em vistas das correspondentes projeções vertical (c) e horizontal (d). As representações simplificadas das Figuras 2 e 3 tem representações bidimensionais correspondentes para a análise de placas de trânsito (a) e de marcas viárias (b).

Para placas de trânsito, o ângulo do foco pode ser obtido da Figura 1 (a, c, d) e da Figura 2 (a), como $\delta\gamma = v_1 - v_0 = \theta_0 - \theta_1$, onde

$$v_0 = \arctan \frac{H - h_o}{\sqrt{d_{ah}^2 + D^2}} \text{ e } v_1 = \arctan \frac{H - h_o + h}{\sqrt{d_{ah}^2 + D^2}} \text{ ou}$$

$$\theta_0 = \arctan \frac{\sqrt{d_{ah}^2 + D^2}}{H - h_o} \text{ e } \theta_1 = \arctan \frac{\sqrt{d_{ah}^2 + D^2}}{H - h_o + h} \text{ (com } D \text{ para}$$

$D + d_o$ de forma simples), que pode ser relacionada com a dimensão perpendicular g por

$$g = h \cdot \cos v_1 = h \cdot \frac{\sqrt{d_{ah}^2 + D^2}}{\sqrt{d_{ah}^2 + D^2 + (H - h_o + h)^2}} \cong h \quad (5.18a,b,c)$$

$$\delta\gamma = \arcsin \frac{g}{\sqrt{d_{ah}^2 + D^2 + (H - h_o)^2}} \cong \frac{g}{D} \cong \frac{h}{D} \quad (5.19a,b,c)$$

(a aproximação é considerada adequada quando $D \gg H > h, h \sim h_o$). Para leitura, a formula de dimensionamento é derivada do critério de legibilidade que descreve a acuidade de reconhecimento do usuário da via padrão como

$$h \geq D \cdot \frac{h}{x} = D.LI = \frac{D}{LDI} \quad (5.20a,b,c)$$

(corresponde à exigência $\delta\gamma \geq \delta\gamma_\ell$) e h refere-se à altura h_ℓ da letra.

Para marcas viárias, o ângulo de foco pode ser obtido da Figura 1 (b, c, d) ou da Figura 2 (b) mas deve-se distinguir o caso de dimensões laterais (e.g. a largura lateral b) ou dimensões transversais (e.g. as extensões longitudinais c, d or e). Para dimensões laterais, a análise anterior aplica-se com $g = b$, e a fórmula de dimensionamento é

$$b \geq D \cdot \frac{b}{x} = D.RI = \frac{D}{RDI} \quad (5.21a,b,c)$$

(corresponde à exigência $\delta\gamma \geq \delta\gamma_d$, relacionando a detecção de detalhe com o Índice de Resolução Visual). Para dimensões transversais, as relações similares são $\delta\gamma = v_1 - v_0 = \theta_0 - \theta_1$, onde

$$v_0 = \arctan \frac{h_o}{\sqrt{d_{ah}^2 + D^2}} \text{ e } v_1 = \arctan \frac{h_o}{\sqrt{d_{ah}^2 + (D+d)^2}} \text{ ou}$$

$$\theta_0 = \arctan \frac{\sqrt{d_{ah}^2 + D^2}}{h_o} \text{ e } \theta_1 = \arctan \frac{\sqrt{d_{ah}^2 + (D+d)^2}}{h_o} \text{ (com } D \text{ para } D+d_o \text{ de forma simples), que pode ser relacionada com a dimensão perpendicular } g \text{ por}$$

$$g = d \cdot \cos v_1 = d \cdot \frac{h_o}{\sqrt{d_{ah}^2 + (D+d)^2 + h_o^2}} \cong d \cdot \frac{h_o}{(D+d)} \cong d \cdot \frac{h_o}{D} \quad (5.22...)$$

$$\delta\gamma = \arcsin \frac{g}{\sqrt{d_{ah}^2 + D^2 + h_o^2}} \cong \frac{g}{D} \cong d \cdot \frac{h_o}{D^2} \quad (5.23a,b,c)$$

(a aproximação é considerada boa quando $D \gg d, d \sim h_o$ mas, neste caso, as condições podem ser violadas e as formulas mais precisas podem ser preferidas). A formula de dimensionamento derivada da acuidade resolutiva do usuário da via de projeto é

$$d \geq \frac{D^2}{h_o} \cdot \frac{d}{x} = \frac{D^2}{h_o} \cdot RI = \frac{D^2}{RDI} \cdot \frac{h_o}{h_o} \quad (5.24a,b,c)$$

(corresponde à exigência $\delta\gamma \geq \delta\gamma_d$ para detalhes). A mesma formula aplica-se para o espaçamento de dispositivos refletivos aplicados ao pavimento (tachas). Para legendas e símbolos pintados no pavimento, a acuidade de resolução é o requisito adequado e a fórmula de dimensionamento é

$$d \geq \frac{D^2}{h_o} \cdot \frac{h}{x} = \frac{D^2}{h_o} \cdot LI = \frac{D^2}{LDI} \cdot \frac{h_o}{h_o} \quad (5.25a,b,c)$$

(corresponde à exigência $\delta\gamma \geq \delta\gamma_\ell$), onde d é a dimensão do elemento como pintado sobre o pavimento.

Note que a altura da letra h_ℓ (ou altura de um símbolo) é o dado básico que determina a dimensão da placa de trânsito (em função de padrões de diagramação fixados). Por exemplo, para a placa de Limite de Velocidade, no Brasil a exibição é feita num círculo que observa a relação $h = 0,4 \cdot \phi$ e o diâmetro requerido do sinal ϕ é obtido da altura da letra (uma relação similar determina a dimensão da placa retangular usada para o limite de velocidade em outros países). Tomando o caso de uma placa de Limite de Velocidade que deve reduzir o limite de velocidade geral para autos em rodovias brasileiras de 110km/h para um valor segura de 80km/h, a distância de visibilidade requerida é de

155m em um trecho em nível e, para a relação $x/h = 400$ adotada no Brasil (correspondente à Visão 6/9), a altura de letra determinada é $h_\ell = 155/400 = 0,3875\text{m}$ para uma placa circular com diâmetro $\phi = 0,3875/0,4 \cong 1,0\text{m}$. Esta é a recomendação oficial.

Para detecção de elementos de sinalização, não há critérios aceitos para identificar a dimensão importante. A dimensão relevante ℓ pode ser a altura integral da placa de trânsito (ou da placa maior onde o sinal de trânsito é incorporado) ou a extensão total de um padrão de marca viária (eventualmente a extensão total visível) e pode-se usar a acuidade recognitiva ou resolutiva para avaliar as exigências de detecção se possível (talvez em função do tipo de sinal). Alguns dispositivos auxiliares, como o uso de plaquetas com mensagens adicionais, podem também aumentar a dimensão relevante para detecção (a proposta de definir ℓ como um conceito específico de dimensão identificável, detalhado para cada forma de exibição, parece ser a melhor opção para considerar as características de cada tipo de elemento de sinalização). Como uma aproximação preliminar, uma medida de tamanho integral do sinal (do painel externo se usado) é adotado e a acuidade recognitiva pode ser usada para avaliar os requisitos de detecção, ao menos para sinais que podem ser identificados pela sua forma geral (externa), quando não houver indicação específica. No exemplo anterior, para a placa de Limite de Velocidade exibida em base circular no Brasil, tomando $\ell = \phi$ para detecção de uma placa simples e usando o mesmo nível de acuidade, a estimativa de distância de detecção seria 150% que a de leitura (dado que $h = 0,4\phi$). Este resultado preliminar pode ser comparado com o valor 50% maior sugerido na Austrália para placas de orientação. O tamanho da placa de trânsito é reconhecido como o fator mais importante para detecção diurna e os fatores relacionados com a conspicuidade no seu entorno parecem ser uma condição prévia (e mais exigente) para o caso de placas de trânsito. No entanto, uma clara base teórica para justificar este fato e para estabelecer uma relação quantitativa não existe atualmente (a Hipótese da Teoria Tau, de David Lee, que usa a taxa de variação relativa do tamanho angular dos objetos como variável de detecção, seria o candidato mais natural e relaciona a probabilidade de percepção de um estímulo visual com a taxa de variação da sua projeção ótica em relação ao um limiar de detecção que representa a capacidade do usuário da via).

A questão básica sobre a detecção é, em certa medida, indefinida sem requisitos adicionais. Considere perguntas sobre a detecção de: uma placa, uma placa circular, uma placa de limite de velocidade, uma placa com limite de velocidade de 80km/h. Estas perguntas sobre detecção têm graus progressivos de exigências de leitura (as últimas duas formas seriam as relacionadas com detecção e com leitura na discussão até aqui). A preocupação com a detecção busca enfatizar que pode haver uma restrição anterior à leitura (em adição à legibilidade), significando que há uma exigência que deve ser satisfeita algum tempo convenientemente anterior à leitura (caso contrário, se ambas forem simultâneas, a observação será censurada e a leitura pode estar restringida pela detecção, não pela legibilidade). O mesmo raciocínio seria aplicado ao requisito relacionado de conspicuidade.

Para marcas viárias, os critérios usualmente empregados são de detecção. Naturalmente, quando consideradas mensagens simples (como a posição de uma Linha de Retenção para Parada ou a mudança de padrão de Linhas de Bordo, Linhas Divisórias de Faixas e Linhas Divisórias de Sentidos de Tráfego), a distinção entre detecção e leitura

(quase) desaparece (o que significa que a análise do problema de detecção ou conspicuidade pode ser uma necessidade inevitável).

Por exemplo, aceitando $x/e = 1000$ como acuidade resolutiva, a largura básica de linha de 0,10m seria percebida até $D = 0,1 \cdot 1000 = 100\text{m}$ (provendo um tempo de antecipação de 4,5seg a 80km/h, o limite para esta largura de linha no Brasil; a largura de linha de 0,15m a 110km/h, o limite geral de velocidade para autos em rodovias no Brasil, proveria $D = 0,15 \cdot 1000 = 150\text{m}$ ou 4,9seg de antecipação). Similarmente, o espaço de 1,0m para marcas de Linhas de Continuidade seria percebido por um condutor com olhos a uma altura de 1,20m de uma distância $D = \sqrt{1,0 \cdot 1,20 \cdot 1000} = 34,6\text{m}$ antes na via (provendo um tempo de antecipação de 2seg a 60km/h, o limite para uso desta extensão de traço e espaço no Brasil). Para marcas de Linhas Divisórias de Faixa com a cadência padrão 1:3 de traço:espaço, os espaços de 6,0m, 9,0m, 12,0m seriam percebidos a uma distância 84,8m, 103,8m, 120,0m antes na via, provendo um tempo de antecipação de 5,1seg, 4,7seg, 3,9seg para as velocidades de 60km/h, 80km/h e 110km/h relacionadas com os padrões de espaço no Brasil.

Para dimensionamento da largura transversal de Linhas de Retenção para Parada, usando critérios similares para avaliar a necessidade dos condutores como um tempo de antecipação para os veículos em aproximação, o valor básico exigido para sua largura transversal também seria relacionado com a velocidade (o que não ocorre no Brasil). Considerando a ausência de dados de boa qualidade sobre a necessidade dos usuários da via, os parâmetros de projeto para linhas transversais podem ser gerados por raciocínio reverso. Primeiro, o valor de distância morta é baseado na verificação do cone de visão central ($D_{do} = 5,67 \cdot 1,20 = 6,8\text{m}$ ao invés da distância de visão obstruída pela frente do veículo $D_{od} = 3\text{m}$). Segundo, as variações admitidas para as larguras das linhas transversais são relacionadas com fatores de segurança exigidos: 3 para Linhas em Travessias de Pedestres e Linhas de Retenção para Parada, 2 para Linhas de Cessão de Preferência e Linhas de Estímulo à Redução de Velocidade, 1 para Linhas de Delimitação de Espaço para Estacionamento (esta última correspondendo às larguras básicas de 0,10m a 0,20m). Desta forma, os valores recomendados poderiam ser relacionados com a velocidade a partir de um requisito para a tarefa posicional exigida (por exemplo, manter o veículo antes da marca transversal na porção final de parada na distância morta com a margem de segurança fixada).

Naturalmente, o raciocínio reverso deve então ser validado em aplicações práticas. No exemplo anterior, novamente aceitando $x/e = 1000$ como acuidade resolutiva, a distância de visibilidade é $D = \sqrt{1000 \cdot 1,20 \cdot 0,10} = 10,95\text{m}$ e $D = \sqrt{1000 \cdot 1,20 \cdot 0,20} = 15,49\text{m}$ para as larguras básicas de 0,10m e 0,20m, respectivamente. Assumindo frenagem para parada com $b = 10 \text{ km/h/s}$, no ponto em que as linhas transversais recebem atenção a velocidade tem-se

$$V_p = \sqrt{2 \cdot \frac{10}{3,6} \cdot 10,95} = 7,8 \text{ m/s} = 28 \text{ km/h} \text{ ou}$$

$$V_p = \sqrt{2 \cdot \frac{10}{3,6} \cdot 15,49} = 9,3 \text{ m/s} = 33 \text{ km/h} \text{ e no ponto em que as linhas saem do cone de visão central a velocidade (comum) tem-se}$$

$$V_d = \sqrt{2 \cdot \frac{10}{3,6} \cdot 6,8} = 6,1 \text{ m/s} = 22 \text{ km/h} \text{ (em frenagem), para um}$$

$$\text{tempo de antecipação } t_{pv} = \frac{28-22}{10} = 0,6\text{seg} \text{ ou } t_{pv} = \frac{33-22}{10} = 1,1\text{seg}$$

para as larguras básicas de linhas transversais (valores exíguos para ajuste do posicionamento do veículo junto à linha; os valores seriam de 1,3seg e 1,9seg se fosse usada a distância de visibilidade obstruída de 3m em lugar da distância morta implicada pelo cone de visão central).

Como anteriormente comentado, há uma clara necessidade de estudos adicionais para justificar os parâmetros adotados. A discussão feita apenas tenta mostrar a necessidade de parâmetros e modelos de análise para relacionar características da sinalização viária e seu desempenho funcional para marcas viárias. Note-se que outros critérios de projeto exigem análises similares. Por exemplo, para o caso de travessias de pedestres, a distância entre as linhas de retenção veiculares e a posição das travessias de pedestres é em muitos casos mais importante do que a dimensão das linhas que marcam a travessia e a visibilidade dos pedestres para os veículos que tem a visão obstruída lateralmente pelos veículos nas faixas laterais é um aspecto mais crítico para evitar acidentes. Por exemplo, no Brasil a distância usualmente recomendada para o recuo das linhas de retenção veiculares em relação às faixas de pedestres é de 1,5m enquanto em outros países são usuais valores de 3m ou mais. A observação em campo das travessias de pedestres mostra claramente que é frequente a situação em que os veículos das faixas adjacentes não percebem os pedestres em função de obstrução visual até em casos de início do movimento a partir de uma posição parada (como em faixas de pedestres junto a semáforos).

Portanto, em todos os casos, algumas outras questões devem ser consideradas em uma teoria básica melhor. De forma geral, a oclusão da visão de placas por veículos laterais com dimensões maiores (veículos pesados) é relevante para placas de trânsito em geral. O efeito é ainda mais geral e importante para marcas viárias transversais aplicadas nas faixas de tráfego (qualquer veículo adiante de um usuário da via, na mesma faixa ou na faixa adjacente, produz o encobrimento da marca viária). Naturalmente, a distância de visibilidade deve ser livre de obstruções visuais e muitas vezes avaliada em linha reta (e não ao longo da via) para permitir seu aproveitamento pelo usuário. Nestes e em outros aspectos, não faltam temas para análise mais detalhada.

5.3.2. Projeto para Condições Noturnas

Em condições noturnas, a comunicação efetiva com os usuários da via é muito mais difícil de conseguir. Em geral, a iluminação ambiental não é suficiente para gerar um estímulo visual adequado, pelo menos para elementos de sinalização com iluminação indireta (provida pela iluminação viária ou veicular) mas eventualmente também para elementos viários com iluminação direta/própria (um caso raro e também sujeito a deficiências de visibilidade importante, como é o caso dos painéis de mensagem variáveis). A sensibilidade ao contraste luminoso (uma limitação clara para a comunicação com os elementos de sinalização) deve apoiar a capacidade de resolução e reconhecimento dos usuários da via. Um resumo breve das exigências de luminosidade derivadas da abordagem do Nível de Visibilidade para previsão da sensibilidade à luminância (apenas uma de diversas formulações de um campo aberto ainda controverso) é feita a seguir.

5.3.2.1. Necessidades do Usuários para Condições Noturnas

O entendimento das condições necessárias para uma adequada visibilidade noturna algumas mudanças importantes (mas talvez ainda limitadas) nos anos recentes. As condições de iluminação nas vias em

períodos noturnos foram reconsideradas como uma condição intermediária (mesópica) entre a iluminação plena (fotópica) e a iluminação baixa (escotópica) e uma nova fotometria foi desenvolvida. Alguns modelos teóricos foram também propostos recentemente (principalmente a partir do final dos anos 80) para descrever a capacidade da visão humana em ambiente noturno (inicialmente mais para detecção do que para leitura). As abordagens principais parecem ser as baseadas no conceito de Nível de Visibilidade (*VL-Visibility Level*), Desempenho Visual Relativo (*RVP-Relative Visual Performance*) e mesmo o ressurgimento de abordagens propostas por Waldram na década de 40, baseadas no conceito de Poder de Revelação (*RP-Revealing Power*).

Essas propostas não atingiram um alto grau de aceitação mesmo na sua áreas de aplicação mais familiar dentro do campo da Engenharia de Transportes (o projeto da iluminação viária). Entretanto, pelo menos a abordagem do Nível de Visibilidade tem sido proposta sob os auspícios de associações internacionais como o Instituto Nacional de Normas Americano, a *ANSI-American National Standards Institute*, e a Sociedade de Engenharia de Iluminação da América do Norte, o *IESNA-Illumination Engineering Society of North America*, que subscreveram o chamado método da Visibilidade de Objetos Pequenos (*STV-Small Target Visibility Method*; veja-se a reafirmação do método da ANSI, 2000, e sua avaliação crítica no Apêndice A do Guia de Projeto de Iluminação Viária, o *RLDG-Roadway Lighting Design Guide*, da Associação Americana dos Órgãos Estaduais de Rodovias e Transportes, a *AASHTO-American Association of State Highway and Transportation Officials*). Por ser compreensivo e uma das propostas principais, esta abordagem será descrita de forma sucinta, com o objetivo de informar seu conteúdo básico.

A abordagem do Nível de Visibilidade (VL) corresponde à chamada síntese de Adrian (produzida por Werner Adrian no final dos anos 80 e ainda em desenvolvimento). O modelo de análise proposto reúne diversos resultados anteriores e define uma medida básica de visibilidade sensível à iluminação, o Nível de Visibilidade VL, como

$$VL = \frac{L_d - L_c}{\delta L_{ptPI}} = \frac{\Delta L_{dc}}{\delta L_{ptPI}} = \frac{C_{dc}}{\delta C_{ptPI}} \quad (5.26a,b,c)$$

onde L_d é a luminância da mensagem ou detalhe, L_c é a luminância do contorno ou fundo e δL_{ptPI} é o limite de percepção do usuário da via para luminância diferencial (ou limiar de contraste δC_{ptPI} contra algum nível de luminância do ambiente ou do fundo L_a ou L_b). Estes limiares são baseados em critérios para a probabilidade de detecção p , o tempo de fixação t , a polaridade do contraste P (positiva ou negativa), e idade do observador I (e correspondem a uma distância x ao objeto de tamanho z). A incorporação destes diferentes fatores com base em estudos existentes foi o trabalho da síntese de Adrian, com um limiar de percepção para luminância diferencial avaliado por

$$\delta L_{ptPI} = k_p \cdot \delta L_0 \cdot F_t \cdot F_p \cdot F_I \quad (5.27)$$

(todos os fatores são avaliados usando equações empíricas que consideram a luminância do ambiente $L_a = L_b + L_v$, incluindo o véu de luminância produzida por fontes eventuais L_v , o ângulo do alvo correspondente ao objeto $A = \arctan \frac{z}{x}$, e os critérios implícitos em δL_{ptPI}). A Tabela 1 apresenta valores para δL_{ptPI} em contraste positivo e negativo (foram assumidos os critérios propostos para o método STV mas considerando tamanhos de objeto variáveis para A ;

outros parâmetros fixos seriam considerados variáveis no projeto de sinalização viária como o tempo de exposição e a idade do usuário).

La\A(°)	1	2	6	12	30	60	120
0,01cd/m ²	1,5992	0,4131	0,0535	0,0173	0,0055	0,0030	0,0021
(Negativo)	1,3793	0,3190	0,0295	0,0072	0,0021	0,0016	0,0014
0,05cd/m ²	1,9056	0,5065	0,0721	0,0261	0,0099	0,0063	0,0048
(Negativo)	1,7475	0,4260	0,0453	0,0125	0,0043	0,0033	0,0033
0,1cd/m ²	2,3125	0,6210	0,0914	0,0342	0,0137	0,0090	0,0071
(Negativo)	2,1610	0,5388	0,0612	0,0180	0,0064	0,0050	0,0048
0,5cd/m ²	4,7401	1,2897	0,1976	0,0769	0,0328	0,0226	0,0183
(Negativo)	4,5421	1,1684	0,1435	0,0443	0,0155	0,0117	0,0114
1,0cd/m ²	6,4239	1,7753	0,2848	0,1159	0,0526	0,0376	0,0312
(Negativo)	6,1693	1,6121	0,2070	0,0668	0,0250	0,0194	0,0192
5,0cd/m ²	14,5476	4,2227	0,7768	0,3550	0,1869	0,1450	0,1270
(Negativo)	14,0498	3,8746	0,5869	0,2250	0,1051	0,0862	0,0844
10,0cd/m ²	22,3172	6,6033	1,2767	0,6063	0,3338	0,2650	0,2355
(Negativo)	21,6744	6,1395	1,0112	0,4189	0,2110	0,1738	0,1673

Nota: elaborado para $k_p=3,0$ (atribuído a $p=99,9\%$ de probabilidade de detecção).

TABELA 1. Limiar de Percepção para Luminância Diferencial segundo o Método STV com Objeto de Tamanho Variável (Ângulo de Visada A), para Contraste Positivo e Negativo, em Condições Mesópicas (probabilidade de detecção $p=99,9\%$, tempo de fixação $t=0,2s$ e idade do observador $I=65anos$).

Note que mesmo na proposta atual para iluminação viária, o requisito de pequena distância (e ar límpido) é implícito (e.g. para o critério do método STV, o objeto focado tem $0,18 \times 0,18 \text{ m}^2$ e é avistado por um observador a 83,07m). Deve-se também notar que os limiares foram obtidos com base nos experimentos de Blackwell da década de 50, que correspondem a detecção em condições de laboratório (para alvos circulares). Para condições exteriores e para leitura as exigências são maiores, tendo sido sugeridos limiares correspondentes a $VL_d = 4$ para detecção e $VL_\ell = 8$ para leitura, em condições viárias.

Como antes observado, estes critérios expressam apenas uma das diversas formulações competidoras atualmente existentes. Nenhuma das propostas existentes tem suporte teórico e empírico para afirmar-se de forma ampla mas a maior parte produz implicações similares para projeto em boa parte das condições usuais. O objetivo desta descrição é mostrar as variáveis envolvidas e a forma como elas interagem na determinação da percepção visual noturna. No entanto, não faltam alguns aspectos relevantes. Por exemplo, implicitamente admite-se adaptação total à luminosidade ambiente (não havendo um efeito dinâmico decorrente de um tempo de adaptação visual insuficiente). Mas a influência básica da iluminação ambiente (e de fontes eventuais que podem produzir ofuscamento) e do tamanho do alvo (expresso como ângulo de visada e , então, relativo à distância de observação) estão presentes de uma forma sensível ao projeto.

5.3.2.2. Modelos Fotométricos para Iluminação Noturna

Como uma variável principal para os elementos de sinalização, a distância deve ser adequadamente adicionada à abordagem básica do Nível de Visibilidade VL para preencher os requisitos de uma teoria básica para projeto. A incorporação deste fator fundamental exige a introdução de um aspecto fundamental: modelos fotométricos devem ser adicionados para gerar o estímulo luminoso essencial para a visão dos elementos de sinalização viária.

Como um critério básico preliminar, a sinalização viária é projetada para uma condição em que estão presentes apenas fontes de iluminação artificial em período noturno, desprezando o efeitos de fontes ambientais menos importantes. Além disso, normalmente somente a iluminação gerada pelo próprio veículo é considerada (desprezando, como regra, a iluminação viária e também a iluminação vinda de outros veículos e de edifícios e outras instalações lindeiras à via), o que representa uma condição conservativa (de emergência) mesmo para o caso em que há iluminação viária (em princípio, outras condições mais realistas de iluminação natural e artificial podem ser verificadas com procedimentos semelhantes e serão menos críticas).

A condição de projeto para iluminação indireta, neste contexto, pode ser expressa como um coeficiente mínimo de retro-refletividade que produz um estímulo visual adequado (as diversas medidas práticas para retro-refletividade estão resumidas num quadro a seguir). Do ponto de vista teórico, o conceito geral pode ser representado pela função de distribuição bidimensional de retro-refletividade (BRDF-*Bidimensional Retro-reflective Distribution Function*) definida por

$$\rho_{rr} = f_r [\omega_i, \omega_o] = \frac{L[\omega_o]}{E[\omega_i]} \quad (5.28a,b)$$

como a razão entre a luminância $L[\omega_o]$ emitida de uma superfície por reflexão numa direção de observação ω_o (em cd/m^2) e a iluminação $E[\omega_i]$ recebida numa superfície de uma luz incidente de uma direção ω_i (em lx), com ambos os ângulos medidos em relação ao eixo normal à superfície. Em geral a BRDF é medida de forma discreta e transformada em uma matriz de retro-refletividade bidimensional. No entanto, esta é sempre uma representação mais extensa (e por isso complexa) e as propriedades de retro-refletividade podem ser expressas por medidas mais simples (em geral coeficientes medidos em certas direções convenientes de incidência e de reflexão). As luminâncias em uma dada direção podem também ser medidas pela área da superfície ou pela área projetada da superfície (perpendicular ao eixo de iluminação incidente ou de luminosidade emitida). Estes critérios distinguem os diferentes coeficientes adotados por cada documento normativo (especialmente do CIE, CEN, BSI e ASTM).

Concepts and Standards for Retroreflectivity of Road Signage Elements

Retroreflectivity concepts and measures (those that applies when the observation angle α is small, previously denoted as $\delta\alpha$, typically up to $\pm 10^\circ$) are rarely discussed, but on standards. In the following, an introduction to the content of the main standards related to road signage elements is provided. Despite of the alleged lack of theoretical basis for relating the properties and application of signage elements to their functional performance, there is a wide set of standards covering the requirement for road signage elements and most requirements are related to the less known feature: the nighttime properties of signage elements (*sic*). However, the revision of the normative framework is important as these requirements represent a huge body of empirical experience accumulated by manufacturers, road providers and road designers (among other interest groups).

It seems that almost all normative frameworks were originated from the CIE-*Commission Internationale de L'Eclairage* concepts and terminology, including its counterpart in the USA, as the current standards set-out by ASTM International (the previous American Society for Testing and Materials). Despite this common basic framework, the normative documents are usually hard to understand and compare, mostly because the presentation is not clear and there is a concession to several alternative referencing and measuring systems.

The description of the road signage condition is a case where this practice brings some confusion. To relate the alternative referencing and measuring systems, an intermediate notation will be initially adopted here, to achieve the intended clear but simpler presentation. The relation to the conventional notation will be stated ahead.

First, the signage element (the retroreflector) is positioned by defining its plane κ_R using the element (retroreflector) center C_R and the normal axis ι_R to its surface (almost vertical plane for traffic signs and almost horizontal plane for pavement markings). Note that the orientation of signage element is not precisely aligned with the orientation of the road axis. Vehicle platforms (and road users) are moved from the horizontal plane by transversal and longitudinal elevation of roads (by constant angles in fully developed segments and with variable angles in transition elements to road curves) but this rotation can usually be assumed to be the same as that of pavements (and their markings) and signs (even with vertical supports). Also, there is a folkloric practice maintained by regulations in some countries by which traffic signs are tilted by a small angle, to the outside in relation to the road axis, to avoid specular reflection from the sunlight).

Second, the orientation of the signage element is defined by setting its datum axis ι_D in the element plane κ_R (i.e. perpendicular in relation to the reflector axis ι_R , a line that is perpendicular to the surface plane κ_R). For pavement markings, the datum axis usually has the orientation of the traffic flow (that can be defined by the road axis, at least outside transition and curved segments). For traffic signs, it is almost vertical (at least before applying the tilt angles previously discussed). To be clear, the orientation of the signage element has to define this detail of positioning (what is also required to evaluate the rotational symmetry or invariance of its properties).

Third, the geometry of illumination and observation must be described (as determined by the position of the signage element and its distance to the vehicle along the road). The illumination (entrance) axis ι_I is defined as the line joining the light source at B_I (headlamp F) to the reflector central point C_R and the illumination entrance angle ω_β is defined as its angle to the reflector axis ι_R (alternatively, the co-entrance angle ω_e is the complement to ω_β in the perpendicular angle of the reflector axis in its surface). The observation (or viewing) axis ι_E is defined as the line joining the observer view at A_E (road user eyes O) to the reflector central point C_R , the observation angle ω_α is defined as its angle to the illumination axis ι_I while the viewing angle ω_v is defined as

its angle to the reflector axis ι_R (alternatively, the co-viewing angle ω_a is the complement to ω_v in the perpendicular angle of the reflector axis in its surface). The illumination (entrance) plane κ_β defined by the illumination axis and the reflector axis (containing the illuminating or entrance angle) and the viewing plane κ_ν defined by the observation axis and the reflector axis (containing the viewing angle) are both perpendicular to the element surface plane κ_R while the observation plane κ_α defined by the illumination axis and the viewing axis (containing the observation angle) is transversal, even if almost perpendicular to the pavement plane (an approximation assumed in the 2D model).

When projected into the element surface (i.e. perpendicular to the reflector plane), the projected illumination axis ι_I^R and the projected observation axis ι_E^R are defined. Directly, the angle between ι_I and ι_I^R is ω_e (the co-entrance angle) and the angle between ι_E and ι_E^R is ω_a (the co-viewing angle). The projected axes are used to define the alignment angles in relation to the datum axis ι_D in the reflector plane κ_R : the orientation angle ω_s from the projected illuminating axis ι_I^R (the intersection of κ_R and κ_β) to ι_D and the rotation angle ω_d from the projected observation axis ι_E^R (the intersection of κ_R and κ_ν) to the extension of ι_D (alternatively, $\omega_b = \pi + \omega_d - \omega_s$ is used for ι_I^R or ω_ε is used for the angle of ι_{ER} , the intersection of κ_R and κ_α , instead of κ_ν , to ι_D).

The relative position of illumination and observation planes can also be represented by the so-called presentation (dihedral) angle ω_γ between κ_α and κ_β (or approximated as the angle from the projected illuminating and observation axis ι_I^R to ι_E^R as $\omega_\gamma \cong \omega_s + \omega_\varepsilon$). Instead of representing the orientation of the signage element in the reflector plane κ_R , the orientation can also be represented by the rho plane κ_ρ with axes ι_D and ι_E for the illumination plane and the rho (dihedral) angle ω_ρ between the plane κ_ρ and the observation plane κ_α (containing the observation axis ι_E).

The perpendicular to the observation plane κ_α at the reflector center C_R defines the so-called first axis ι_1 (and the plane κ_1 with axes ι_R and ι_1) and its perpendicular to the reflector axis at the reflector center C_R and in the observation plane κ_α defines the so-called second axis ι_2 (and the plane κ_2 with axes ι_1 and ι_2). These axes are used to decompose the illumination angle ω_β into the components $\omega_{\beta 1}$ (from the ι_I axis to the plane κ_1) and $\omega_{\beta 2}$ (from the plane κ_α to the ι_R axis), satisfying $\cos \omega_\beta = \cos \omega_{\beta 1} \cdot \cos \omega_{\beta 2}$ and $\cos \omega_v = \cos[\omega_\beta - \omega_\alpha] \cos \omega_{\beta 2}$ (the 2D model derives from the assumption that $\omega_{\beta 2} \cong 0$). Note that $\cos \omega_{\beta 2} = \frac{\cos \omega_v}{\cos[\omega_\beta - \omega_\alpha]}$ and $\cos \omega_{\beta 1} = \frac{\cos \omega_\beta}{\cos \omega_{\beta 2}}$ can be directly evaluated if $\omega_v = \nu, \omega_\alpha = \alpha, \omega_\beta = \beta$ is obtained from the problem data.

The two reference systems related to the analysis of traffic signs and pavement markings are represented in Figure A.1, named as the A (application) system $\alpha = \omega_\alpha, \beta = \omega_\beta, \varepsilon = \omega_\varepsilon, \omega_s = \omega_s$, and the RM (road marking) system $a = \omega_a, b = \omega_b, e = \omega_e, d = \omega_d$. The two alternative reference systems for testing, are shown in Figure A.2, named as the CIE (goniometer) system $\alpha = \omega_\alpha, \beta_1 = \omega_{\beta 1}, \beta_2 = \omega_{\beta 2}, \varepsilon = \omega_\varepsilon$, and the I (intrinsic) system: $\alpha = \omega_\alpha, \beta = \omega_\beta, \gamma = \omega_\gamma, \omega_s = \omega_s$. Transformation rules for reference systems are provided in CIE 054-2, 2001, and ASTM E808, 2001, E809, 2008.

Note that, under vehicle lighting, the two frontal headlamps define two illuminating axes and all their derived properties. However, most evaluations can be made by taking a combined source located at their mid-point (over the vehicle axis). Similarly, but even with a stronger justification, the observation axis takes the mid-point of the eyes of the road user. No distinction is usually made about each of the eyes of road users.

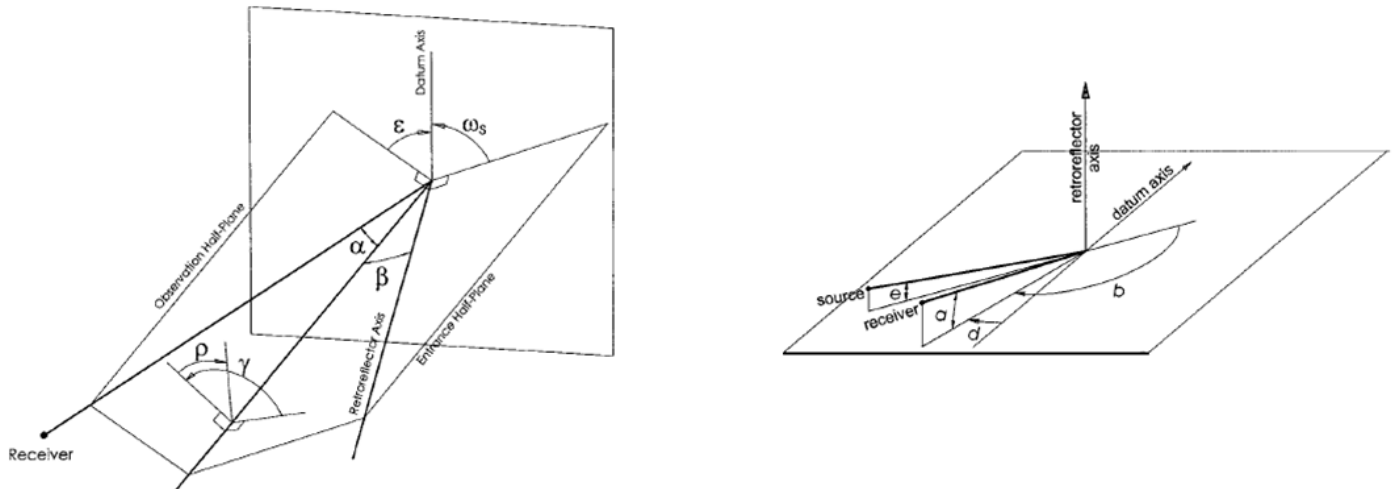


FIGURE A.1. Alternative Referencing Systems for Traffic Signs and Pavement Markings as adopted in CIE 054-2001 or ASTM E808-2001.

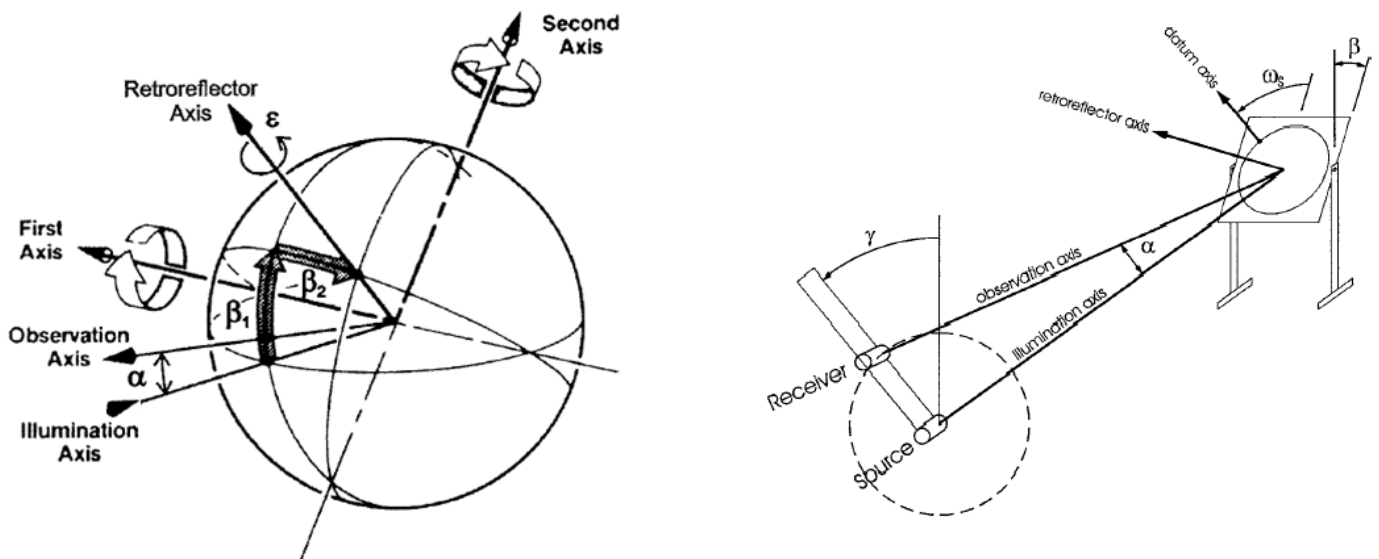


FIGURE A.2. Alternative Referencing Systems for Measurement Procedures as adopted in CIE 054-2001 or ASTM E808-2001.

The understanding of normative documents is further obscured by the use of several alternative measures of retroreflective properties. The retroreflectivity coefficient $\rho_{rr}[\alpha_r, \beta_i] = L_r[\alpha_r, \beta_i] / E_s[\beta_i]$ (a function of entrance angle β_i of incident light and observation angle α_r of reflecting light on the observation plane κ_O) of the indirect lighting provided by vehicle headlamps that generates illumination E_s produces the luminance L_r that returns to the road user eyes. These values are points of a general BRDF-Bidirectional Reflectance Distribution Function $f_r[\omega_i, \omega_r]$ (as pavements and plates, the support of markings and signs, are plane elements), an information that is not usually available for signs and markings. Even point values are dependent on measuring devices (and the understanding of the underlying physical property is not clearly implied).

Considering an element with area A illuminated by a single source at an entrance angle $\omega_i = \beta_i$ and observed by a single user at the viewing angle $\omega_r = \nu_r \cong \beta_i + \alpha_r$, the projected areas are $A_\beta = A \cdot \cos \beta_i$ along the illuminating direction and $A_\nu = A \cdot \cos \nu_r$ along the viewing direction (the real area is sometimes represented as $A_\perp = A$). The main concepts and measures of retroreflectivity (CIE 054-2, 2001, or ASTM E808, 2001, E809, 2008) can be summarized as:

- the coefficient of (retroreflective) luminous intensity $R_I = I[\beta, \alpha] / E_{\perp}[\beta]$ in cd/lx, where $E_{\perp}[\beta]$ is the illuminance in the area projected to the perpendicular to the illumination axis ($E_{\beta} = E_{\perp}[\beta] \cos \beta$ is the illumination at the plane area of the surface) and $I[\beta, \alpha]$ is the retroreflected luminous intensity at a viewing angle $\nu \cong \beta + \alpha$ or an observation angle α from the illumination axis;

- the coefficient of (emitted) retroreflective luminance $R_A = L_{\perp}[\beta, \alpha] / E_{\perp}[\beta] = R_I / A$ in cd/lx/m² with the (emitted) luminance per unit of area of the element, where $E_{\perp}[\beta]$ is the illuminance in the area projected to the perpendicular to the illumination axis (instead of $E_{\beta} = E_{\perp}[\beta] \cos \beta$ at the element surface) and $L_{\perp}[\beta, \alpha]$ is the retroreflected luminance emitted by reflection to the direction of the observation angle α with the element area A (instead of the area projected to the perpendicular to the viewing axis, as perceived by the observer, that would deliver the effective luminance $L_v[\beta, \alpha] = L_{\perp}[\beta, \alpha] / \cos \nu$);

- the coefficient of (perceived) retroreflective luminance $R_L = L_v[\beta, \alpha] / E_{\perp}[\beta] = R_A / \cos \nu$, where $E_{\perp}[\beta]$ is the illuminance in the area projected to the perpendicular to the illumination axis (instead of $E_{\beta} = E_{\perp}[\beta] \cos \beta$ at the element surface) and $L_v[\beta, \alpha] = R_I / A_v = L_{\perp}[\beta, \alpha] / \cos \nu$ is the perceived luminance as seen by the observer (i.e. per unit of area projected to the perpendicular to the viewing axis $A_v = A \cos \nu$);

- the coefficient of (retroreflective) luminous flux $R_{\Phi} = I[\beta, \alpha] / \Phi[\beta] = R_A / \cos \beta$ in cd/lm, where $\Phi[\beta] = E_{\perp}[\beta] \cdot A_{\beta} = E_{\beta} \cdot A_{\perp}$ is the total luminous flux in the element surface (as $E_{\beta} = E_{\perp}[\beta] \cos \beta$ is the illuminance in the element surface and the area projected to the perpendicular to the illumination axis is $A_{\beta} = A \cos \beta$ at the illumination angle β in relation to the normal at the surface) and $I[\beta, \alpha]$ is the retroreflected luminous intensity as seen at a viewing angle $\nu \cong \beta + \alpha$ or an observation angle α from the illumination axis.

Following the previous discussion, the retroreflectivity coefficient $\rho_{rr}[\alpha_r, \beta_i] = L_r[\alpha_r, \beta_i] / E_s[\beta_i]$ would be properly set as $\rho_{rr}[\alpha_r, \beta_i] = L_v[\alpha_r, \beta_i] / E_{\beta}[\beta_i]$ (in the official exposition, R_{Φ} is taken as the measure that is nearest to the traditional form of a BRDF). However, the common practice is to use R_A or R_L as retroreflectivity coefficient to evaluate the emitted luminance generated by the received illuminance level per unit area of the element, at least for traffic signs (for the almost normal incidence, $\cos \beta \cong 1$ and $\cos \nu \cong 1$ for traffic signs). For pavement markings, the common practice is to use R_L as retroreflectivity coefficient to evaluate the perceived luminance at the viewing angle $\nu = \beta + \alpha$ (meaning that the incident illuminance would have to be computed as $E_{\perp}[\beta]$). Finally, for stubs or RRPMS, the common practice is to use R_I as retroreflectivity coefficient (named as CIL-coefficient of retroreflected luminous intensity), as a measure of total retroreflective flux (as $R_I = R_A \cdot A$ with $A = A_{\perp}$). Note that alternative criteria are related by $R_L = \rho_{rr} \cdot \cos \beta_i$, $R_A = R_L \cdot \cos \nu_r$, and $R_I = R_A \cdot A$.

Note that a BRDF would usually be written using $I[\beta, \nu]$ or $L[\beta, \nu]$ at a viewing angle ν in relation to the normal of the retroreflector surface (where $\nu \cong \beta - \alpha$ as α is small and the illumination and viewing planes are almost parallel under the approximation of the 2D-Model). But, in general, BRDFs are not usually provided in either form (or measure). In normative documents, requirements are set-out for reflective coefficients only for some sample points of illumination and viewing conditions that are judged to be representative of applications, without further elaboration. The exception to this rule is BS 8408:2005, where the selection of conditions is related to the context of application of traffic signs. A further complicating factor relates to the general properties of prismatic materials now usually applied in traffic signs and pavement markings as their peculiar structure can be related to some specific properties of BRDFs, which are not clearly understood.

Os modelos fotométricos, em complementação, são ferramentas necessárias para obter ambos os termos que se relacionam nos coeficientes da BRDF (permitindo obter um dado a partir de outro, pela utilização do coeficiente correspondente). Os modelos fotométricos usuais são baseados na fórmula com o inverso da distância ao quadrado que corresponde aos casos de propagação esférica (isotrópica, situação em que sua validade decorre imediatamente do princípio de conservação de energia, ao considerar que a superfície aumenta com o quadrado da distância e a variável de interesse é uma densidade por superfície). Entretanto, dispositivos de iluminação são especializados para concentrar o fluxo luminoso emitido em direções convenientes. Se a conformação é similar à esférica pode-se ainda aplicar as fórmulas com inverso da distância ao quadrado usando o fluxo específico de cada direção. Mas os dispositivos mais especializados fogem desta condição (pode-se pensar no caso paradigmático de uma fonte de luz que é colocada num dos focos de uma elipse para produzir raios luminosos colimados, isto é, paralelos que teriam um centro de emissão projetado no infinito).

Um modelo fotométrico convencional teria a forma

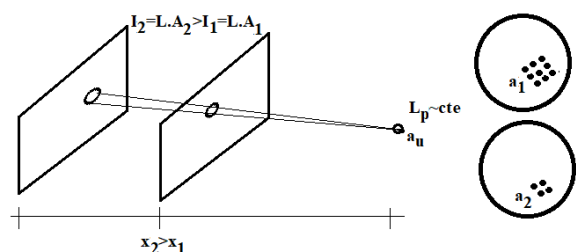
$$E_{ki} = \frac{I_k [\alpha_{ki}] \cdot \cos \beta_i}{x^2} \text{ para o fluxo Luminoso emitido dos faróis, onde}$$

$I_k [\alpha_{ki}]$ é a intensidade luminosa da emissão da fonte k na direção α_{ki} entre a fonte e o receptor (medido em relação ao eixo da fonte luminosa) e β_i é o ângulo de incidência do fluxo luminoso na superfície do receptor (o ângulo de entrada do fluxo luminoso, medido em relação à normal da superfície do receptor, que corresponde ao ângulo de iluminação ω_i da direção incidente em relação à normal da superfície do elemento de sinalização e produz reflexão em cada direção ω_o de emissão). Em termos práticos, no entanto, há clara evidência que o modelo de propagação esférica não é adequado. Por exemplo, numa comparação com dados estimados com a fórmula do inverso da distância ao quadrado as medições de iluminação obtidas em campo fornecem valores 3 a 4 vezes maiores (após considerar a curva real de emissão direcional de intensidade de luminosa dos faróis veiculares).

Da mesma forma, a reflexão produz uma luminância $L [\omega_o]$ na direção de reflexão ω_o que corresponde a um fluxo luminoso refletivo $I_o [\omega_o] = A_e \cdot L [\omega_o]$ e eventualmente atinge os olhos do usuário da via com $E_{ou} = \frac{I_o [\alpha_{ou}] \cdot \cos \beta_u}{x^2}$ (propagando ao longo da direção α_{ou} que ilumina a retina do usuário da via) e produz o estímulo de visão. Neste caso, no entanto, a hipótese convencional é a de luminância constante

(uma hipótese remanescente de um contexto simples em que o estímulo luminoso vem de uma única fonte de luz refletida e uma maior distância entre a fonte luminosa e o receptor gera uma área de contribuição na emissão proporcionalmente maior, dada pela razão entre a distância até a fonte luminosa e a distância focal do receptor), a menos de perdas devidas ao meio percorrido na propagação (absorção e especialmente difração da luz refletida, particularmente quando há neblina ou outros fenômenos que prejudicam a propagação de luz).

A Lei de Allard ($I_x = I_o \cdot e^{-\kappa \cdot x}$, $L_x = L_o \cdot e^{-\kappa \cdot x}$, ou alguma forma variante, onde o coeficiente κ é



chamado de fator de extinção) é normalmente utilizada para descrever este efeito de atenuação da luz.

Em geral, o modelo de propagação deve ser considerado após o modelo de reflexão. O fator distância deve traduzir pelo menos a dispersão da intensidade luminosa emitida pelos faróis e as perdas de intensidade luminosa devidas à absorção/difração da luz. Valores usuais de coeficientes de extinção κ_e são 0,00015/m para ar límpido (um efeito desprezável até cerca de 250m), 0,00030/m para neblina leve, 0,00075/m para neblina, 0,0015/m para névoa fina, e 0,015/m para névoa espessa (entre outros contextos). Outras condições de interesse (particularmente sob chuva) não são claramente descritas. A correção mais simples para a lei do inverso do quadrado da distância é obtida pelo deslocamento da distância focal em relação à posição da

fonte emissora, que introduz um fator $f_E [x] = \frac{(d_r \pm d_{fp})^2}{(x \pm d_{fp})^2} \cdot x^2$ onde d_{fp}

é a correção da distância entre o centro focal e a posição do emissor e d_r é a distância de referência embutida nas curvas de intensidade luminosa utilizadas ($d_{fp} = 0$ corresponde à versão simples da lei do inverso do quadrado da distância). Entretanto, atualmente não existe informação técnica suficiente para implementar modelos fotométricos distintos dos modelos simples (com $d_{fp} = 0$).

Portanto, as formulações apresentadas a seguir para projeto em condições noturnas assumem formas bastante básicas.

5.3.2.3. Seleção dos Níveis de Retro-refletividade Requeridos

Novamente sumarizando, os requisitos viários podem ser expressas numa luminância diferencial δL para detecção de objetos em condições controladas, que pode então ser convertida em um limiar de luminância para leitura de letras/símbolos δL_l ou para detecção de detalhes δL_d nas condições viárias, e finalmente num nível exigido de retro-refletividade ρ_{tr} para materiais de placas de trânsito ou marcas viárias para algum ângulo de iluminação β_i e ângulo de visada v_r para observação. Exigências de documentos normativos para diferentes materiais podem ser exemplificadas pelas recomendações europeias atuais (das normas do Instituto de Normas Britânico, o BSI-*British Standards Institute*, suplementadas por uma versão das recomendações adicionadas pela diretiva europeia CUAP-01.06/2004), mostradas na Tabela 2.

a. Placas de Trânsito (no Brasil: GT compara-se a RA1 na BS-EN-12899-1 e AIP compara-se a R2 na CUAP 01.06/04)

Tipo (BS-EN)	Ângulo Entrada (°)	Ângulo Observação (°)	R _L (cd/m ² /lux) por Cor							
			Branco	Amarelo	Vermelho	Verde(B)	Azul	Marrom	Laranja	Cinza
RA1	12/60	5	70	50	14,5	9	4	1	25	42
		30	30	22	6	3,5	1,7	0,3	10	16
		40	10	7	2	1,5	0,5	#(A)	2,2	6
	20/60	5	50	35	10	7	2	0,6	20	30
		30	24	16	4	3	1	0,2	8	14,4
		40	9	6	1,8	1,2	#(A)	#(A)	2,2	5,4
	2	5	5	3	1	0,5	#(A)	#(A)	1,2	3
		30	2,5	1,5	0,5	0,3	#(A)	#(A)	0,5	1,5
		40	1,5	1,0	0,5	0,2	(A)	#(A)	#(A)	0,9
RA2	12/60	5	250	170	45	45 (20)	20	12	100	125
		30	150	100	25	25 (15)	11	8,5	60	75
		40	110	70	15	12 (6)	8	5,0	29	55
	20/60	5	180	120	25	21 (14)	14	8	65	90
		30	100	70	14	12 (11)	11	5	40	50
		40	95	60	13	11 (5)	5	3	20	47
	2	5	5	3	1	0,5 (0,5)	0,2	0,2	1,5	2,5
		30	2,5	1,5	0,4	0,3 (0,3)	#(A)	#(A)	#(A)	1,2
		40	1,5	1,0	0,3	0,2 (0,2)	#(A)	#(A)	#(A)	0,7
R2 (C)	12/60	5	250	170 (=)	45	45	20	-	-(100)	
		30	150	100 (=)	25	25	11	-	-(60)	
		40	110	70 (=)	15	12	8	-	-(29)	
	20/60	5	180	120 (=)	25	21	14	-	-(65)	
		30	100	70 (=)	14	12	11	-	-(45)	
		40	95	60 (=)	13	11	5	-	-(20)	
	1	5	5	3 (=)	1	0,5	0,2	-	-(1,5)	
		30	2,5	1,5 (=)	0,4	0,3	#(A)	-	-(1,0)	
		40	1,5	1,0 (=)	0,3	0,2	#(A)	-	-(#,A)	

Notas: (A) # indica valor maior que 0 mas não significativo ou aplicável; (B) Verde Escuro em parenteses; (C) requer ETA-European Technical Approval; CUAP 01.06/04; (D) Amarelo Fluorescente em parenteses; (E) Laranja Fluorescente em parenteses; (F) RA1,2: para 5° e 30° pelo menos 80% do inicial; (G) R2: para 5° e 30° pelo menos 50% do inicial.

b. Marcas Viárias (no Brasil: IR80 e IR150 compara-se a R1 e R3 na BS-EN-1436:2007+A1:2008)

Ângulo Entrada (°)	Ângulo Observação (°)	Condição Seca (A)	R _L (mcd/m ² /lux)		Condição Molhada (B)	R _L (mcd/m ² /lux)		Condição Chuva (C)	R _L (mcd/m ² /lux)	
			Branco	Amarelo		Branco	Amarelo		Branco	Amarelo
88,76	2,29	R0	-	-	RW0	-	-	RR0	-	-
88,76	2,29	R1	-	80	RW1	25	25	RR1	25	25
88,76	2,29	R2	100	-	RW2	35	35	RR2	35	35
88,76	2,29	R3	150	150	RW3	50	50	RR3	50	50
88,76	2,29	R4	200	200	RW4	75	75	RR4	75	75
88,76	2,29	R5	300	-	RW5	100	100	RR5	100	100
88,76	2,29				RW6	150	150	RR6	150	150

Notas: (A) ângulo de iluminação 1,24° e ângulo de observação 2,29° (distância 30m, h olhos 1,20m, h farol 0,65m); (B) mesmas condições 1 minute após água na superfície; (C) mesmas condições 5 minutos após chuva uniforme 20mm/h.

Tabela 2. Coeficientes de Luminância Retro-refletida para Placas de Trânsito e Marcas Viárias no Reino Unido (e exigências típicas relacionadas com a aplicação no Brasil).

A Tabela 3 mostra os valores recomendados na NBR 14644 de 2013 para placas de trânsito (que segue os padrões recomendados pela Sociedade Americana para Testes de Materiais, *ASTM-American Society for Testing Materials*, hoje *ASTM International*, da D4956/2011a e reproduzidos na maior parte na D4956/2017 atual). Não há recomendações correspondente para marcas viárias.

Tipo ASTM (Brasil)	Ângulo Entrada (°)	Ângulo Observação (°)	R _A (cd/m ² /lux) por Cor							Mínimo RA (%)
			Branco	Amarelo	Laranja	Verde	Vermelho	Azul	Marrom	
I (GT)	0,2	-4	70,0	50,0	25,0	9,0	14,0	4,0	1,0	50
		30	30,0	22,0	7,0	3,5	6,0	1,7	0,3	50
	0,5	-4	30,0	25,0	13,0	4,5	7,5	2,0	0,3	50
		30	15,0	13,0	4,0	2,2	3,0	0,8	0,2	50
III (AI)	0,1 (B)	-4	300,0	200,0	120,0	54,0	54,0	24,0	14,0	80
		30	180,0	120,0	72,0	32,0	32,0	14,0	10,0	80
	0,2	-4	250,0	170,0	100,0	45,0	45,0	20,0	12,0	80
		30	150,0	100,0	60,0	25,0	25,0	11,0	8,5	80
	0,5	-4	95,0	62,0	30,0	15,0	15,0	7,5	5,0	80
		30	65,0	45,0	25,0	10,0	10,0	5,0	3,5	80
IV(A) (AIP)	0,1 (B)	-4	500,0	380,0	200,0	70,0	90,0	42,0	25,0	80
		30	240,0	175,0	94,0	32,0	42,0	20,0	12,0	80
	0,2	-4	360,0	270,0	145,0	50,0	65,0	30,0	18,0	80
		30	170,0	135,0	68,0	25,0	30,0	14,0	8,5	80
	0,5	-4	150,0	110,0	60,0	21,0	27,0	13,0	7,5	80
		30	72,0	54,0	28,0	10,0	13,0	6,0	3,5	80

Notas: (A) também disponível como Amarelo-Verde, Amarelo e Laranja Fluorescente; (B) somente se especificamente exigido (caso contrário, aplicar demais exigências).

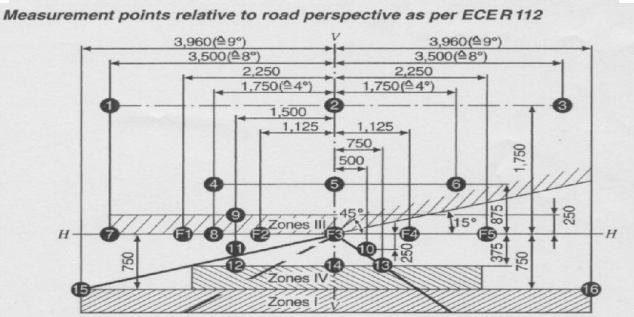
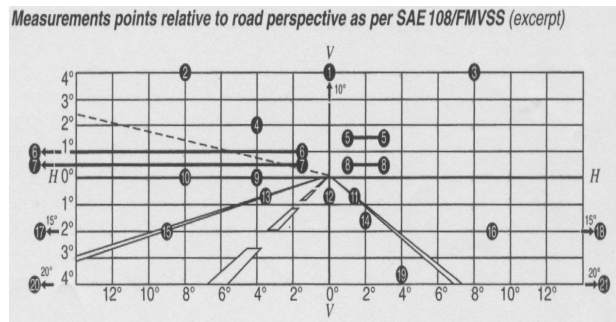
Tabela 3. Coeficientes de Retro-refletividade para Películas de Placas de Trânsito. (no Brasil: NBR 14644/2013 - GT, AI e AIP comparáveis aos tipos I, III e IV da ASTM-D4956-11a).

Para leitura, os dados relevantes referem-se a letras e símbolos contra o fundo do painel ou superfície do pavimento do elemento de sinalização. O contraste luminoso é gerado por diferentes propriedades de retro-refletividade dos elementos componentes da sinalização viária. Em geral, as exigências de legibilidade são sensíveis aos níveis de iluminação (i.e. da luminância ambiental ou do entorno ou fundo) e ao contraste luminoso (e, secundariamente, cromático). Esta dependência é o conteúdo principal da abordagem do Nível de Visibilidade VL (i.e. estas são as variáveis cujos efeitos são basicamente mostrados na Tabela 1 anterior). No entanto, recomendações de diferentes estudos não são uniformes em adotar a abordagem referida ou em interpretar seu conteúdo da mesma forma.

Aceitando esta visão e tomando o coeficiente de retro-refletividade $\rho_{rr} = f_r [v_r, \beta_i]$ como a propriedade relevante, a condições derivada da discussão anterior pode ser resumida em

$$\rho_{rd} - \rho_{rc} \geq \frac{L_d - L_c}{E_i} = \frac{VL_r \cdot \delta L_{p/PI} \cdot e^{2 \cdot k \cdot x} \cdot x^2}{I_i \cdot \cos \beta_i} \quad (5.29a,b)$$

para uma distância de visibilidade requerida x para leitura (a condição pode ser traduzida em um coeficiente de luminância retro-refletida R_L , um coeficiente de retro-reflexão R_A ou um coeficiente de intensidade retro-reflectiva R_I , usando as relações $R_L = \rho_{rr} \cdot \cos \beta_i$, $R_L = R_A \cdot \cos v_r$ e $R_I = R_A \cdot A$). Note que esta condição considera o nível de visibilidade requerida para leitura ou detecção como independente da luminância ou contraste disponível, exceto pelo efeito no limiar de luminância diferencial requerida (a interação básica desta versão proposta para o modelo de projeto em condições noturnas). Há diversas alternativas de relação entre acuidade visual e luminância do alvo, do fundo ou do ambiente, e/ou contraste luminoso que podem ser adotadas, na medida que sua relação com a síntese de Adrian seja entendida.



Fontes de dados para aplicação dessa versão preliminar devem ser obtidos. Baseada nas normas veiculares americanas (a FMVSS 108), as intensidades luminosas correspondem ao ponto de teste 11 (até 10000cd) para marcas viárias e ao ponto de teste 8 (até 2700cd) para placas laterais ou 5 (até 1400cd) para placas suspensas. De forma correspondente, nas normas veiculares europeias (ECE R112), os níveis de iluminância requeridos são especificados (não seriam os dados necessários para aplicação dos modelos fotométricos, a menos de calibrá-los com uma análise reversa com uso de uma especificação adequada, considerando a referência a painéis de teste a 25m, o que não parece uma opção viável no estágio de conhecimento atual).

Outros critérios podem ser assumidos por similaridade com as condições adotadas para projeto de sistemas de iluminação viária ou para placas iluminadas frontalmente (por exemplo, os critérios atuais para avaliar a eficiência e desgaste da iluminação viária, que variam de 0,5a0,8 sobre os valores nominais das luminárias, são também aplicáveis preliminarmente para faróis veiculares, adicionando-se a perda devida à transmitância dos para-brisas veiculares, usualmente ao redor de 0,7 para materiais translúcidos e condição média de limpeza).

Para detecção, aplicam-se os mesmos critérios mas a placa de trânsito integral ou a marca viária integral é visualizada contra o fundo ambiental do elemento de sinalização. No entanto, para detecção em condição noturna, o contraste luminoso é normalmente adicionado ao tamanho do elemento de sinalização como fator ainda mais importante. Novamente, uma base teórica firme para justificar este fato e estabelecer uma relação quantitativa adequada é uma carência atual.

A detecção é uma função visual mais relacionada com o conteúdo original da abordagem do Nível de Visibilidade VL (sendo baseada no objeto, ao contrário da visibilidade ou leitura que necessita um estímulo detalhado, ponto a ponto). As condições de detecção tem de considerar a luminância média do sinal contra o fundo ambiental (gerada por fontes no infinito ou fontes artificiais no ambiente). Uma fórmula similar ao coeficiente de retro-refletividade deve então representar condições médias do objeto e seu entorno. Para luminância do fundo ambiental, valores básicos usuais são 0,00003cd/m² com céu fechado sem luz lunar, 0,00030cd/m² com noite clara sem luz lunar, 0,00300cd/m² com céu fechado com luz lunar, 0,03000cd/m² com noite clara com luz lunar (valores efetivos naturalmente dependem da orientação relativa da luz lunar contra as fontes de luz artificial).

Para condições noturnas, dada a distância de antecipação requerida em função das necessidades dos usuários da via, o procedimento de projeto pode ser visto como a seleção de propriedades adequadas de retro-refletividade que os elementos de sinalização viária devem satisfazer, sob as condições de iluminação disponível e de visibilidade correspondente. As variáveis básicas usadas para a análise do problema de seleção estão representados de forma tridimensional na Figura 1 para placas de trânsito (a) e para marcas viárias (b), incluindo as vistas vertical (c) e horizontal (d), ou nas representações simplificadas das Figuras 3 para placas de trânsito (a) e para marcas viárias (b). O ângulo de entrada β e o ângulo de observação $\delta\alpha \cong \beta - \nu$ devem ser determinados para avaliar as propriedades exigidas dos materiais para os elementos de sinalização.

Nas fórmulas a seguir, os ajustamentos $\pm a_o$ e $\pm a_f$ serão explicitados para ter clareza mas estes termos podem usualmente ser desprezados sem afetar seriamente a precisão das estimativas. Da mesma forma, a aplicação pode ser feita usando H para $H+h/2$ ou D para $D+d/2$ ao referir-se ao ponto médio de uma placa ou marca, assim como para qualquer ponto intermediário dos elementos de sinalização.

Para marcas viárias, o ângulo de entrada mostrado na Figura 1 (b) é dominado pelo componente vertical e sua avaliação pode ser simplificada usando a Figura 3 (b) como

$$\beta = \frac{\pi}{2} - \arctan \frac{h_f}{\sqrt{D^2 + (d_{ah} \pm a_f)^2}} \cong \frac{\pi}{2} - \arctan \frac{h_f}{D} \cong \frac{\pi}{2} - \frac{h_f}{D} \quad (5.30a,...)$$

(uma aproximação com o Modelo A), onde $d_{ah} \pm a_f$ é pequeno, seja tomado do eixo do veículo como um feixe equivalente de luz do farol ou ajustado por $\pm a_f$ para a posição de cada farol veicular (a expressão pode também ser corrigida para a curvatura na elevação transversal δe e na inclinação longitudinal δi da plataforma da via, se variável; caso contrário, as correções para as posições do veículo e da marca viária cancelam-se). O ângulo de visada correspondente é

$$v = \frac{\pi}{2} - \arctan \frac{h_o}{\sqrt{(D+d_o)^2 + (d_{ah} \pm a_o)^2}} \cong \frac{\pi}{2} - \frac{h_o}{D} \quad (\text{ou com } D \text{ em lugar}$$

de $D+d_o$).

Para placas de trânsito, o ângulo de entrada mostrado na Figura 1 (a) é dominado pelo componente horizontal para placas laterais e pelo componente vertical para placas suspensas e sua avaliação pode ser simplificada usando a Figura 3 (a) como

$$\beta = \arctan \frac{\sqrt{(H-h_f)^2 + (d_{ah} \pm a_f)^2}}{\sqrt{D^2 + (d_{ah} \pm a_f)^2}} \cong \arctan \frac{d_a}{D} \cong \frac{d_{ah}}{D} \quad (5.31a,b,c)$$

$$\beta = \arctan \frac{\sqrt{(H-h_f)^2 + (d_{ah} \pm a_f)^2}}{\sqrt{D^2 + (d_{ah} \pm a_f)^2}} \cong \arctan \frac{d_a}{D} \cong \frac{H-h_f}{D} \quad (5.32a,...)$$

(uma aproximação com o Modelo A), para placas laterais e suspensas respectivamente (com ângulos pequenos, tem-se também $\beta \cong \frac{d_a}{D}$ ou

$$\beta \cong \beta_h + \beta_v \text{ com } \beta_h \cong \frac{d_{ah}}{D} \text{ e } \beta_v \cong \frac{H-h_f}{D}).$$

As expressões podem ser ajustadas pela rotação do painel da placa em relação ao eixo de visada do usuário da via (tomado como sendo o eixo da própria via), seja no plano horizontal por $\delta\psi_h$ ou no plano vertical por $\delta\theta_v$ (que recomendada no Brasil e usada em diversos países para reduzir o risco de reflexão especular gerada pela luz do sol). O ângulo de visada

$$\text{correspondente é } v = \arctan \frac{\sqrt{(H-h_o)^2 + (d_{ah} \pm a_o)^2}}{\sqrt{(D+d_o)^2 + (d_{ah} \pm a_o)^2}} \cong \frac{d_{ah}}{D} \text{ ou } \frac{H-h_o}{D}$$

para placas laterais ou suspensas (ou com D em lugar de $D+d_o$).

Para o ângulo de observação, o componente vertical é dominante em todos os casos (para marcas viárias e para placas de trânsito, seja laterais ou suspensas).

Para marcas viárias, as distâncias $\ell_o = \sqrt{(a_o - a_f)^2 + (h_o - h_f)^2 + d_o^2}$,
 $\ell_1 = \sqrt{(d_{ah} \pm a_f)^2 + h_f^2 + D^2}$, $\ell_2 = \sqrt{(d_{ah} \pm a_o)^2 + h_o^2 + (D + d_o)^2}$ e a lei
 dos cossenos fornece $\delta\alpha = \arccos \frac{\ell_1^2 + \ell_2^2 - \ell_o^2}{2 \cdot \ell_1 \cdot \ell_2}$ (a dimensão

perpendicular necessária é $g = \ell_1 \cdot \sin \delta\alpha$). Uma simplificação
 conveniente é obtida (usando o Modelo B e notando que $\omega \cong \theta + \delta\alpha$) e
 adicionalmente simplificada como

$$g = (D \cdot \tan \omega - h_f) \cdot \cos \omega = \left(D \cdot \frac{h_o}{d_o + D} - h_f \right) \cdot \frac{d_o + D}{\ell_2} \cong h_g \quad (5.33a, \dots)$$

$$\delta\alpha = \arctan \frac{g}{\ell_1} \cong \frac{g}{\sqrt{(d_{ah} \pm a_f)^2 + h_f^2 + D^2}} \cong \frac{h_g}{D} \quad (5.34a, b, c)$$

(uma aproximação com o Modelo A) para o ângulo de observação.

Para placas de trânsito, as distâncias

$\ell_o = \sqrt{(a_o - a_f)^2 + (h_o - h_f)^2 + d_o^2}$, $\ell_1 = \sqrt{(d_{ah} \pm a_f)^2 + (H - h_f)^2 + D^2}$,
 $\ell_2 = \sqrt{(d_{ah} \pm a_o)^2 + (H - h_o)^2 + (D + d_o)^2}$ e a lei dos cossenos fornece
 $\delta\alpha = \arccos \frac{\ell_1^2 + \ell_2^2 - \ell_o^2}{2 \cdot \ell_1 \cdot \ell_2}$ (e a dimensão perpendicular necessária é

$g = \ell_1 \cdot \sin \delta\alpha$). Novamente, uma simplificação conveniente (obtida
 usando o Modelo B e notando que $\omega \cong \beta - \delta\alpha$) e adicionalmente
 simplificada como

$$g = (H - D \cdot \tan \omega - h_f) \cdot \cos \omega = \left(H - D \cdot \frac{H - h_o}{d_o + D} - h_f \right) \cdot \frac{d_o + D}{\ell_2} \cong h_g \quad \dots$$

$$\delta\alpha = \arctan \frac{g}{\ell_1} \cong \frac{g}{\sqrt{(d_{ah} \pm a_f)^2 + (H - h_f)^2 + D^2}} \cong \frac{h_g}{D} \quad (5.36a, b, c)$$

(sua aproximação com o Modelo A) para o ângulo de observação.

Fica claro na discussão precedente que as aproximações feitas são
 convenientes mas não essenciais.

Infelizmente, critérios para avaliação em condições noturnas não são
 assentados mas alguns exemplos propostos podem ser feitos. Este
 exemplos são meramente ilustrativos, dado que não decorre de
 nenhuma orientação e validação clara. Com os modelos fotométricos
 básicos anteriormente discutidos, o seguinte procedimento de cálculo
 passo a passo pode ser diretamente verificado com a fórmula (5.29b),
 aplicando fatores de depreciação aos valores de intensidade nominal.

Retornando à placa de Limite de Velocidade que deve sinalizar a
 redução da velocidade limite geral de 110kmh para autos em rodovias
 no Brasil para um valor seguro de 80kmh em nível e requer uma
 distância de visibilidade de 155m, tendo-se definido o uso do sinal
 convencional circular com altura de letra de 0,40m e diâmetro da placa
 de 1,0m, tem-se um ângulo do foco de

$$A_\ell = \frac{0,4}{155} = 0,0026 \cdot \frac{180^\circ}{3,142} = 0,15^\circ \cdot \frac{60'}{1^\circ} = 8,9' \text{ para leitura, usando}$$

contraste negativo (letras pretas para a mensagem do limite de
 velocidade para uma placa de fundo branco). Assumindo uma
 luminância ambiental com $L_a = 1 \text{cd} / \text{m}^2$, este cenário requer um
 diferencial de luminância de $\delta L = 0,1399 \text{cd} / \text{m}^2$ (em contraste

negativo, obtido com interpolação linear na Tabela 1) ou $\delta L_\ell = 1,1192 \text{cd} / \text{m}^2$ para leitura da placa de Limite de Velocidade (usando $VL_\ell = 8$). Com iluminação veicular (para auto), uma placa lateral de Limite de Velocidade colocada a uma altura $H = 1,50 \text{m}$ e afastada de $a_L = 3,0 \text{m}$ à direita de uma pista de rolamento com 2 faixas recebe a iluminação no seu centro com ângulo de entrada $\beta \cong \frac{3,0 + 1,8 + 0,5}{155} = 2,0^\circ$ para a faixa direita e $\beta \cong \frac{3,0 + 3,6 + 1,8 + 0,5}{155} = 3,3^\circ$ para a faixa esquerda (a média é $\beta \cong 2,65^\circ$, com $v \cong \beta$; o componente vertical desprezado para placas laterais é $\frac{1,5 - 1,2 + 0,5}{155} = 0,3^\circ$ dado $h_o = 1,20 \text{x}$). Considerando um veículo isolado, adotando $I_s = 2700 \text{cd}$ (ponto de teste 8), um fator de depreciação global de 0,49 para os faróis ($I_i = 1323 \text{cd}$, com distância focal 0) e assumindo neblina leve ($\kappa_e = 0,00030 / \text{m}$), a placa recebe uma iluminância

$$E = \frac{1323 \cdot \cos 2,65^\circ}{(155 \pm 0)^2} \cdot e^{-0,00030 \cdot 155} = 0,0550 \cdot 0,9546 = 0,0525 \text{lux}, \text{ sendo}$$

vista com um ângulo de observação $\delta\alpha \cong \frac{0,55}{155} = 0,2^\circ$ com uma

luminância $L = \rho_{rr} \cdot 0,0525 \cdot 1 \cdot e^{-0,00030 \cdot 155} = 0,0501 \cdot \rho_{rr} \text{cd} / \text{m}^2$ (usando $f_L [x] = 1$). Admitindo luminância desprezível para a mensagem em

letras pretas, o fundo branco da placa requer um coeficiente de retro-refletividade $\rho_{rr} > \frac{1,1192}{0,0501} = 22,33 \text{cd} / \text{m}^2 / \text{lux}$ para atingir a condição

de legibilidade (correspondendo a

$R_L > 22,33 \cdot \cos 2,65^\circ = 22,315 \text{cd} / \text{m}^2 / \text{lux}$). Portanto, uma placa com retro-refletividade GT parece suficiente, com base na Tabela 2a).

Tomando o exemplo da marca de Linha de Bordo com cadência 1:1 traço:espaço e traços de 2,0m que tem de ser vista a 41,4m (para permitir a detecção a posição da entrada de um acesso a lotes lindeiros) a 80km/h em nível, com $h_o = 1,2 \text{m}$ os traços e espaços podem ser detectados a $D = \sqrt{2 \cdot 0,1 \cdot 20 \cdot 1000} = 50,0 \text{m}$ em condições diurnas e a projeção perpendicular ao ângulo de visada dos traços e espaços corresponde a uma dimensão angular do foco de

$$A_d = \frac{2,0 \cdot 1,2}{41,4^2} = 0,0014 \cdot \frac{180^\circ}{3,142} = 0,08^\circ \cdot \frac{60'}{1^\circ} = 4,8' \text{ para detecção em}$$

contraste positivo (marcas brancas contra um fundo escuro de pavimento asfáltico). Assumindo uma luminância ambiental com $L_a = 1 \text{cd} / \text{m}^2$, este cenário requer um diferencial de luminância de

$\delta L = 0,7320 \text{cd} / \text{m}^2$ (em contraste positivo, obtido com interpolação linear na Tabela 1) para detectar o padrão traço:espaço com 2,0m (usando $VL_d = 4$). Com iluminação veicular (para auto),

$$\beta \cong \frac{3,142}{2} - \frac{0,65}{41,4} = 89,1^\circ \text{ na faixa adjacente (com}$$

$$v = \frac{\pi}{2} - \frac{1,2}{41,4} = 88,3^\circ, \text{ desprezando a rotação devida à posição}$$

transversal dos faróis veiculares a $1,80 \text{m} \pm a_f$ e dos olhos do condutor a $1,80 \text{m} \pm a_o$). Considerando um veículo isolado, adotando

$I_s = 10000\text{cd}$ (ponto de teste 11), um fator de depreciação global 0,49 para os faróis veiculares ($I_i = 4900\text{cd}$, com distância focal 0) e novamente assumindo neblina leve ($\kappa_e = 0,00030 / \text{m}$), a marca recebe uma iluminância

$$E = \frac{4900 \cdot \cos 89,1^\circ}{(41,4 \pm 0)^2} \cdot e^{-0,00030 \cdot 41,4} = 0,0443 \cdot 0,9877 = 0,0438\text{lux}, \text{ sendo}$$

vista com um ângulo de observação $\delta\alpha = \frac{0,55}{41,4} = 0,76^\circ$ com uma

luminância $L = \rho_{rr} \cdot 0,0438 \cdot 1 \cdot e^{-0,00030 \cdot 41,4} = 0,0433 \cdot \rho_{rr} \text{cd} / \text{m}^2$ (usando $f_L [x] = 1$). Admitindo luminância desprezível para o pavimento asfáltico (neste caso, uma suposição menos defensável), a marca branca requer um coeficiente de retro-refletividade

$$\rho_{rr} > \frac{2,9278}{0,0433} = 67,68\text{cd} / \text{m}^2 / \text{lux} \text{ para atingir a condição de detecção}$$

na tarefa situacional (correspondendo a

$$R_L > 67,68 \cdot \cos 89,1^\circ = 1049,3\text{mcd} / \text{m}^2 / \text{lux}, \text{ raramente disponível}$$

mesmo para marcas brancas a menos de utilizar tachas, como obtido da Tabela 2b). Para tarefas posicionais (a 9,7m, com

$$\beta \cong \frac{3,142}{2} - \frac{0,65}{9,7} = 86,16^\circ), \text{ o requisito é}$$

$$\rho_{rd} > \frac{2,9278 \cdot e^{2 \cdot 0,00030 \cdot 9,7} \cdot 9,7^2}{4900 \cdot \cos 86,16^\circ} = 0,85\text{cd} / \text{m}^2 / \text{lux} \text{ (ou}$$

$R_L > 56,6\text{mcd} / \text{m}^2 / \text{lux}$, usualmente disponível para marcas novas mas exigindo limpeza frequente pelo menos).

Estes cenários são bastante comuns e fáceis de encontrar em condições de campo. Os resultados para as placas de Limite de Velocidade concordam com a facilidade de observação percebida em campo. As marcas viárias são pouco percebidas pelos condutores normais em muitos cenários (deve naturalmente ser avaliada pelos condutores que buscam sua informação, no caso ilustrado nas manobras de entrada e saída nos acessos aos lotes lindeiros). Mas em casos de observação baseados em solicitação de detecção, muitos estudos mostram uma frequência significativa de perda de detecção mesmo com marcas novas e condições climáticas normais. Portanto, os resultados para marcas viárias também parecem razoáveis na aplicação ilustrativa.

Na verdade, muito tem de ser aprendido sobre a aplicação de tais modelos a problemas reais. Para condições noturnas, dada a variabilidade de propriedades dos materiais sob diferentes ângulos de iluminação e de observação, não é claro que verificar as condições nas posições do limite de leitura ou detecção é suficiente para garantir o atendimento à tarefa visual. As equações são altamente não-lineares e muito sensíveis à luminância ambiental ou ao ângulo focal, assim como às condições de iluminação e observação no caso das marcas viárias pelo menos, entre outros aspectos que merecem estudo cuidadoso. Além disso, outros aspectos práticos como, por exemplo, a ocorrência de obstrução visual e condições específicas em curvas teriam de ser consideradas.

5.3.3. Comentários Gerais sobre Recomendações de Projeto

Na discussão feita até aqui, a tarefa de dimensionar os elementos de sinalização e selecionar suas propriedades fotométricas foi formulado para ajustá-las às exigências derivadas das necessidades dos usuários da via. Como comentado, as necessidades dos usuários da via relativas

às placas de trânsito são mais claramente entendidas, comparando com as necessidades que devem ser satisfeitas pelas marcas viárias. Dada uma medida da necessidade do usuário da via traduzida em distância de visibilidade, diferentes modelos para projeto dos elementos de sinalização viária foram apresentados, distinguindo placas de trânsito laterais ou suspensas e marcar viárias laterais ou transversais (adotando parâmetros usuais para descrever a geometria dos veículos e condutores, da via e suas faixas, incluindo a posição dos olhos do condutor e dos faróis veiculares). A apresentação mostrou que os valores resultantes com as fórmulas obtidas estão pelo menos preliminarmente em acordo com as recomendações usuais no Brasil (que são similares às recomendações da maioria dos países).

Como foi mencionado, as condições diurnas são também mais claramente entendidas ao menos no que se relaciona com as necessidades de leitura (acuidade visual para legibilidade de palavras ou símbolos e resolução de detalhes como padrões de linhas longitudinais). A correspondente necessidade relativa a garantir a detecção antecipada é menos claramente entendida (apesar de haver um amplo corpo de pesquisa realizada sobre o tema, ou temas relacionados como a conspicuidade dos elementos de sinalização) e nenhuma teoria parece disponível para sua previsão (métodos empíricos podem ser usados para preencher esta lacuna e pelo menos uma variável, o tamanho do elemento de sinalização, é usualmente identificado como um aspecto forte como explicação da detecção ou conspicuidade em condições diurnas).

Para condições noturnas, o entendimento básico sobre as necessidades humanas é menos assentado mas os desenvolvimentos recentes tem sido significativos e pelo menos a sensibilidade ao contraste luminoso é usualmente admitido como uma exigência básica para a visão (a sensibilidade ao contraste luminoso entre a mensagem e o fundo nos elementos de sinalização). Um grande número de formulações competidoras estão correntemente disponíveis para prever os limiares de contraste luminoso que sensibilizam o olho humano, principalmente como função da luminância ambiental (devido à ampla capacidade adaptativa da visão humana) e das características do objeto (incluindo seu tamanho angular e sua forma, entre outros aspectos). A maneira como estas formulações pode ser utilizada foi mostrada para a abordagem do Nível de Visibilidade, indicando como a formulação pode ser integrada com componentes complementares (como modelos fotométricos) para prover uma ferramenta de previsão capaz de traduzir as necessidades dos usuários em exigências de luminância, ajustando os resultados da abordagem para as condições viárias. Para leitura, a sensibilidade ao contraste luminoso pode ser relacionado com o diferencial de luminância dos detalhes nos painéis de um sinal, contra seu fundo, e fornece um critério adequado. Para detecção, provavelmente o elemento de sinalização integral tem de ser contrastado com seu entorno ou com o pavimento) para coletar a informação relevante para previsão (um aspecto a elucidar). Como estabelecido na teoria básica discutida, a satisfação da sensibilidade ao contraste é uma condição prévia para a acuidade visual adequada em condições noturnas mas há interações entre estes aspectos que devem ser incorporados (por exemplo, há uma clara evidência que o contraste luminoso afeta a acuidade visual).

Por fim, observou-se que a previsão do desempenho dos elementos de sinalização em condições noturnas precisa de modelos fotométricos adequados dos sistemas de iluminação (dos faróis veiculares, pelo menos; talvez também da iluminação viária e das fontes ambientais para situações mais complexas) e das superfícies dos elementos de

sinalização (as películas ou coberturas dos elementos de sinalização são hoje altamente refinadas com a utilização de materiais e arranjos que favorecem a retro-refletividade, produzindo propriedades peculiares). Mesmo para contextos simples, com um único veículo iluminando a cena para o condutor, melhores modelos fotométricos para faróis e funções de distribuição de retro-refletividade mais gerais para elementos de sinalização tem de ser incorporados para desenvolver a versão preliminar apresentada para os modelos de projeto. Os resultados preliminares mostraram, entretanto, que a luminância diferencial requerida pode ser traduzida nas propriedades retro-refletivas dos materiais de uma forma razoavelmente precisa, permitindo selecionar os materiais adequados para as condições viárias existentes (que satisfazem as necessidades dos usuários da via).

Como enfatizado em diversos pontos, as formulações apresentadas tem o intuito de delinear uma teoria básica para projetar elementos de sinalização, que atualmente obtém resultados preliminares (se tanto). Muitos estudos tem de ser realizados antes de alcançar modelos operacionais com validade adequada e aplicação profissional. No entanto, espera-se que o estágio atingido permita avaliar de forma crítica, e preliminarmente embasada, as recomendações usuais para projeto contida nos diversos manuais técnicos existentes.

5.4. O PROJETO DE SINALIZAÇÃO VIÁRIA

A discussão predominantemente teórica feita até aqui deve ser útil para orientar a aplicação dos critérios práticos normalmente apresentados sem uma justificativa detalhada nos manuais de projeto de sinalização viária. No Brasil, as versões oficiais destes manuais são publicados pelo DENATRAN-Departamento Nacional de Trânsito, órgão executivo nacional de trânsito, por ordem do CONTRAN-Conselho Nacional de Trânsito (que detém a autoridade máxima de regulamentar a sinalização de trânsito, na forma estabelecida pela legislação nacional), como anexos às resoluções que determinam sua observância obrigatória em nível nacional (como extensão da lei).

A partir das recomendações oficiais e de diretrizes adotadas por cada órgão com jurisdição sobre determinadas vias ou por empresas ou especialistas que prestam serviços como responsáveis pelos projetos de sinalização viária, a prática usual de projeto em Engenharia é aplicada à sinalização viária em geral de forma convencional:

- a etapa de concepção examina as opções de diretrizes e de implantação da sinalização e detalha as melhores alternativas no nível de projeto funcional (ou preliminar) para verificar a viabilidade e avaliar os impactos de cada opção; desta etapa deve resultar a seleção de uma (ou poucas) alternativas a serem especificadas de forma detalhada;
- a etapa de detalhamento elabora a especificação minuciosa de cada elemento a ser implantado, incluindo a sequência de atividades de implantação (quando não for trivial), no nível de um projeto executivo (ou definitivo) que deve permitir a implantação em campo do projeto definido; desta etapa deve resultar a especificação detalhada de um projeto para contratação da implantação em campo;
- a etapa de implantação do projeto corresponde à construção/instalação dos elementos físicos e, quando não foram utilizáveis diretamente, à formação/constituição das equipes profissionais necessárias para a implantação em campo; esta etapa é em geral concluída por uma atividade de pré-vistoria em que se verifica o atendimento a todas as especificações do projeto funcional e executivo (eventualmente motivando ajustes de projeto ou implantação);
- a etapa de entrada em operação corresponde ao início real do período de utilização do sistema ou componente projetado; esta etapa é em geral acompanhada pela vistoria da operação inicial em que se verifica a adequação real das decisões de projeto (e decide-se pela necessidade de eventuais ajustes adicionais no projeto ou na sua implantação em campo);
- a etapa de monitoração e avaliação da operação do sistema ou componente em condições usuais de campo, para aferir o atingimento dos objetivos finais do projeto e a eficiência das opções de projeto e implantação decididas; novamente podem haver ajustes no projeto ou implantação em análise ou pode haver a incorporação à base de conhecimento técnico do nível de atingimento dos objetivos fixados com as diretrizes e estratégias adotadas para o projeto e implantação considerado;
- a etapa final é a operação/manutenção normal do sistema ou componente implantado, incluindo sua monitoração e avaliação contínua para decidir sobre a necessidade futura de novos projetos de adaptação ou sobre a necessidade futura de manutenção do sistema ou componente implantado.

A maior parte das atividades mencionadas acima repete-se de forma cíclica na sua realização interna (por exemplo, na espiral de projeto ou na reavaliação de rotina) e na cadeia geral de etapas que constituem cada nova intervenção. Portanto, a visão sequencial é apenas uma forma de descrever seu conteúdo que enfatiza a concatenação das decisões e produtos de etapas sucessivas, que não deve diminuir a percepção da importância de reiterar e rever decisões e ações intermediárias para atingir o melhor resultado. Além disso, as atividades não devem ser vistas como matéria essencialmente técnica e em boa parte dos casos é bastante importante (e necessário) manter a interação com os responsáveis pela gestão viária e com os usuários finais da via para garantir maior atendimento dos seus anseios (em um campo cheio de necessidades conflitantes, um processo participativo pode antecipar e acordar anteriormente aspectos que mais cedo ou mais tarde criam atritos pessoais ou conflitos sociais).

Passando da generalidade ao caso específico do projeto de sinalização viária, o primeiro aspecto essencial a notar (sem mencionar os aspectos decorrentes de esferas de decisão superior) é a interação com o projeto viário em si (isto é, com a determinação das características físicas e geométricas das vias projetadas ou adaptadas para o tráfego de veículos e de pessoas). Normalmente, a sinalização viária complementa a atividade de projeto e adiciona à implantação da obra viária física todo o arsenal de elementos necessários para comunicar aos usuários da via qual a forma mais eficaz para sua utilização, para garantir os objetivos de fluidez e de segurança, entre outros. É natural que certas decisões de projeto viário possam ser condicionadas por aspectos do projeto de sinalização mas, mais comumente, será a sinalização a forma de complementar o projeto viário.

Normalmente o projeto viário enuncia objetivos gerais para o sistema ou componente em implantação e estabelece diretrizes de operação que foram incorporados nas suas características físicas e geométricas e que o projeto de sinalização deve apoiar de forma consistente para atingir os objetivos definidos (na espiral de projeto, naturalmente cada momento é ocasião para rever decisões anteriores mas pode-se admitir que em um dado estágio a decisão será seguir e implementar o que se decidiu anteriormente de forma consistente). No projeto de sinalização em geral estão então envolvidos uma ou mais atividades como:

- o projeto da sinalização vertical de regulamentação e advertência, que em geral utiliza escalas maiores (1:2000 a 1:1000) e determina aspectos mais básicos do projeto de sinalização (por exemplo, a velocidade que será admitida, os trechos onde haverá estacionamento na via, entre outros) e identifica trechos em que os conflitos viários tem maior potencial para gerar interferências ou incidentes entre os usuários da via e exigem advertência quando sua existência não é claramente percebida pelas condições da via; ambas as necessidades estabelecem a exigência de comunicar-se com o usuário da via e de escalonar as mensagens de comunicação (os sinais de trânsito) ao longo dos seus trechos;
- o projeto de sinalização vertical de orientação pode assumir caráter trivial em muitos casos (fornecendo informações que devem comunicar dados gerais sobre a conexão do elemento viário com o sistema viário em que se insere e sobre as origens e destino imediatos atingidos no seu trajeto), sem deixar de motivar uma tarefa de maior amplitude (urbana ou mesmo regional) que estabelece Planos de Orientação de Tráfego gerais que articulam e norteiam a sinalização local e permitem guiar o usuário não familiarizado com o sistema viário na sua utilização plena e ampla;

- o projeto de sinalização horizontal e o projeto de sinalização semafórica, cada qual adota uma escala menor (em geral 1:500 ou 1:250), como é adequado para adicionar detalhes mais precisos para as tarefas de interação direta com os usuários da via e seus veículos ao longo do deslocamento na via (manobras para balizamento do veículo, posicionamento nas faixas, mudança de faixas, deslocamento lateral, entradas e saídas da via), segundo as características de cada elemento viário;
- o projeto de dispositivos auxiliares de sinalização pode, na maior parte, ser incorporado aos elementos de sinalização correspondentes (apoiando a sinalização vertical, horizontal, semafórica específicas e incorporando-se ao projeto do elemento relacionado) mas eventualmente exige um detalhamento específico (especialmente quando inclui elementos mais complexos como sistemas de iluminação pública ou fiscalização eletrônica ou dispositivos de segurança viária como os de proteção contínua ou pontual).

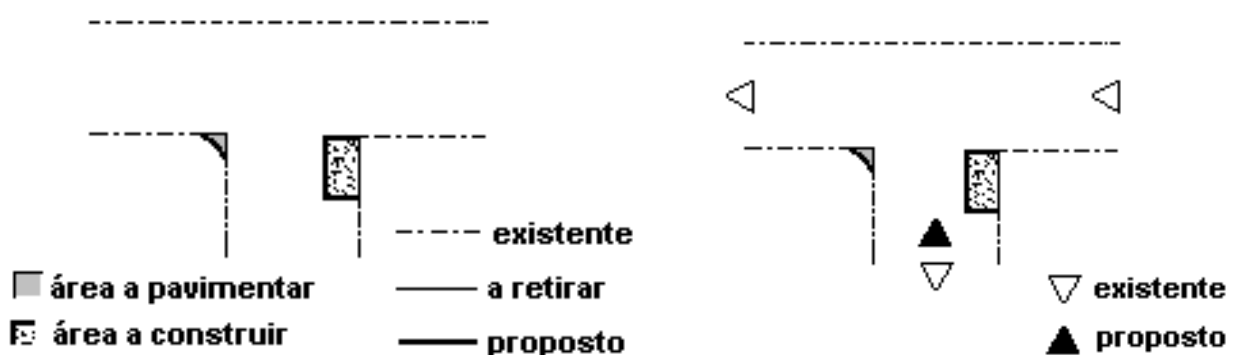
Em princípio, de forma simples, a discussão a seguir vai supor que o projeto de sinalização tem menor escala e vai traduzir-se somente em dois produtos: um projeto de sinalização vertical e seus dispositivos e um projeto de sinalização horizontal e semafórica e seus dispositivos.

Convenções para Projeto de Sinalização Horizontal, Vertical e Semafórica

Em face da variedade de elementos envolvidos no projeto de sinalização viária e da sua relação com a via e seu entorno, é muito grande o conjunto de elementos contidos na representação do projeto de sinalização viária (a serem estabelecidos de forma clara e precisa para permitir sua implantação correta em campo).

De forma geral, pode-se admitir que o elemento básico anterior ao projeto de sinalização viária é uma planta que contém o projeto geométrico da via (existente e implantado em conjunto com a nova sinalização) e os elementos físicos essenciais do entorno da via (que condicionaram o projeto viário e condizionarão o projeto de sinalização).

O primeiro aspecto peculiar do projeto de sinalização viária é que estes elementos fundamentais (que foram definidos nas etapas anteriores do projeto viário) são agora apenas dados para o projeto dos novos elementos que se quer adicionar para complementar o projeto e permitir a operação adequada no sistema viário. Por este motivo, os elementos fundamentais são representados de forma subjacente (na representação manual, os detalhes de alinhamento de via ou de obstruções físicas existentes são normalmente apresentados com linhas em traço-ponto; na representação digital, os mesmos elementos são representados com cores leves, as cores rebaixadas).

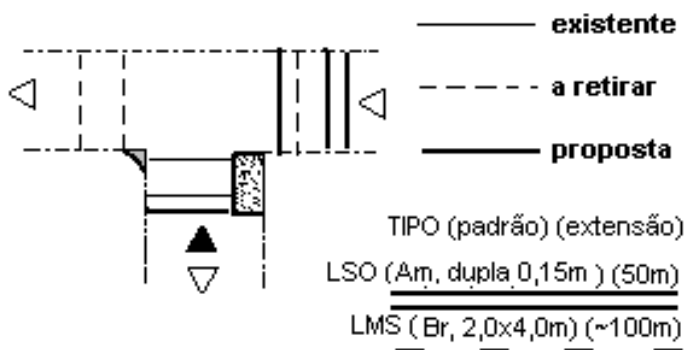


No projeto viário, o alinhamento físico é em geral complementado por hachuras e legendas que indicam os serviços a serem executados para consecução do projeto (áreas a demolir ou construir, a calçar ou pavimentar). No projeto de sinalização pode-se manter este detalhe (se não confundir a planta) ou representar tão somente o alinhamento e os elementos mantidos na condição final admitida para sinalização viária e deve-se adicionar um primeiro elemento essencial: a identificação dos sentidos de tráfego (que identificam os usuários da via). De forma geral, os sentidos de circulação são estabelecidos pela sinalização viária, devendo-se portanto representar tanto os sentidos de circulação existentes (com seta vazia) quanto os novos (com seta cheia) para verificação das

decisões de retirada de placas existente ou colocação de novas placas na definição dos sentidos de circulação do projeto. No exemplo acima pode-se ver que assim fica claro que uma das vias de mão única terá seu sentido de circulação invertido (o que terá de ser feito retirando ou colocando placas de regulamentação da circulação na via).

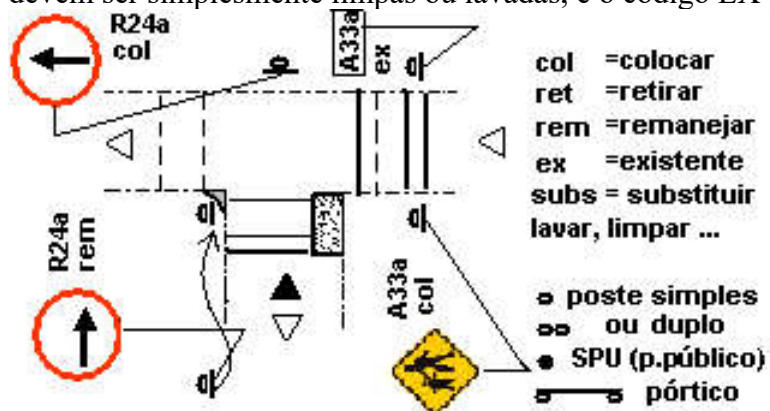
A partir desta representação inicial, um e outro projeto de sinalização viária adota princípios razoavelmente iguais: todos os elementos são representados (existentes, novos, retirados, modificados) e identificados/dimensionados de forma precisa (pelo seu desenho, por um código suficiente, ou detalhados de forma particular para casos específicos), de forma a fornecer elementos adequados para orçar e executar a sinalização representada. Além disso, cada planta é em geral acompanhada de quadros resumidos de quantidades de serviços e materiais necessários à implantação.

No primeiro exemplo abaixo, está mostrada a planta da sinalização horizontal, com seus quantitativos correspondentes. Note que as marcas viárias a executar são grafadas em traço forte, as marcas viárias existentes em traço normal e as marcas viárias a remover em tracejado. Cada marca viária a executar deve ter sua especificação completa (tipo, cor, material, dimensão, extensão) descrita junto à sua representação ou em detalhe específico. O projeto deve também prever atividades de manutenção (indicadas por códigos como os de repintura REP ou limpeza LIMP) e pode indicar explicitamente as marcas existentes (com o código EX). Para cada tipo e cor utilizado no projeto, o quadro quantitativo deve resumir a área de marcação correspondente, incluindo serviços de execução de nova sinalização e de retirada de sinalização a remover (para elaboração de orçamento).

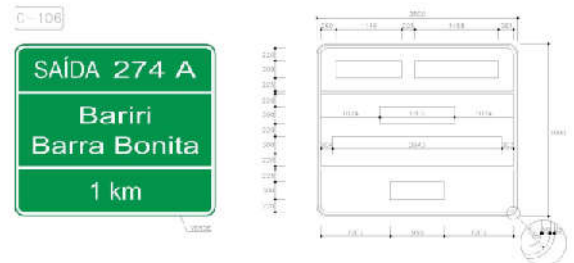


material	cor	quantidade (m2)		
		colocar	retirar	
termoplástico	Am	X	45,0	-
extrudado	Br	X	24,0	8,0
tinta à frio	Am	X	36,0	-
	Br		-	-

No segundo exemplo abaixo, está mostrada a planta da sinalização vertical (incluindo placas de regulamentação e advertência), com seu quantitativo correspondente, e uma placa orientação (a ser detalhada). Note que cada placa de trânsito é representada duas vezes: uma no local de aplicação, identificando o tipo de suporte e a posição da face de exibição da mensagem da placa, e outra em qualquer posição da planta, onde é especificado o código da placa ou desenhada sua representação gráfica; na forma mais usual de representação, ambas as representações são desenhadas na posição perpendicular à sua linha de visada e uma linha de chamada paralela à linha de visada, iniciando na especificação (código ou representação gráfica), conecta as representações, terminando na posição da placa a que se refere (uma convenção menos usada prefere mostrar a representação de todas as placa na posição normal da planta). No caso da sinalização vertical, são usados códigos de serviço para identificar a natureza de cada placa representadas. Por exemplo, o código COL para as placas novas a serem colocadas, o código RET ou REM para as placas existentes a serem retiradas ou remanejadas (indicando então a posição onde serão reutilizadas), o código SUBS para placas existentes (desgastadas ou danificadas) a serem substituídas, o código LIMP ou LAV para placas existentes que devem ser simplesmente limpas ou lavadas, e o código EX para as placas existentes que não serão alteradas.



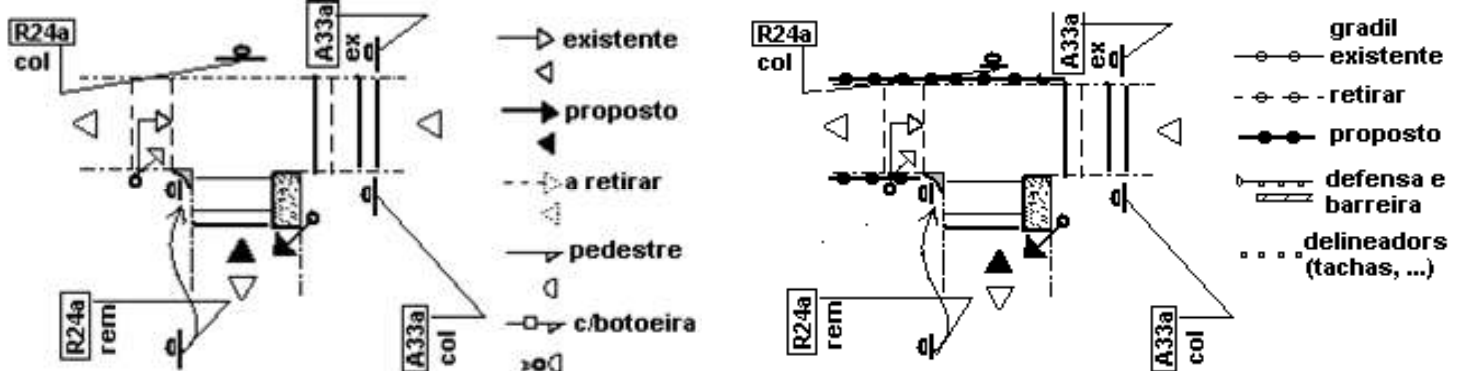
tipo de placa (código)		colocar	retirar	remanejar
R24a	50cm	02	01	01
A33a	50cm	-	03	01



A seleção do tipo de suporte adequado para cada placa (ou conjunto de placas) faz parte do projeto de sinalização e pode ter de ser complementado pelo projeto estrutural correspondente para os casos excepcionais. Para os casos

usuais basta identificar o tipo de suporte e fixação (distinguindo-se placas em poste próprio com poste simples, duplo, triplo, pórtico ou semi-pórtico, de placas fixadas em estruturas existentes como postes de iluminação pública ou estruturas de pontes e viadutos que passam sobre a via).

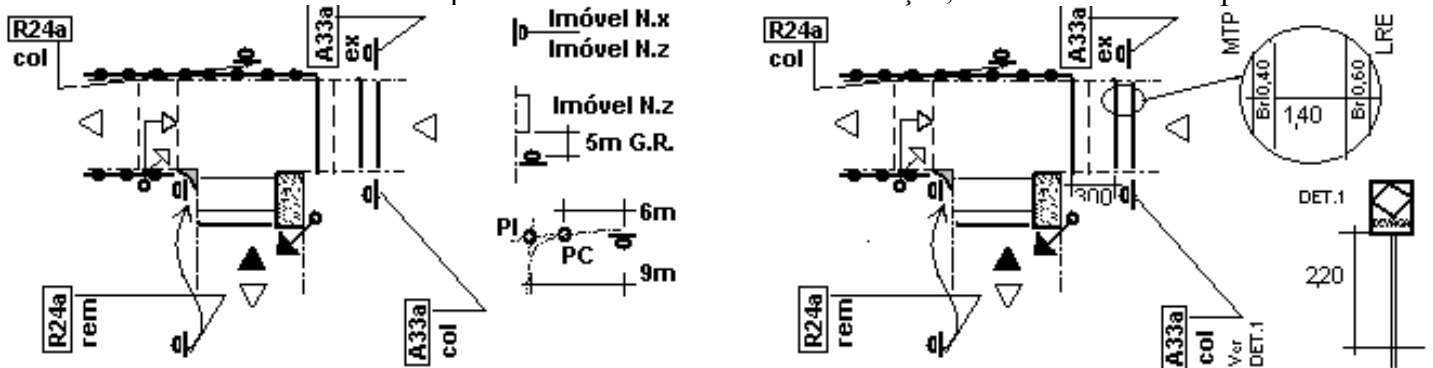
Da mesma forma, procede-se na representação da sinalização semafórica e dos dispositivos auxiliares de sinalização, mostrados nos exemplos seguintes. Seguem-se convenções similares, representando todos os elementos a implantar, existentes e a retirar (ou receberem manutenção), além de incluir os quadros resumo de quantidades correspondentes de materiais e serviços a realizar.



Note-se a representação peculiar dos grupos focais semafóricos pela seta que representa o fluxo luminoso (oposto ao sentido de tráfego com o qual se comunica o grupo focal) e a definição do tipo de suporte correspondente (postes simples, em braço projetado, entre outros). Em geral há poucos tipos padronizados de grupos focais e suportes para semáforos, bastando mencionar claramente os tipos usados no projeto (caso contrário, o projeto deve detalhar o elemento peculiar). O uso de detectores, anteparos, pestanas, entre outros dispositivos auxiliares para o funcionamento adequado da sinalização semafórica deve também ser representado.

De forma mais ampla, todos os tipos de dispositivos auxiliares de sinalização têm também de ser representados no projeto, constituindo uma grande variedade de elementos adicionais que são importantes para a eficácia da sinalização viária (alguns podem ser objeto de projetos específicos, quando se referem a elementos mais complexos). É comum incluir os dispositivos auxiliares nos projetos dos elementos de sinalização que se quer apoiar. Por exemplo, deve-se especificar as linhas longitudinais que devem ser apoiadas por delineadores (tachas), as faixas de pedestres que devem ter a canalização das travessias realizadas por gradis, os suportes de sinalização vertical que devem ser protegidos por dispositivos de segurança, no projeto correspondente.

Pelo grau de detalhamento exigido do projeto de sinalização viária, em geral é ainda necessário prover (na mesma planta ou em uma planta específica), detalhes de locação da sinalização na via (chamada de amarração do projeto) e detalhes de dimensionamento ou posicionamento vertical da sinalização, como também exemplificado abaixo.



Estes padrões de representação serão bastante utilizados e detalhados na discussão a seguir. Note-se que claramente a simbologia utilizada torna-se rapidamente peculiar e uma padronização correspondente é importante. Não há uma padrão "universal" de representação mas há "dialetos" razoavelmente compreensíveis (como os utilizados nos exemplos até aqui, que seguem o padrão usual nos EUA).

5.4.1. Sinalização Horizontal (Marcas Viárias)

A sinalização horizontal (marcas viárias) foi anteriormente definida como um conjunto de elementos (linhas, marcas, símbolos ou legendas) aplicados ao pavimento da via para regulamentar ou auxiliar os deslocamentos de veículos. Como anteriormente mencionado, a sinalização horizontal tem a clara vantagem de permitir repartir o espaço viário e comunicar-se com os condutores sem desviar seu olhar da pista. No entanto, a sinalização horizontal tem distância de visibilidade restrita (principalmente noturna e com chuva) e sofre encobrimento pelo tráfego (que a torna menos percebida, pelo menos com tráfego intenso). Além disso, é sujeita a maior desgaste por ter contato com os pneus dos veículos em deslocamento e a mais sujeira pela deposição de poeira e outros detritos.

Em geral, utiliza-se a sinalização horizontal para ordenar e canalizar fluxo de veículos na pista de rolamento e para ordenar fluxo de pedestres (particularmente nas travessias das vias), para controlar e orientar os deslocamentos em situações com problemas de geometria ou topografia e em locais onde há obstáculos próximos ou na via, entre outras funções. Como regra, a sinalização horizontal é utilizada para complementar a sinalização vertical, inclusive para enfatizar a mensagem, porque normalmente a lei de trânsito estabelece que a sinalização vertical é suficiente para regulamentar a maior parte das situações encontradas nas vias. No entanto, esta regra varia de forma significativa entre países e situações. Mesmo no Brasil, onde a regra é aplicada, existem diversas situações em que a sinalização horizontal tem poder de regulamentação (por exemplo, o manual do CONTRAN instituído pela Resolução 236/2077 enumera a regulamentação das condições referentes aos incisos VIII, XIII do Artigo 181, VI, VII do , Artigo 182, e do Artigo 183, do CTB de 1997, que tratam da proibição de ultrapassagem, conversões, retornos onde a linha divisória é contínua e da invasão da faixa de pedestre, de marcas de canalização, das ciclo-faixas, da área reservada para ponto de ônibus, e da área de cruzamento das interseções, para relacionar as mais importantes).

5.4.1.1 Aspectos Básicos da Sinalização Horizontal

As marcas viárias são normalmente classificadas em linhas longitudinais (aplicadas ao longo da via, que ordenam os deslocamentos laterais dos veículos), linhas transversais (aplicadas em seções da via, principalmente para orientação no posicionamento dos veículos e nos locais de travessia da via) e inscrições no pavimento (símbolos e legendas com mensagens aos usuários da via). No entanto, é também usual distinguir dois tipos de aplicação específicos que se diferenciam das usuais: a marcação de estacionamento na via (delimitando os espaços de permissão e proibição e dividindo as vagas que podem ser ocupadas) e a marcação para canalização do tráfego (delimitando as áreas que excluem o tráfego de veículos). As principais aplicações de cada uma das classes mencionadas acima serão brevemente descritas a seguir (naturalmente, deve-se consultar os manuais de sinalização vigentes em toda atividade de projeto).

No Brasil, adota-se a distinção básica entre as cores branca e amarela para regular fluxos de mesmo sentido (branca) e de sentidos opostos (amarela), seguindo neste aspecto a tradição dos EUA (ao contrário da tradição dominante na Europa, onde é usada apenas a cor básica branca para ambas as situações). Os elementos de cor branca têm a clara vantagem de ter maior visibilidade noturna (pela melhor refletividade), propriedade que os elementos da cor amarela atingem com menor

efetividade. Além destas cores básicas, as marcas viárias utilizam também a cor vermelha e azul muito secundariamente (para poucos símbolos) e a cor preta como auxiliar (para delinear marcas brancas em locais onde o pavimento é temporário ou para “apagar” temporariamente marcas viárias que serão posteriormente revitalizadas ou definitivamente removidas). Recentemente, a marcação relativa a ciclistas também adotou oficialmente a cor vermelha (esse não é um padrão comum pois muitos países adotam a cor verde ou outras cores) e informalmente a cor azul para a marcação de faixas preferenciais para transporte coletivo (não reconhecida oficialmente e não adotada de forma ampla internacionalmente). Os elementos que recebem ambas as cores auxiliares (vermelha e azul) não conseguem, em geral, atingir os níveis de refletividade obtidos com as cores básicas, o que normalmente limita seu uso para contextos de baixa velocidade e reduzida necessidade de visibilidade à distância.

Os materiais usualmente empregados para aplicar a sinalização horizontal são tintas ou resinas plásticas. A refletividade (em particular a retro-refletividade) normalmente exige a adição de material auxiliar (comumente micro-esferas de vidro com diâmetro inferior a 1mm e índice de refração igual ou superior a 1,5) e o recurso a dispositivos auxiliares (como tachas, essenciais para dar maior visibilidade em condições de chuva). As tintas podem ter aplicação manual ou mecânica, usando micro-esferas pré-misturadas ou aplicadas posteriormente, produzindo em geral uma marcação de menor espessura e durabilidade (e, por outro lado, de menor custo), que normalmente é limitada a marcas que não sofrem o desgaste produzido pelo tráfego dos pneus veiculares (exceto quando utilizada para marcação temporárias ou em locais de baixo tráfego). As resinas plásticas podem ser produzidas no local (são os termo-plásticos, também com micro-esferas pré-misturadas ou aplicadas posteriormente) ou pré-fabricadas (são as películas, com micro-esferas encapsuladas), tendo maior espessura e durabilidade (e, por sua vez, maior custo) e fixados no pavimento por fusão ou colagem, atingindo maior uniformidade e desempenho em termos de refletividade (e retro-refletividade, em particular). Os termo-plásticos exigem aplicação mecanizada, seja a quente ou a frio, destacando-se o processo mais tradicional por extrusão (mais durável mas mais lento, realizada a cerca de 5km/h para marcas longitudinais, e de secagem mais demorada, para liberação da via ao tráfego) e o processo por aspersão (conhecido por *hot-spray*, que pode ser realizado a cerca de 20km/h para marcas longitudinais e que permite a quase imediata liberação da via ao tráfego). O maior desempenho (em durabilidade e refletividade) é normalmente obtido com películas pré-fabricadas (normalmente fornecidas em rolos para fixação à quente ou à frio), que também corresponde à opção de maior custo (sendo normalmente aplicada em marcas transversais de vias de maior tráfego).

Os níveis de retro-refletividade obtidos com as marcas viárias dependem dos materiais e processos utilizados na aplicação mas são em geral muito menores que os obtidos com placas de trânsito. A ancoragem das micro-esferas (ou esferas) de vidro deve idealmente variar entre 55% e 60% da espessura do substrato pigmentar para permitir a penetração e emissão da luz mas provocar sua adequada reflexão nas paredes internas de vidro envolvidas pelo substrato. De forma crítica, mesmo nas melhores superfícies, a ocorrência de água no pavimento ou o desgaste pelo tráfego pode reduzir de forma drástica o desempenho das marcas viárias na retro-refletividade. A normatização correspondente é incipiente mesmo no exterior (e atualmente ausente no Brasil) mas pode ser exemplificada pelas normas do Instituto de Normas Britânico, o BSI-*British Standards*

Institute, anteriormente consolidados e mostrados na Tabela 2. Por este motivo, o recurso a dispositivos auxiliares é muito importante.

5.4.1.2 Aplicações da Sinalização Horizontal

Entre as marcas longitudinais destacam-se as linhas divisórias de faixas de sentidos opostos (LSO ou LFO, amarelas) e de mesmo sentido (LMS, brancas), as linhas de bordo (LBO, que marcam os limites da pista de rolamento) e de continuidade (LCO, que devem manter a percepção do alinhamento da via quando há interrupção das linhas longitudinais), além de diversas variações (MFE e MFP, marcações de faixas exclusivas ou preferenciais, MFR, marcações de faixas reversíveis, e MFC ou MCI, marcação de ciclo-faixas ou ciclovias). O poder de regulamentação das linhas longitudinais é estabelecido pelo padrão adotado: linhas contínuas proíbem sua transposição lateral pelos veículos, enquanto linhas tracejadas (1:1) ou seccionadas (1:2, 1:3 ou 1:4) permitem sua transposição pelos veículos. Este padrão é adotado de forma geral e permite regular a ultrapassagem e as mudanças de faixa (neste caso, a sinalização vertical não é exigida na maior parte dos casos e passa a ser complementar, mesmo quando importante, como nos casos em que não é possível vislumbrar à distância o ponto da via onde cessa a permissão de transposição) e pode adotar linhas simples ou duplas (neste caso, em geral a separação entre linhas é igual à largura das linhas).

Para linhas contínuas, há variações de largura que permitem aumentar a ênfase na mensagem e/ou a durabilidade das marcas viárias e há a eventual possibilidade de aplicar linhas duplas (em geral, com os mesmos objetivos). O padrão mínimo é uma largura de 0,10m que deve ser aumentado para 0,15m para enfatizar a mensagem ou ter maior durabilidade. Em contextos específicos, como na marcação de faixas exclusivas, pode-se recomendar linhas mais largas (0,20m é um valor usual). No Brasil, não há diferença na regulamentação de ultrapassagem instituída por linhas simples e duplas na marcação contínua com a cor amarela (ao contrário de outros países), exceto quando uma linha é contínua e a outra seccionada (caso em que vale a regulamentação distinta, correspondente ao padrão da linha adjacente, para cada sentido de tráfego) e não há o recurso a linhas duplas na marcação contínua na cor branca (toda proibição de mudança de faixas no mesmo sentido é feita com linhas contínuas simples e a marcação de faixas exclusivas prefere o recurso a linhas simples mais largas). A outra peculiaridade tem a ver com o entendimento de que as linhas contínuas proíbem também conversões e retornos em interseções (como alternativa às placas de circulação).

Para linhas seccionadas, aplicam-se critérios similares para a regulamentação da permissão de ultrapassagem ou transposição e há critérios adicionais para definição da cadência traço-espço. Em geral, as cadências com espaçamentos maiores são adotadas em trechos retilíneos (onde a função de balizamento é mais simples) ou em vias de menor importância e velocidade (por razões econômicas). O traço é definido fundamentalmente em função da velocidade normal do tráfego na via pois, dada uma cadência adotada, traços maiores produzem espaços maiores e melhor visibilidade à distância. No Brasil, a cadência 1:1 (a linha tracejada) é aplicada somente para linhas de continuidade (e mais recentemente para trechos específicos de ciclo-faixas). Nos demais casos são aplicadas linhas seccionadas com cadência 1:2, 1:3 ou 1:4 (menores onde a função de balizamento é mais importante, como em trechos curvos e sinuosos ou onde há mudança no alinhamento ou número de faixas). No caso da marcação seccionada na cor amarela, as linhas seccionadas duplas são o padrão

oficial para delimitar faixas de uso reversível, aplicando-se linhas seccionadas simples em todos os demais contextos. Na marcação seccionada na cor branca, a previsão de utilização de linhas duplas é eventual (não há um contexto específico para sua aplicação).

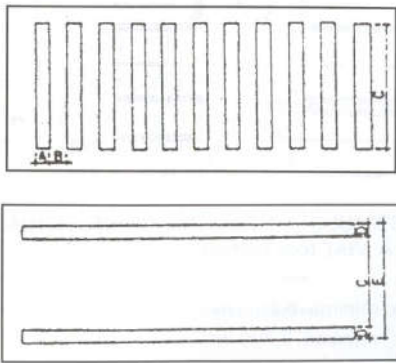
A delimitação das faixas de tráfego é um aspecto particularmente importante para a fluidez e segurança do tráfego que é definido pelas linhas longitudinais. A pressão dos congestionamentos em geral motiva a multiplicação de faixas que, em espaços restritos, pode gerar faixas estreitas. As dimensões veiculares (tradicionalmente fixadas na largura de 1,60m para veículos leves e 2,20m para veículos pesados) são satisfeitas de forma confortável para faixas tradicionais de 3,50m ou 3,60m em trechos retos para todas as classes de veículos usuais. As regulamentações oficiais admitem, em geral, faixas mais estreitas em sacrifício do conforto e exigem sobre-largura nos trechos curvos (pelo menos para raios inferiores a cerca de 1000m ou valores menores para vias com menor velocidade ou reduzido uso por veículos pesados). A redução da largura para valores menores que 3,0m em geral pressupõe a proibição do uso por veículos pesados e, no Brasil, um mínimo de 2,50m é adotado em geral (sujeito à análise de segurança de tráfego), exceto para ciclo-faixas (onde a largura mínima seria 1,20m). No entanto, vias com faixas de largura reduzida tem aplicação difícil em trechos curvos e sinuosos (mesmo com predominância de veículos leves). Há também aspectos relacionados com o uso do espaço entre faixas por motociclistas (sobre o qual a legislação é dúbia).

A discussão da sinalização dos sentidos de tráfego (com a LSO ou LFO) é um caso interessante da interação entre as regras gerais de circulação e a sinalização viária. Em princípio, pelas regras gerais de circulação todas as vias tem sentido duplo de circulação e nenhuma sinalização é, neste aspecto, estritamente necessária para estabelecer a circulação em ambos os sentidos (na ausência de outros aspectos relevantes para a fluidez ou segurança viária). No Brasil não há atualmente uma clara definição sobre a necessidade do uso da LSO ou LFO mas depreende-se da discussão geral que seu uso não é obrigatório nas vias com velocidade regulamentada menor ou igual a 40km/h, onde não houver condições adicionais de fluidez ou segurança que a tornem necessária (exceto em rodovias onde são sempre exigidas). Portanto, tipicamente as vias locais (pelo menos em trechos com alinhamento retilíneo e largura suficiente) não exigem linhas divisórias de sentidos de tráfego e, nesse contexto, a sua ausência não caracteriza falta de sinalização (porque não é exigida). Este é o caso de diversos outros elementos de sinalização (entre as marcas viárias, as linhas de bordo e as linhas de retenção também não são exigidas em todos as situações). Naturalmente, pode-se criticar um ordenamento que causa estranheza aos usuários da via (em que a sinalização pode ou não existir em contextos para eles similares) mas esta é a visão legal.

Entre as marcas transversais destacam-se as linhas de retenção (LRE, e as correspondentes linhas de cessão de preferência, quando a marca transversal distingue a regulamentação do sinal PARE e semáforo ou que exigem parada da regulamentação do sinal DÊ PREFERÊNCIA) e as linhas de estímulo à redução de velocidade (LEV ou LRV, utilizada para antecipar a percepção sobre a necessidade de reduzir velocidade na via), além de duas variações importantes (as marcações de faixa para travessia de pedestres, MTP ou FTP, e as marcações de cruzamento rodo-ciclovial, MCC) e outras variações (MCO, marcação de áreas de conflito em interseções, MCE, marcações de área de cruzamento com faixas exclusivas, e MCR, marcações de área de cruzamento rodo-ferroviário). No Brasil, ao contrário de alguns países, as linhas de retenção não têm poder regulamentador (apenas

assinalam a posição para parada dos veículos). No entanto, as marcações de faixas para travessia de pedestres têm poder regulamentador em dois aspectos: o claro papel de delimitar a área que não pode ser invadida pelo veículo e o dúbio papel de modificar a preferência no uso da via (parece prudente admitir que as regras atuais são estabelecidas de forma ambígua e que os esforços de promoção da sua obediência devam ser complementadas por conteúdo educativo).

Nos padrões dimensionais, todas as marcas transversais devem ser ajustadas para compensar o fato de que sua dimensão transversal deve ser projetada de forma perpendicular à linha de visada dos usuários da via ao ser percebida. Para os ângulos usuais de visibilidade ($6,8^\circ$ mesmo para um objeto visto a uma distância de 7,5m para o posicionamento usual dos condutores no veículo, recuado de 2,5m da frente do veículo e com olhos a 1,2m do solo), a largura transversal de uma marca viária é percebida como menos de um décimo da largura horizontal. Por este motivo, os valores recomendados são bem maiores que as larguras de marcas longitudinais. No Brasil, a largura recomendada para linhas de retenção é de 0,30m a 0,60m, com um afastamento mínimo de 1,0m do alinhamento da via transversal, que é reduzido por não se empregar recursos auxiliares (é de 0,20m a 0,40m para linhas de estímulo à redução de velocidade, que podem ser aplicadas em relevo para produzir um efeito eficaz de sonorização, pelo menos em áreas rurais, com espaçamento calculado para corresponder a intervalos de 1seg entre linhas sucessivas).



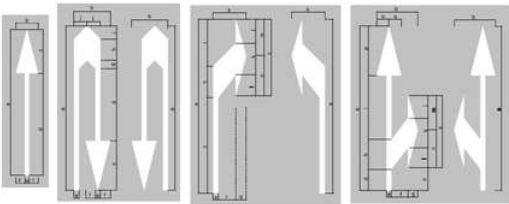
As marcações para travessias de pedestres são em geral mais críticas e tem de ser muitas vezes apoiadas por redutores de velocidade (dispositivos auxiliares com alterações transversais das características do pavimento), exceto em semáforos, para aumentar sua eficácia. As faixas de pedestres podem ter linhas transversais paralelas ou usar linhas zebradas (traços longitudinais). As linhas paralelas (FTP2) são menos perceptíveis e, no Brasil, constituem a exceção (embora sejam a forma mais comum em outros países), sendo atualmente admitidas somente em travessias de interseções semaforizadas, com linhas de largura de 0,30m a 0,60m e espaçamento mínimo de 3,0m (recomendado de 4,0m) que define a largura da faixa de travessia (eventualmente maior, em função do volume de pedestre). As faixas zebradas (FTP1) devem corresponder à mesma largura de travessia mas são importantes onde o local de travessia deve ser mais perceptível para os condutores, usando traços com largura de 0,40m (mínimo 0,30m) espaçados de 0,60m (máximo 0,80m). Em ambos os casos, não é exigido o uso conjunto de placas de regulamentação (exceto o uso de semáforos quando instaladas em interseções semaforizadas) e em geral exige-se (onde aplicável) linhas de retenção, recuadas de pelo menos 1,5m a 3,0m do limite da travessia (o valor de 3,0 é o mínimo admitido em muitos países e pode ser considerado um valor adequado para dar visibilidade aos pedestres na travessia).

Apesar de ser um recurso importante, uma estratégia prudente não recomenda utilizar somente as faixas de pedestres como um meio para aumentar a preferência dos pedestres na circulação viária. Face à falta de respeito pelos condutores e à ambiguidade existente na exigência legal, em geral recomenda-se que sua utilização seja complementada por outros recursos físicos (como faixas elevadas) e por iniciativas complementares (de educação e fiscalização). Há, neste campo, uma clara necessidade de conceber formas mais eficazes para regular as diferentes situações de preferência que podem ocorrer nas vias. A segurança viária pode, inclusive, ter de buscar maior disciplinamento do comportamento dos pedestres (por exemplo, limitando os locais onde a travessia é possível) para gerar uma interação aceitável. O uso

conjunto da sinalização de faixas de travessia para pedestres com faixas elevadas e com rebaixamento de calçadas tem sido amplamente disseminado no Brasil, sendo regulado pelas normas de acessibilidade da ABNT e pelas resoluções correspondentes do CONTRAN.

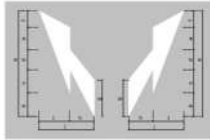
As marcações para cruzamento rodo-ciclovitários são um recurso menos experimentado (na medida em que a infra-estrutura cicloviária é mais rara, pelo menos no Brasil) e são complementares à estratégia de acomodar travessias de ciclistas ao longo das travessias de pedestres que, no Brasil, exigiriam ciclistas desmontados (ao contrário de formas específicas de uso compartilhado existentes em outros países). Nas áreas de cruzamento entre fluxos veiculares, as marcações de cruzamentos rodo-ciclovitários têm o papel de aumentar a percepção da sua presença na via (visto que não alteram as regras de preferência na circulação). No Brasil, além de aplicar a cor vermelha associada ao espaço destinado aos ciclistas, recomenda-se a marcação conjunta por marcas em cor branca para aumentar a eficiência visual e adota-se o padrão característico de marcas quadradas com lados de 0,40m a 0,60m e mesmo espaçamento (chamadas de pegadas de elefante), que deve facilitar a identificação desse contexto específico adiante.

Entre as inscrições no pavimento destacam-se as setas direcionais (além dos símbolos e legendas de natureza informativa). Os manuais oficiais em geral padronizam de forma detalhada a diagramação dos diferentes símbolos e legendas utilizados nas vias mas sua utilização geral é claramente complementar aos demais dispositivos de sinalização. As setas direcionais são a exceção mais importante a esta regra e dividem-se em dois tipos: setas para posicionamento dos veículos na pista (POM) e setas indicadoras de mudanças de faixa obrigatória (MOF), entre outras. Em ambos os casos, as setas são complementares mas contém mensagem relevante para os usuários da via, devendo ser aplicadas com redundância para reduzir a frequência de perda da informação transmitida. Em geral, este requisito é implementado pela aplicação de uma sinalização progressiva na aproximação dos elementos que motivam a sinalização com setas. No Brasil, recomenda-se que em geral as setas de posicionamento sejam aplicadas a todas as faixas, em cada seção sinalizada, e utilizadas em pelo menos 3 seções em distâncias decrescentes em relação ao ponto de interesse, enquanto as setas de mudança obrigatória de faixa são aplicadas somente na faixa que será suprimida e/ou exige a mudança obrigatória, com a mesma replicação. As dimensões das setas e as distâncias entre seções variam em função da velocidade e via rural ou urbana (onde é difícil obter o nível de redundância recomendado).



Velocidade Regulamentada (km/h)	Distância (m)				Comprimento da Seta (m)
	tipo de via	d	d1	d2	
V>60km/h	urbana	10	30	45	5,00
	rural	30	30	45	5,00
60km/h<=V<80km/h	urbana	15	40	60	5,00
	rural	40	40	60	7,50
V>=80km/h	urbana	15	50	75	7,50
	rural	50	50	75	7,50

d: distância do ponto de saída da faixa de trânsito, onde o início da linha contínua proíbe a transposição de faixas; d1: distância entre a primeira e segunda fileira; d2: distância entre a segunda e terceira fileira (se houver); trechos em curva podem exigir mais fileiras (usar d2).



Velocidade Regulamentada (km/h)	Distância (m)				Comprimento da Seta (m)
	tipo de via	d	d1	d2	
V>60km/h	urbana	10	30	45	5,00
	rural	30	30	45	5,00
60km/h<=V<80km/h	urbana	15	40	60	5,00
	rural	40	40	60	7,50
V>=80km/h	urbana	15	50	75	7,50
	rural	50	50	75	7,50

d: distância ao ponto de saída da faixa de trânsito (onde a largura remanescente é menor que a necessária para acomodar o veículo); d1: distância entre a primeira e segunda fileira; d2: distância entre a segunda e terceira fileira (se houver)

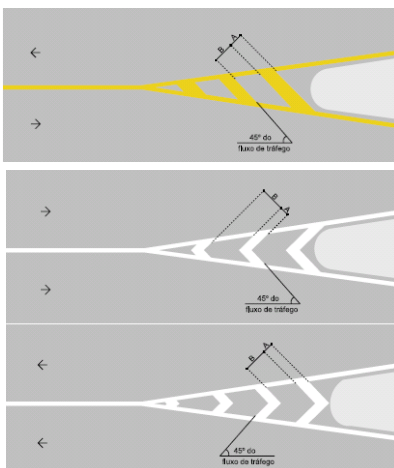
De forma sucinta, as marcas de estacionamento e canalização são aplicações especiais que combinam marcas longitudinais e transversais de forma específica, seja para delimitar os espaços destinados a estacionamento na via ou para (re)direcionar o movimento dos veículos nas áreas pavimentadas, respectivamente.

As marcas de estacionamento (e parada) permitem delimitar as áreas de proibição (cor amarela, com a LPP, linha de proibição de estacionamento e/ou parada, conforme a sinalização vertical que a linha delimita, com a dimensão padrão de 0,10m a 0,20m) ou permissão (cor branca, com a MAR, marcação de área reservada para estacionamento e/ou parada) do estacionamento de veículos junto às vias de circulação. As áreas reservadas para estacionamento e/ou parada podem ser diferenciadas em marcação de áreas reservadas para estacionamento e/ou parada em geral (MER, na cor branca, que podem ser também divididas em MAE, marcação de estacionamento ao longo da via, e MAI, marcação de estacionamento em áreas isoladas) ou

marcação de áreas reservadas para veículos específicos (MVE, na cor amarela, limitadas aos casos previstos pela regulamentação do CONTRAN). Deve-se mencionar também a necessidade de sinalizar áreas reservadas em função da previsão legal decorrente da Lei de Acessibilidade e da Lei de Inclusão Social ou da Lei dos Idosos).

Os critérios existentes na regulamentação oficial para dimensionamento das vagas de estacionamento são parcos, tendo-se em geral de recorrer a outras fontes de informação (em especial para os casos de disposições menos usuais como vagas inclinadas). A composição das vagas previstas em relação aos diferentes tipos de veículo que podem utilizá-las também não é estritamente regulada e deve ser objeto de estudos específicos. Em princípio, vagas para estacionamento e/ou parada de veículos de maior ou menor porte devem ser sinalizadas com forma e função específica, segundo as demandas existentes em cada área (desde pontos de parada do transporte coletivo de passageiros a vagas para carga e descarga de mercadorias). Desta forma, as vagas de uso geral precisam acomodar somente automóveis (havendo ainda grande variedade de veículos com diferentes dimensões) ou motocicletas e bicicletas.

As marcas de canalização tem um padrão geral (MAN, marcação de áreas de pavimento não utilizáveis) definido por linhas de canalização (LCA), que delimitam o trajeto a ser seguido pelos veículos (normalmente dando continuidade a linhas longitudinais e mantendo sua cor e largura), e pelo zebrado de preenchimento (ZPA, com marcas de 0,30m a 0,50m espaçadas de 1,10m a 3,50m), que preenchem total ou parcialmente a área onde o tráfego de veículos é excluído com marcas inclinadas de 45° adiante na direção de percurso na faixa lateral (a área marcada pode ser levada até um trecho delimitado por obstáculos físicos ou apenas é interrompida a marcação de preenchimento). As variações de marcas de canalização correspondem a aplicações particulares: Marcação de Confluências e Bifurcações ou Entroncamentos (MCB), Marcação de Aproximação de Ilhas e Obstáculos na Pista (MAO), Marcação de Interseções em Rótula ou Rotatórias (MIR), Marcação de Acostamento Pavimentado ou de Canteiro Central Fictício (MAC), e Marcação de Transição de Largura de Pista (MTL) e seguem o padrão geral (das MANs).



O alinhamento geral das linhas de canalização delimita as áreas preenchidas, sendo determinado por taxas confortáveis de deslocamento lateral dos veículos na via (a fórmula básica adotada no Brasil estima a distância confortável para o deslocamento lateral de uma distância d por $z=d/2.V[\text{km/h}]$, o que corresponde a uma taxa de deslocamento lateral de 1m a cada 1,8seg) ou pelos gabaritos de curva dos veículos de projeto em baixa velocidade (15 ou 25km/h). Os princípios de projeto correspondem basicamente aos adotados para projeto de interseções, incluindo o projeto de ilhas de tráfego (isto é, ilhas de canalização propriamente ditas, além de ilhas divisórias de pistas de tráfego e ilhas de refúgio para pedestres). Em geral, são construídas ilhas quando a área a ser excluída da circulação é maior que 3,5m² com lados maiores que 2m a 3m para ilhas triangulares e largura maior que 0,6m a 1,0m para ilhas alongadas, ambas afastadas pelo menos 0,60m das faixas de rolamento adjacentes.

As marcas de canalização são especialmente importantes para a segurança viária quando há mudanças no alinhamento da via ou variação no número de faixas, ou ainda presença de obstáculos adjacentes à pista de rolamento (especialmente se exigem a alteração do alinhamento da via e da trajetória dos veículos), sendo normalmente apoiada por delineadores e/ou balizadores adequados.

5.4.2 Sinalização Vertical (Placas de Trânsito)

A sinalização vertical (placas de trânsito) foi anteriormente definida como um conjunto de elementos (em geral placas) fixados na posição vertical (normalmente ao lado ou suspenso sobre a via) para comunicar sua mensagem ao usuário para regulamentar e auxiliar o trânsito. A grande vantagem da sinalização vertical é ter capacidade de comunicar-se com o usuário à maior distância (provendo maior tempo de reação à mensagem, inclusive em condições noturnas ou sob chuva), apesar de ser menos conspícua e de poder ser ter a visão obstruída por obstáculos e veículos de maior porte. Tem também a importante vantagem de ser mais durável, embora seja significativamente mais cara (em particular quando suspensa sobre a via, pois pode exigir estrutura de suporte de porte razoável). Além disso, seus suportes podem interferir com a circulação de pedestres e ocasionar choques com veículos em saídas de pista descontroladas, constituindo uma interferência e um risco relevante na via.

Pela capacidade de comunicação com os usuários da via, a sinalização vertical normalmente assume as tarefas básicas de regulamentação do uso da via, de advertência sobre perigos existentes e de provisão de informação de interesse dos usuários no uso do sistema viária. Estas tarefas correspondem às três classes normalmente distinguidas para a sinalização vertical: as placas de regulamentação (que estabelecem obrigações, proibições e permissões no uso da via), as placas de advertência (que antecipam a informação sobre situações de perigo que são encontradas no uso da via), e as placas de indicação (que contêm as demais informações de interesse para o usuário da via). Como anteriormente discutido, em geral a sinalização vertical é complementada pela sinalização horizontal e pelos dispositivos auxiliares de sinalização. No entanto, foi anteriormente assinalado que este amplo conjunto de elementos de sinalização tem a limitação clara de permitir somente a exibição de mensagens fixas (sendo por isso agrupada sob a denominação de sinalização estatigráfica). A sinalização luminosa ou variável vem, por isso, adquirindo uma importância cada vez maior como componente dos sistemas de sinalização. Um rápida reflexão mostra, entretanto, que o conteúdo básico desses elementos de sinalização dinâmica em geral permitem somente variar de forma controlada o conteúdo da sinalização vertical (como é de forma clara o caso dos semáforos ou dos sinais de mensagem variável, além dos painéis de mensagens variáveis). Os princípios de aplicação da sinalização vertical são, portanto, também relevantes para a análise seguinte da sinalização luminosa ou variável.

5.4.2.1 Aspectos Básicos da Sinalização Vertical

A variação dos padrões de sinalização vertical é, surpreendentemente, maior do que em outros componentes do sistema de sinalização (como nas marcas viárias e semáforos, por exemplo). Apesar do grande esforço de padronização realizado a muitas décadas sob os auspícios da ONU-Organização das Nações Unidas (de forma mais intensa pelo menos após a Segunda Guerra Mundial), existe uma variação significativa nos padrões de sinalização vertical adotada pelos diferentes países. No Brasil, também neste campo, segue-se em geral o padrão inspirado na sinalização dos EUA (apesar de notar-se algumas diferenças significativas, como a menor utilização de mensagens escritas, além da distinção entre os sistemas de medidas predominantes em cada país). As maiores diferenças em relação a outros países referem-se ao formato básico das diversas classes de

sinais (além de diferenças específicas em relação à sinalização simbólica) que normalmente são de interesse bastante secundário.

Ao contrário da sinalização horizontal, a sinalização vertical pode variar de forma significativa seus padrões dimensionais e de refletividade em função da necessidade de comunicar-se com os usuários a distâncias variadas (porque as mensagens tem complexidade variada ou porque os usuários trafegam nas vias com velocidades distintas). Os princípios de dimensionamento baseados na acuidade visual e de seleção de refletividade baseada na sensibilidade ao contraste são então aplicados de forma muito mais direta (embora sejam muitas vezes embutidos em tabelas práticas de aplicação incorporadas aos manuais de projeto). De forma diversa, a sinalização horizontal tem limites de percepção muito mais restritivos e dificilmente dispensa o recurso a dispositivos auxiliares de sinalização (razão pela qual é difícil tentar dimensionar a sinalização horizontal para atender às necessidades dos usuários da via).

No entanto, o dimensionamento adequado e a seleção do nível de refletividade necessário não são suficientes para garantir a maior eficácia (ou obter eficácia suficiente) da sinalização vertical. Em geral, a transmissão adequada da mensagem da sinalização vertical aos usuários da via depende, entre outros fatores, de:

- correta colocação da sinalização na via (preferencialmente no campo de visão central do usuário da via),
- propriedade e clareza da mensagem inscrita (isto é, de aplicar a sinalização onde houver necessidade e relevância, com uma mensagem escrita ou simbólica que pode ser apreendida e compreendida pelo usuário na via),
- legibilidade a uma distância adequada (que pode ser traduzida na disponibilidade de um tempo de resposta compatível com a necessidade do usuário, em vista de sua capacidade em termos de acuidade e sensibilidade visuais), e
- entendimento por parte do usuário (sobre o comportamento necessário para obter uma condição de operação adequada).

A dificuldade em satisfazer estes diferentes requisitos para eficiência da sinalização vertical é razoável em muitos contextos. Em situações mais complexas, o usuário da via tem diversas necessidades simultâneas e uma capacidade de apreensão bastante limitada. Esta dificuldade pode então ser traduzida na necessidade de evitar o uso de sinalização excessivo de placas (isto é, de separar adequadamente as placas de trânsito distintas no espaço e no tempo). A capacidade perceptual humana é bastante elevada e mostra-se suficiente em diversos contextos. A operação viária parece ser mais exigente principalmente pelo fato de ter usuários deslocando-se a velocidades elevadas (que exigem tempos de resposta rápidos) em um ambiente altamente variável em condições externas (como iluminação e clima) e viárias (em termos de complexidade e variedade de reações exigidas), fazendo que os usuários falhem mesmo em condições usuais (não percebidas a tempo ou adequadamente). A padronização da sinalização e sua aplicação consistente no sistema viário é uma forma de reduzir esta restrição e facilitar a tarefa do usuário na via. O dimensionamento da sinalização viária pode então cumprir sua tarefa de ajustar necessidades e capacidades dos usuários, tendo de lidar com uma razoável variação das condições de solicitação (as placas de trânsito, por exemplo, podem variar de sinais simples com dimensão básica de 0,50m a sinais complexos com dimensões da ordem de dezenas de metros). Um requisito anterior é, entretanto, exigido nesta tarefa final: a percepção da sinalização em relação ao seu entorno na via (que se refere à propriedade básica de conspicuidade da

sinalização), que é particularmente desafiadora para placas de trânsito em ambientes urbanos ou povoados por alvos de atenção diversos (elementos distintos que podem interferir na percepção da sinalização).

Cumpridos os pré-requisitos para obter a comunicação eficiente com o usuário da via, o dimensionamento da sinalização vertical fica diretamente relacionado com seu posicionamento na via. Neste aspecto, anteriormente na parte teórica foram distinguidos dois casos gerais. No primeiro caso, típico da sinalização vertical de regulamentação (em parte também da sinalização vertical de indicação de natureza confirmatória), as placas de trânsito têm de ser posicionadas no ponto em que deve iniciar seu efeito. A distância de visibilidade requerida pelo sinal pode então ser estimada pela soma de dois termos: a distância percorrida durante a percepção/reação mais a distância percorrida durante a atuação/manobra requerida pela placa (frenagem, mudança de faixa, etc...). No segundo caso, típico da sinalização vertical de advertência (em parte também da sinalização vertical de indicação nos demais casos), as placas de trânsito podem (ou devem) ser antecipadas em relação ao ponto de interesse (por uma distância que não é excessiva, para manter a associação entre placa de trânsito e ponto de interesse). A distância de visibilidade requerida pelo sinal pode então ser estimada pela soma de dois termos: a distância percorrida durante a percepção/reação mais a distância percorrida durante a distância morta/perdida porque a placa está fora do cone de visão central do usuário da via (que é função do afastamento da placa em relação ao eixo do deslocamento na via).

As condições de visibilidade dependem também das decisões sobre o posicionamento na seção transversal em que a placa de trânsito é colocada, que determinam o afastamento da placa em relação ao eixo da via. As áreas padronizadas para posicionamento das placas são normalmente relacionadas com a posição das manobras que demandam sua informação, iniciando com a regra de posicionamento à direita na seção da via. A busca pela informação pelos usuários da via é facilitada definindo de forma consistente a posição padrão das placas (por exemplo, nas interseções os trechos das esquinas ou canteiros próximos da área de cruzamento) e variando esta decisão apenas quando difere da condição normal da manobra na via (por exemplo, placas de proibição de retorno ou conversões à esquerda são naturalmente posicionadas na mesma porção da área de cruzamento mas colocadas à esquerda na seção da via, onde normalmente estão posicionados os veículos que demandam a manobra referida).

Numa seção, em geral há duas opções básicas de posicionamento: placas laterais à via e placas suspensas sobre a via. A situação normal é o posicionamento lateral da placa (muito menos custosa por utilizar suportes em colunas simples, eventualmente duplas ou triplas). As placas suspensas exigem estruturas de suporte mais complexas com braços projetados ou pórticos e tirantes, sendo reservadas para situações em que se exige o controle/orientação do tráfego por faixa ou em vias com mais de 3 faixas por sentido com fluxo próximo à capacidade e/ou grande presença de veículos pesados ou com configurações de interseções complexas (placas em braços projetados simples são usadas em vias com canteiros estreitos ou outras restrições que impedem usar a posição convencional ou com restrições físicas ou no entorno que prejudicam a visibilidade das placas na posição convencional). No que se refere a ambas, as placas podem adotar o posicionamento padrão à direita ou serem colocadas (ou repetidas) à esquerda (no caso de placas suspensas podem também ser colocadas sobre as faixas de tráfego para controle/orientação específica).

caso 1:



a – placa posicionada junto ao ponto de interesse

caso 2:



b – placa posicionada antes do ponto de interesse

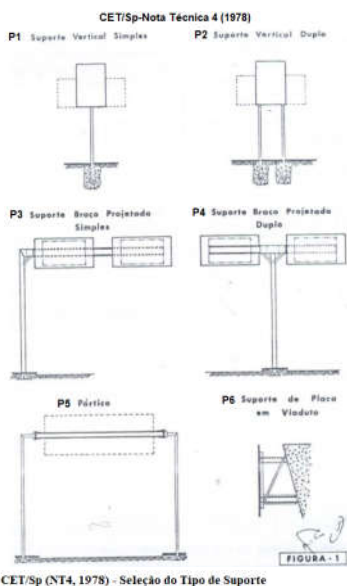
Dado o posicionamento básico definido, em geral existem recomendações usuais para alturas de colocação que padronizam a posição da placa no campo visual do usuário da via e utilizam condições compatíveis com as dimensões dos veículos e as posições de melhor interação com a iluminação e a visão humana. Para placas laterais, a altura recomendada é de 1,20m em área rural e 2,10m em área urbana ou com circulação de pedestres, a uma distância mínima de 0,30m a 0,50m do limite da pista de rolamento ou do acostamento ou dispositivo de proteção lateral, se houver. Para placas suspensas, a altura recomendada é de 5,50m até o bordo inferior da placa (variando de 4,80m a 6,50m em função de restrições locais ou tráfego de veículos especiais), posicionadas sobre as faixas de tráfego ou sobre o acostamento, com suportes verticais afastados de pelo menos 2,0m do limite da pista de rolamento ou acostamento, pelo menos em área rural ou na ausência de restrições laterais em trechos onde as velocidades usuais excedem 60km/h (em todos os casos, suportes próximos devem ser colocados após dispositivos de proteção e contenção adequados).

Note-se que há também recomendações quase folclóricas que são reproduzidas de forma automática por diversos manuais de sinalização, em geral baseadas em argumentos genéricos, sem que seja possível identificar a sua origem (os trabalhos técnicos que comprovaram sua eficácia). Por exemplo, no Brasil repete-se uma recomendação usual para que as placas laterais sejam instaladas com uma pequena rotação de 3° a 5° para o lado externo da via (para reduzir o risco de reflexão especular). Em outros países, esta mesma recomendação é adotada e combinada com a recomendação de que as placas suspensas sejam instaladas com uma pequena rotação de 3° a 5° para baixo (isto é, para o lado da via, com a mesma justificativa de reduzir o risco de reflexão especular). Não se conhecem trabalhos que apoiem uma e outra prática e há igualmente países onde os manuais oficiais ignoram essas recomendações (caso específico dos EUA). Embora as práticas pareçam inofensivas, deve-se lembrar que os ângulos de refletorização podem ser significativamente alterados por estes pequenos ajustes (eventualmente alterando a retro-refletividade obtida em campo).

Os materiais utilizados para confecção das placas também permitem variar seu desempenho (embora afetem principalmente o custo da sinalização vertical). Os painéis das placas são normalmente de alumínio, ferro ou aço, embora novos materiais baseados em PVC e fibra de vidro ou antigos materiais como madeira também sejam empregados. As placas metálicas normalmente exigem limpeza e aplicação de tinta para melhorar aderência (e tratamento anti-corrosivo no caso das placas de ferro). A cobertura das placas (o material que deve conter a mensagem) pode ser pintada (com ou sem micro-esferas pré-misturadas) ou mais comumente receber películas pré-fabricadas, com maior refletorização. A pintura manual é normalmente limitada a placas sem refletorização (a utilização de tintas com micro-esferas é menos frequente para placas) e o uso de películas pré-fabricadas é atualmente bastante comum (em geral, é a regra, pelo menos nos casos que exigem refletorização). A refletorização pode ser aplicada apenas na parte luminosa (a mensagem nas placas com contraste positivo ou o fundo nas placas com contraste negativo) ou em toda a placa (o que aumenta a conspicuidade e a durabilidade da placa). Os suportes simples são também de alumínio, ferro ou aço, embora novamente possam ser encontradas placas simples com suportes de novos materiais como plásticos ou com suportes de materiais mais comuns como madeira e postes próprios de concreto. Os suportes de pórticos ou outras estruturas especializadas são normalmente executados com perfis metálicos, em geral tubulares, e adequadamente dimensionados

em termos de estrutura e fundação (a sinalização pode também ser fixada em postes de serviços públicos ou estrutura de pontes/viadutos).

No Brasil, os tipos de películas mais usadas recebem denominações específicas. O tipo básico que corresponde ao esquema mais antigo de produção de películas pré-fabricadas é chamado de Grau Técnico-GT (tipo I na classificação da ASTM, ainda muito utilizada), usando micro-esferas de vidro inclusas (que são envolvidas na resina plástica protetora). A evolução principal deste esquema corresponde ao desenvolvimento das películas pré-fabricadas chamadas de Alta Intensidade-AI (tipo III na classificação da ASTM, também muito utilizada), que encapsulam as micro-esferas de vidro em um filme pigmentado que aumenta a reflexão na sua ancoragem (melhorando de forma significativa a retro-refletividade). Estas opções são tecnologias abertas fornecidas por diversos fabricantes (de custo intermediário). A um custo maior, existem diversos outros tipos de películas com materiais estruturados (micro-prismas que formam sistemas de espelhos cuidadosamente arranjados e fixados numa resina envolvente), denominados genericamente de Grau Diamante-GD apesar de corresponderem a distintos sistemas patenteados por diferentes fabricantes (com desempenho similar ou mínimo do tipo IV na classificação da ASTM), entre outras tecnologias propostas (a ASTM, por exemplo, enumera 8 tipos diferentes; no Brasil, pelo menos as películas de Grau Técnico Prismático-GTP e com mais frequência de Alta Intensidade Prismático-AIP são também utilizadas).



No caso mais simples, uma placa de madeira pode receber uma película de grau técnico ou uma placa de ferro (com tratamento superficial anti-corrosivo) pode receber uma pintura com micro-esferas pré-misturadas, uma ou outra pregada num poste de madeira que é fixado no solo em uma base com 0,50m de profundidade, preenchida com concreto comum (em geral, a base do suporte recebe uma barra ou prego transversal como dispositivo de travamento do poste, prevenindo sua rotação lateral). Em geral, órgãos regionais definem critérios simplificados para seleção dos tipos de suporte (em função dos solos e ventos locais). No caso mais complexo, pórticos com estrutura tubular podem ter fundação por sapatas de concreto com apoios por brocas ou estacas e suportar treliças metálicas para vencer vãos de mais de 20m (eventualmente apoiados por tirantes que suportam o tramo central), onde são fixadas placas metálicas que somam até 10m² (placas laterais podem atingir dimensões superiores a 20m²), usando parafusos, braçadeiras ou soldas para fixação em longarinas ou transversinas cuidadosamente dispostas por projeto. Apesar do custo de fabricação e implantação, placas de trânsito simples têm durabilidade superior a 5anos e estruturas de maior porte têm durabilidade muito maior (trocando-se suas placas em função do desgaste ou perda da refletividade, cuja vida útil especificada varia entre 7 e 10anos).

A seleção dos materiais utilizados nas placas de trânsito é feita principalmente em função dos requisitos de refletividade. Não há, no entanto, critérios usuais de análise como os discutidos na exposição teórica anterior. Os critérios usuais são grosseiros e informais, sem ter qualquer justificativa técnica razoável e eventualmente sujeitos a pressões dos fornecedores. Por exemplo, no Brasil há a recomendação de que pelo menos as placas de velocidade e de preferência sejam refletivas, em vias urbanas, pela importância da sua mensagem (nas rodovias e vias expressas, a recomendação é estendida a toda sinalização de regulamentação e advertência). Em outros países, a mesma justificativa é utilizada para que as placas de velocidade e preferência recebam maior refletividade (isto é, de alta intensidade). São critérios que usam o “senso comum” para justificar o que atinge

Altura Livre em metros	Tipo de Suporte Vertical Simples	Área Máxima Placa m ²	Área Mínima Placa m ²	Diâmetro Tubo	Altura Total Tubo
2,80	P1	1,20	-	3"	4,40
	P2	1,80	1,20	3,1/2"	4,70
	P3	2,40	1,80	4"	5,20
	P4	4,80	2,40	4"	5,30
4,50	P5	1,50	-	4"	6,60
	P6	3,50	1,50	4"	7,35

um aparente “consenso técnico”. No entanto, pela pressão dos fabricantes, as placas de orientação de destino (que em geral tem dimensão maior) são as preferidas para refletorização.

Não faltam normas de retro-refletividade para os materiais de cobertura de placas de trânsito (a própria ABNT oficializa no Brasil os padrões adotados pela Sociedade Americana para Testes de Materiais, a ASTM-American Society for Testing Materials, hoje *ASTM International*). Mas as normas existentes ficam longe de determinar características adequadas para que as placas de trânsito atendam às necessidades dos usuários da via (em geral repetem condições genéricas de teste padronizados sem relação com as aplicações específicas, como as apresentadas nas Tabelas 2 e 3 da discussão teórica). A pressão dos fabricantes é significativa e naturalmente defende padrões exigentes (e custosos), sem justificativa técnica detalhada. Por exemplo, a sinalização mais custosa é normalmente fruto da combinação de placas de orientação que atingem maior dimensão por exigirem distância de visibilidade maior em função do tamanho da mensagem e do uso de forma diagramada (especialmente quando aplicadas em rodovias de maior velocidade) e recebem normalmente películas com alta intensidade de retro-refletividade (muitas vezes com materiais prismáticos) em toda a placa (mensagem luminosa e fundo escuro). Mas, apesar de importante, não se trata de uma sinalização crítica, sendo um contexto onde placas de dimensões mais econômicas ou uso de mais comedido da retro-refletividade (na mensagem, em especial) são opções razoáveis.

Esta situação (considerada indesejável) é a motivação para a extensa discussão feita no item 5.3.2 da parte teórica. As propostas então apresentadas são, entretanto, preliminares e exigem maior validação. Os casos correspondentes a placas com iluminação própria são discutidos com a Sinalização Luminosa adiante (da mesma forma podem ser tratados os casos com iluminação externa).

No que se refere à sinalização de regulamentação, deve-se considerar os casos específicos de um grande número de grupos de placas de regulamentação que são importantes. Como regra as placas utilizam formas simbólicas para facilitar a apreensão rápida das mensagens transmitidas e, por isso, são totalmente padronizadas para garantir que haja clareza (falta de ambiguidade) nas mensagens exibidas. A forma circular é o padrão adotado, com fundo branco e mensagem preta em contraste negativo para obter a melhor condição de comunicação com o usuário, aplicando-se também orlas e tarjas vermelhas (há somente duas exceções, as placas de preferência, comentadas adiante).

Um aspecto fundamental sobre as placas de regulamentação deve ser fixado como princípio básico: por estabelecer obrigações, proibições e permissões (passíveis de multas ou outras punições) não se admite inovar na criação de placas de regulamentação. Apenas podem ser utilizadas as placas de regulamentação previstas em lei e que pelo menos os condutores habilitados são treinados para reconhecer e interpretar de forma adequada. As placas podem ser complementadas por mensagens escritas em gravatas ou no painel que incorpora a placa de regulamentação (com mensagem em preto e fundo branco, como é o padrão normal das placas de regulamentação), que definem sua aplicação sem modificar sua definição. A identificação de qualquer deficiência no sistema de sinalização de regulamentação que implica na necessidade de uma nova placa deve ser submetida ao CONTRAN que pode decidir autorizar ou não seu uso experimental, estabelecendo um período de monitoração em que devem ser enviados relatórios regulares da aplicação para informar a oficialização ou não da nova

placa de regulamentação (na interpretação mais liberal, o CONTRAN pode revisar o Anexo II do CTB para incorporar a nova placa; na interpretação exigente, a conclusão do CONTRAN deve ser transformada em projeto de lei e analisada pelo Congresso Nacional.

5.4.2.2 Aplicações da Sinalização Vertical

A seguir, serão feitos comentários sobre a aplicação das placas de 4 grupos principais: de preferência, de velocidade, de sentidos de circulação, de estacionamento (outros grupos são circulação de veículos motorizados e não motorizados, de pedestres e ciclistas, e modos de operação). Existem aspectos gerais que se aplicam a todas as placas de regulamentação, como a exigência de retro-refletividade em rodovias (em vias urbanas exigida apenas para as placas de velocidade e preferência) e as dimensões mínimas e recomendadas para as placas circulares ou para as placas de PARE (R1) e DÊ PREFERÊNCIA (R2) em estradas, rodovias, vias urbanas de trânsito rápido ou demais vias urbanas (implicitamente assumindo tempos de percepção e reação similares, exceto para as placas de velocidade que recebem um tratamento específico).



Para as placas de preferência (R1-PARE e R2-DÊ PREFERÊNCIA) esta exigência é ainda mais estrita e recomenda-se evitar mensagens complementares e incorporação em painéis para manter a associação do conteúdo da mensagem da placa ao seu formato peculiar (a placa de R1-PARE é a única placa de regulamentação octogonal e a placa de R2-DÊ PREFERÊNCIA é a única placa com o triângulo invertido; aliás, estes padrões são difundidos internacionalmente). O principal óbice a esta recomendação é que a placa R2 está entre as placas menos entendidas pelos usuários da via, razão pela qual é frequentemente complementada com o uso de uma gravata com a inscrição “DÊ A PREFERÊNCIA” (caso utilizado nas próprias ilustrações do manual oficial). Além de octogonal, a placa R1 é também a única placa de regulamentação totalmente vermelha (uma cor de baixa refletividade) que torna importante manter seu formato perceptível. No Brasil, as regras de posicionamento das placas de preferência também são estabelecidas de forma afirmativa: ambas devem ser colocadas à direita, tão próxima quanto possível da linha de parada (se houver linha de retenção), até 10m do alinhamento do meio-fio ou bordo da via transversal (em área rural, entre 5m e 15m da via interceptante). Para a placa R1 estabelece-se também que deve haver a repetição da placa à esquerda da pista em pista de mão única com 2 ou mais faixas e grande volume de tráfego (nenhuma outra placa de regulamentação tem exigência de repetição tão rígida).

No entanto, a questão mais complexa em relação às placas de preferência é a relativa à escolha entre a placa R1 (que exige a parada total do veículo antes de prosseguir) ou R2 (que permite tomar a decisão sobre parar ou prosseguir em movimento). Os critérios usuais são normalmente baseados na análise do triângulo de visibilidade na interseção ou em critérios qualitativos (ou ambos). No Brasil, a forma atual prefere a opção qualitativa, estabelecendo a exigência é clara em favor de utilizar a forma restritiva (R1) nos casos em que se considera necessário parar antes de prosseguir para ter segurança, em particular se há evidências que demonstram o risco de acidentes, em passagens de nível rodo-ferroviária, e em interseções sem semáforos em áreas de interseções semaforizadas ou haja combinação de alta velocidade na via principal e visibilidade restrita nas vias principal ou secundária. Nos demais casos seria suficiente usar a forma liberal (R2). Um exemplo de critério quantitativo baseado na análise do triângulo de visibilidade existe na normatização anterior (em que a distância de

visibilidade de parada na via principal era utilizada para determinar a visibilidade existente na via secundária e então avaliar a sua velocidade segura de aproximação-VSA, usando-se a placa R1 sempre que $VSA < 15 \text{ km/h}$ e R2 em caso contrário (com $VL = VSA$ como limite de velocidade). Este critério é criticado porque a condição assumida não corresponde a uma situação de colisão (um veículo pode vencer a interseção antes da chegada do veículo conflitante), existindo métodos de análise alternativos que buscam uma resposta similar e melhor.

Em termos de segurança viária, há também questões relacionadas com a aplicação das placas de preferência em contextos em que não são bem compreendidas. O exemplo mais claro é sua utilização para alterar a regra geral de preferência nas rotatórias. Em certas regiões, há um hábito tão arraigado em assumir a regra geral de preferência na ausência de sinalização (do fluxo circulante, no CTB de 1997) que a sua alteração pode produzir indecisão e acidentes. Nestes casos, como em qualquer outro em que a sinalização altere de forma drástica a expectativa dos usuários, deve ser utilizada uma forma mais ostensiva e cuidadosa de sinalizar para evitar a indecisão e os acidentes.



Para as placas de definição dos limites de velocidade, por sua vez, não há dificuldade de compreensão relevante para o usuário da via (pode ser importante acrescentar que os limites máximos definem também os limites mínimos em metade do valor máximo mas este aspecto não é em geral relevante em termos práticos). As questões são fundamentalmente relacionadas com a definição de limites adequados e com a sinalização cuidadosa para permitir uma obediência segura (especialmente onde há fiscalização eletrônica de velocidade).

Em poucos países há critérios objetivos e claros para definição dos limites de velocidade adequados (uma exceção interessante é o procedimento adotado na Nova Zelândia, desde 2001; outra proposta interessante foi adotada em Portugal em 2010). Como regra há grande margem de subjetividade na definição sobre os limites de velocidade adequados e a normatização brasileira é um exemplo desta situação. Aliás, a discussão sobre limites de velocidade é muito mais serena na maioria dos países e só assume “contornos dramáticos” em países como o Brasil que recorrem de forma furiosa à fiscalização eletrônica de velocidade (as nações civilizadas preferem que a justiça penalize os responsáveis pelos acidentes de trânsito de forma firme e ponderada, como apurado no curso de processos judiciais eficazes). A discussão sobre fiscalização eletrônica (de velocidade, em particular) é feita adiante (aqui discute-se somente a sinalização dos limites de velocidade, incluindo a sua definição, considerada preliminarmente como algo independente do recurso à fiscalização eletrônica).

Todas as vias possuem limites de velocidade genéricos ou estatutários, em função da classificação viária em vias rurais ou urbanas, dividindo-se as vias rurais em rodovias e estradas e as vias urbanas em vias expressas (de trânsito rápido), arteriais (ou preferenciais), coletoras (ou secundárias) ou locais (de trânsito local), e distinguindo veículos leves (autos, motos e camionetes) e pesados (caminhões ou ônibus) nas rodovias. Em princípio, a sinalização de velocidade tem de ser usada onde se quer modificar o limite de velocidade estatutário da via (por considerá-lo inseguro ou, de outra forma, restritivo) ou quando se considera importante enfatizar o limite estabelecido (como quando o grau de desrespeito parece uma causa provável de acidentes e/ou decide-se usar a fiscalização eletrônica de velocidade). As estatísticas de acidentes são uma forte evidência sobre a necessidade de ajustar as velocidades praticadas em um local (a velocidade é irrefutavelmente um forte fator acidentogênico) mas outros fatores podem estar

TIPOS DE VIAS	LIMITE DE VELOCIDADE (km/h)	DESCRIÇÃO
urbanas	80	vias de trânsito rápido (sem interseções em desnível, acesso direto aos lotes e travessias de pedestres em nível)
	60	vias arteriais (ligação entre regiões da cidade, em geral com interseções em nível semaforizadas)
	40	vias coletoras (distribuição do tráfego para as vias de trânsito rápido e arteriais)
	30	vias locais (acesso local ou a áreas restritas)
rurais	110	automóveis e camionetas Lei 13284/2016 pista dupla/pista simples
	90	ônibus e micro-ônibus a&m: 110km/h 100km/h
	80	demais veículos dem: 90km/h 90km/h
	60	-

envolvidos na sua ocorrência e outras ações podem ser adequadas para reestabelecer uma operação viária insegura (compare a redução do limite de velocidade com melhorias físicas na via). No entanto, os dados sobre acidentes podem ser parcos ou imprecisos para estabelecer a importância da velocidade ou para informar seu valor seguro. A velocidade segura varia em diferentes condições de operação de um mesmo trecho viário e o risco de acidentes pode também depender de fatores episódicos (desatenção do usuário, perda de controle do veículo, ambos em situações normais; intoxicação dos usuários, falha dos componentes veiculares ou viários, agora em situação anômala).

Pelos motivos mencionados, o estabelecimento de critérios técnicos para definir um valor adequado do limite de velocidade está longe de ser uma questão trivial. A regulamentação de velocidade permite variar o limite efetivo em função de condições específicas mas pelo menos com a sinalização usual, o recurso é limitado a uns poucos fatores mais importantes (condição climática, chuva e neblina em particular, e tipo de veículo, especialmente veículos leves ou pesados). Os critérios de projeto viário e de controle de tráfego tem diversos aspectos que são sensíveis à velocidade de tráfego e poderiam ser usados para inferir valores seguros de velocidade em certas condições viárias mas a experiência acumulada mostra que a influência da velocidade na ocorrência de acidentes está mais relacionada com fatores relacionados com o entorno da via do que com o projeto da via e seu controle (seja por trazer elementos que podem estar envolvidos em acidentes, como pedestres e entradas/saídas de veículos, ou por conter elementos que podem interferir no estado de atenção ou tempo de reação dos usuários da via, como a atividade lindeira à via).

Estas razões podem justificar o recurso à uma análise mais qualitativa, como é usual. No Brasil, a recomendação atual enumera os aspectos a serem considerados em estudos de engenharia para determinação dos limites de velocidade (que são exigidos e devem ser públicos nos casos em que há o recurso à fiscalização eletrônica de velocidade). O primeiro aspecto é a identificação da classe da via urbana ou rural (e, portanto, do limite geral aplicável) e a determinação das velocidades praticadas pelos usuários da via (em particular do V85, o valor superior correspondente ao praticado por 85% dos usuários), estabelecendo a necessidade de compatibilizar estes valores. O segundo aspecto é avaliação de aspectos relacionados à operação viária que tem interferência decorrente da velocidade praticada no local como: manobras de movimento lateral dos veículos (transposições, conversões, retornos, ...), manobras de estacionamento, parada e acesso, características e condições do pavimento, existência e condições dos acostamentos, condições do alinhamento horizontal e vertical, condições de segurança em curva, condições de trânsito de pedestres e ciclistas ao longo da via, composição de tráfego e presença de veículos de grande porte, entre outros). O terceiro aspecto é a identificação dos locais com risco potencial de perigo (inadequação geométrica, obras na pista, atrito lateral, passagem de nível, travessia de pedestres, área escolar, ...) e levantar e analisar as estatísticas de acidentes para verificar a contribuição da velocidade praticada no histórico observado de acidentes (se disponível). Estas informações não permitem determinar os valores seguros para os limites de velocidade mas podem ser cruzados com valores típicos tabulados em função das características usuais da via (infelizmente baseados em julgamento técnico pouco divulgado e validado).

Vias Urbanas

Classificação Viária Art. 60 CTB	Indicadores físicos	Nº de faixas de trânsito por sentido	Velocidade máxima permitida (km/h)
Via de Trânsito Rápido	Pista simples com sentido de circulação único ou duplo Pista dupla	2 ou mais	80 ou 90
Via Arterial	Pista simples ou dupla Pista simples ou dupla	2 ou mais 1	60 ou 70 50 ou 60
Via Coletora	Pista simples ou dupla	1 ou mais	40 ou 50
Via Local	Pista simples ou dupla	1 ou mais	30 ou 40

Vias Rurais

Classificação Viária Art. 60 CTB	Indicadores físicos	Nº de faixas de trânsito por sentido	Velocidade máxima permitida (km/h)	
			Autos Motos Camionetas	Caminhões Ônibus Demais Veículos
Rodovia	Pista dupla em área rural	2 ou mais	90 a 120	80 ou 90
	Pista dupla em área urbana	2 ou mais	ver nota 1	ver nota 1
	Pista simples com sentido de circulação único em área rural	2 ou mais	100 a 120	80 ou 90
	Pista simples com sentido de circulação duplo em área urbana	2 ou mais	ver nota 1	ver nota 1
	Pista simples com sentido de circulação duplo em área rural	1 ou mais	80 a 110	70 ou 80
	Pista simples com sentido de circulação duplo em área urbana	1 ou mais	ver nota 1	ver nota 1
Estrada	Pista simples em área rural	1 ou mais	60 a 70	40 a 70
	Pista simples em área urbana	1 ou mais	ver nota 1	ver nota 1

Nota 1 - Trechos de vias rurais inseridos em áreas urbanas, cujas características operacionais sejam similares às de vias urbanas, para efeito desta tabela, devem ser classificados como tais, e a velocidade máxima permitida deve ser definida com base na Tabela 1.

As recomendações objetivas referem-se somente à forma de sinalizar e dimensionar as placas de velocidade. Estabelece-se que os limites de velocidade devem ser múltiplos de 10km/h e que as placas devem ser

Distância de Visibilidade Requerida

Vr Vo	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
120	115	144	170	194	215	233	248	260	270	277	281	283
110		105	132	155	176	194	209	222	231	238	242	244
100			96	119	140	158	173	186	195	202	206	208
90				86	107	125	140	152	162	169	173	175
80					76	94	109	122	132	139	143	144
70						67	82	94	104	111	115	116
60							57	69	79	86	90	91
50								47	57	64	68	69
40									37	44	49	50
30										28	32	33
20											18	19
10												8

Nota: Majorar em 3% para cada 1% de declive (até declive de 10%).

Distância de Visibilidade Disponível

Diâmetro da placa ϕ (m)	Distância de legibilidade D_L (m)
1,20	200
1,00	160
0,75	120
0,50	80

posicionadas à direita e repetidas à esquerda em vias com 3 ou mais faixas (ou com base em outros critérios de engenharia), permitindo também o uso de placas suspensas (sem especificar aplicações). A colocação da placa é função do ponto da via onde estão presentes os fatores que determinam a alteração (redução ou elevação) do limite de velocidade, estabelecendo uma distância de reserva em função da velocidade regulamentada, além de exigir a renovação da placa após cada entrada de tráfego importante ou em função da distância, do ambiente urbano ou rural, e da velocidade regulamentada. A visibilidade requerida da placa é claramente avaliada em função das velocidades praticadas na mudança de velocidade regulamentada, o que determina o dimensionamento da placa (com base na acuidade padrão correspondente a $x/h=400$ e na relação $h=0,4.\phi$ em função do diâmetro da placa). São exigidas placas intermediárias sempre que a redução de velocidade é superior a 30km/h e a distância de visibilidade requerida é superior a 100m (ou superior a disponível), exceto quando a velocidade inicial é menor que 60km/h (um conjunto de regras bastante razoável na maior parte dos casos).

Naturalmente, na regulamentação de velocidades como em outras aplicações da sinalização viária, uma concepção consistente sobre o sistema viário e sua organização permite harmonizar decisões locais com uma visão global que deve promover a eficácia num nível superior (do sistema viário e do sistema de atividades como um todo).

Para as placas de sentidos de circulação na via, a situação é ainda mais complexa. Esta alternativa também é utilizada como opção a intervenções físicas mais custosas para enfrentar problemas de fluidez e/ou segurança no trânsito (como o controle de velocidade). No entanto, os tratamentos de circulação alteram as escolhas de rotas e tem efeitos mais amplos do sistema viário (ao contrário do controle de velocidade, que tem efeitos mais restritos aos trechos sinalizados). A necessidade de estudos mais amplos para definir planos de circulação adequados é clara e a discussão no projeto de sinalização é limitada apenas à forma de sinalizar com eficiência.

Neste aspecto, existem basicamente dois sistemas alternativos. Em geral, há sempre uma forma positiva (que indica permissões) e uma forma negativa (que indica proibições) como opções para sinalizar a mesma configuração para os movimentos admitidos na via. Na ausência de sinalização específica, a regra geral é de que todos os movimentos são permitidos. No Brasil há uma ponderação específica para os movimentos de retorno, que por regra geral somente podem ocorrer onde há espaço previsto ou condições adequadas para sua manobra. Portanto é sempre necessário sinalizar as situações distintas em que os movimentos admitidos são reduzidos. Há um amplo movimento de defesa da orientação positiva (*positive guidance*) que prefere sinalizar os movimentos permitidos mas a forma negativa também é adotada de forma ampla em diversas regiões. De forma geral, pode-se considerar que a forma positiva é mais facilmente compreendida à distância (especialmente eficiente quando o usuário da via deve (re)posicionar-se adequadamente nas faixas de tráfego para realizar o movimento desejado) mas a forma negativa é natural em situações que referem-se a situações pontuais (que proíbem ou confirmam a proibição de manobras menos importantes). Em geral pode-se admitir uma e outra estratégia geral e advogar a consistência no uso da estratégia escolhida como recomendação principal. A forma positiva é mais natural quando se sinaliza uma disciplina relacionada com o uso das faixas (especialmente com placas suspensas) mas nos demais casos a clareza pode ser obtida evitando misturar as opções.



O posicionamento das placas de circulação segue os padrões usuais, acrescidos da conveniência de colocadas nas proximidades das alternativas viárias em que as manobras referidas ocorrem (ou ocorreriam na ausência de proibição). Um caso específico das placas de circulação pode, entretanto, ser utilizado para ilustrar as dificuldades a serem consideradas para ter uma sinalização eficiente.

A placa de sentido de circulação na via (R24a) é uma forma positiva adequada e econômica para sinalizar pistas com sentido único de tráfego, mas nem sempre bem entendida e adequadamente percebida pelos usuários da via. No Brasil, a recomendação oficial prefere posicioná-la após a pista sinalizada, afastada de 2,0m a 6,0m do alinhamento da via, na direção paralela à via e na orientação frontal para a aproximação dos fluxos que podem entrar na via (nas vias com canteiro central, a posição refere-se a cada pista e utiliza placas no canteiro central e na calçada posterior). Apesar de clara e natural na maioria dos casos, em termos de entendimento, o posicionamento escolhido é o que fornece o menor tempo de decisão ao condutor da via transversal (por aumentar a distância em relação à placa de circulação) e é também a condição que normalmente produz o maior risco à conspicuidade da placa R24a (o que pode exigir cuidados especiais e revisão da posição padrão). Além disso, a efetiva visualização da placa pelos condutores depende da manobra que os veículos buscam: para as conversões à direita ou à esquerda os condutores normalmente procurarão pela placa de circulação em lados diferentes da via (eventualmente exigindo a repetição da placa ou o desalinhamento das placas usadas no canteiro central e na calçada posterior, pelo menos no caso de vias transversais mais largas).

Para as placas de estacionamento e parada, os aspectos menos usuais são relacionados com a grande variedade de situações a regulamentar e delimitar de forma específica (muitas vezes com o complemento essencial da marcação de estacionamento e parada, previamente discutida), incluindo os espaços de carga/descarga (que em geral equiparam-se ao estacionamento junto à via). O posicionamento das placas de estacionamento também é peculiar pela necessidade de comunicar-se com o usuário da via que busca estacionar/parar na via (não percorrer a via).



O potencial disruptivo das manobras de parada (imobilização do veículo durante o embarque/desembarque de passageiros) e estacionamento (imobilização do veículos por período superior, incluindo carga/descarga), especialmente em termos de fluidez, não pode ser desprezado. A demanda correspondente é significativa e eventualmente concentrada em corredores de tráfego importante ou em áreas com sistema viário acanhado. No entanto, as regras gerais de circulação normalmente têm uma profusão de restrições ao estacionamento e parada que podem ser suficientes para conter interferências mais comuns (e eventualmente perigosas), dispensando o uso de sinalização viária. No Brasil, de forma geral é proibido estacionar junto/sobre hidrantes/registros de água/tampas de poços de visita identificados, ao lado de canteiros centrais/divisores de pista/marcas de canalização/gramados/jardins públicos, diante de guias rebaixadas para entrada/saída de veículos, sobre a sinalização de ponto de coletivo ou, se não houver, 10,0 m antes e após seu marco; nos viadutos/pontes/túneis; nos acostamentos, salvo força maior. Ainda de forma geral é proibido parar ou estacionar nas áreas de cruzamento ou nas esquinas a menos de 5,0 m do alinhamento transversal; na pista de rolamento das estradas/rodovias/vias de trânsito rápido/vias com acostamento, sobre o passeio/faixa de pedestre/ilha&refúgios/canteiros centrais/divisores de pista/marcas de canalização. Nos demais locais

haveria a permissão de estacionar, de forma geral, mas no sentido do tráfego e de forma paralela à via (ou perpendicular no caso dos veículos de 2 rodas). A normatização não é explícita sobre a possibilidade de sinalizar alterações de todas estas disposições genéricas mas normalmente admite-se esta possibilidade.

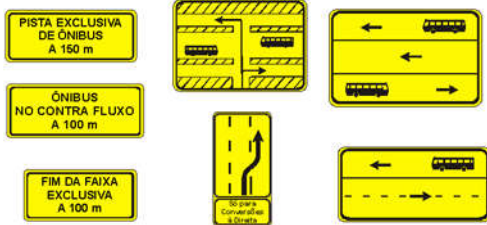
A alteração das proibições/permissões gerais é a justificativa usual para o uso das placas de estacionamento e parada, exceto quando a aplicação é utilizada para enfatizar uma regra geral.

Aplicam-se, para estacionamento e parada, os mesmos comentários anteriores sobre a necessidade de estabelecer uma concepção consistente sobre o sistema viário e sua organização para harmonizar decisões locais com uma visão global que deve promover a eficácia num nível superior (incluindo, no caso, as necessidades de estacionamento e parada para suporte às atividades locais). Em princípio, a sinalização de estacionamento e parada deve ser colocada ao lado do trecho regulamentado e aplica-se a toda a extensão contígua, prevendo-se a renovação da placa sempre que necessário. Para regular o estacionamento e parada em quadras com até 60m, pode ser colocada apenas uma placa (proibição ou permissão) no tramo central da quadra. Para regulamentar o estacionamento e parada em quadras com mais de 60m deve-se usar pelo menos 2 placas, cada uma posicionada de 5,0m a 30,0m do alinhamento da via transversal, com repetição pelo menos a cada 80m (100m em vias rurais), recomendando-se um espaçamento de 60m (exceto em vias rurais) ou quando ocorre uma interseção em T ou trecho curvo. Quando a regulamentação refere-se apenas a um trecho de quadra, deve-se usar placas com a mensagem complementar “Início” e “Término” nos pontos que delimitam o trecho (a mensagem “Início” pode ser omitida se o trecho iniciar no começo da quadra; a mensagem “Término” pode ser omitida quando o trecho terminar no final da quadra) ou usar as linhas de delimitação das áreas de estacionamento regulamentado-LPP e a mensagem complementar de referência “Na linha amarela” (para proibição delimitada com LPP amarela) ou “Na linha branca” (com permissão delimitada com LPP branca). Pode-se também utilizar mensagens de validade temporal (dias na semana e horários no dia) e de tipos de veículo ou usuários especiais (neste caso, normalmente em conjunto com as marcações correspondentes, MVE ou pictogramas).

Em alguns casos, mesmo a sinalização suficiente ou mesmo abundante e redundante não é capaz de obter eficácia adequada da regulamentação proibitiva para o estacionamento e parada junto à via ou invadindo calçadas e áreas reservadas. Nestes casos, pode-se recorrer a alternativas físicas mais ostensivas para delimitar os trechos de proibição, usando marcas de canalização ou avanços de calçada ao longo da via ou usando segregadores entre a via e os espaços invadidos. Outra opção bastante usual é a instituição de sistemas de cobrança pelo estacionamento nos espaços mais demandados (zonas azuis, parquímetros, etc...) como forma de regular sua demanda e prover recursos para uma fiscalização mais efetiva. Atualmente não existem normas específicas de sinalização de sistemas de estacionamento oneroso na via (muitas vezes chamados de estacionamento rotativo, por gerarem maior renovação de veículos no uso das vagas de estacionamento existentes) mas deve-se assumir que a sinalização deve ser mais ostensiva, de forma similar ao que ocorre com a fiscalização eletrônica de velocidade. Ademais, a definição das regras de cobrança não é regulada pelo CONTRAN ou qualquer outro órgão oficial que estabeleça normas uniformes. Portanto, pelo menos cumpre informar de maneira clara as condições de cobrança vigentes.

Para as demais placas de regulamentação normalmente aplicam-se critérios simples e diretos de utilização e posicionamento.

No que se refere à sinalização de advertência, também deve-se considerar os casos específicos de um grande número de grupos de placas de advertência importantes que também usam predominantemente formas simbólicas (totalmente padronizadas) para facilitar a apreensão rápida das mensagens transmitidas e para garantir que haja clareza (falta de ambiguidade) nas mensagens exibidas. A forma losangular é o padrão adotado (ou seja, placa quadrada com fixação pela diagonal), com fundo amarelo e mensagem preta novamente em contraste negativo para obter a boa condição de comunicação com o usuário, aplicando-se também orlas e tarjas pretas (as exceções são as placas de advertência sobre os sentidos de tráfego e a Cruz de Santo André sobre cruzamentos rodo-ferroviários; a placa de advertência sobre semáforos também distingue-se por utilizar as cores reais dos focos semafóricos na representação do foco veicular). É também permitida a substituição da cor amarela pela cor laranja para placas de advertência relativas a condições temporárias (de obras).



Embora exista um repertório razoável de placas de advertência propostas no CTB de 1997 (mais especificamente no seu Anexo II, atualizado pela Resolução 160/2004), o contexto de aplicação das placas de advertência permite inovar propondo placas especiais de advertência sempre que se deparar com um contexto distinto dos correspondentes aos sinais de advertência convencionais. Estas placas podem ser definidas com liberdade mas de forma criteriosa e, especialmente, parcimoniosa. Podem utilizar mensagens escritas e, recomenda-se, podem utilizar diagramas para tornar clara a situação e a mensagem correspondentes (pretensamente não usual).

O uso de placas de advertência é maior em área rural. Os perigos a advertir normalmente mencionados incluem situações perigosas de alinhamento horizontal/vertical, curvas reversas ou sinuosas separadas por pequenas tangentes, existência de dispositivos de controle de tráfego inesperados, interseções (inesperadas ...), estreitamento de pista, ocorrência de situações perigosas (desmoronamentos, ventos fortes, superfície inadequada, ...), travessia de pedestres/ciclistas, cruzamento rodo-ferroviário e rodo-cicliviário em nível, entre outras condições específicas. O atributo “inesperado” limita a necessidade de advertir sobre perigos que não se evidenciam por si só (excluindo elementos claramente perceptíveis), de forma a evitar a profusão de sinais de menor relevância que se traduzam um uso indiscriminado e gerem o desprestígio da informação para o usuário da via. Em geral, a condição destaca a necessidade de placas de advertência em trechos de transição ou onde há deficiências ou ocorrências pontuais (situações claramente relacionadas com a ocorrência de acidentes, pelo menos em vias de maiores velocidade, pela necessidade adicional de tempo e distância para reação aos eventos decorrentes).

Para placas de advertência de forma geral há poucos critérios adicionais em adição ao tempo de antecedência adotado (um valor usualmente entre 2,0seg e 2,5seg) mas deve ser aumentado em situações de compreensão mais difícil ou que comandam algum ajuste prévio por parte do condutor (a ser considerada na distância de visibilidade da placa, se deve ser feito antes de iniciar-se a distância morta de visibilidade da placa de advertência, ou apenas da distância de antecedência em relação ao ponto de interesse da advertência).

Para alguns casos são introduzidos critérios auxiliares, em geral definidos de forma qualitativa. A seguir serão comentadas 4 grupos de

placas de advertência: sobre alinhamento horizontal, controle de tráfego, seção transversal, e usuários desprotegidos (outros grupos são presença de interseções, condição de circulação, condição de percurso, interferências de transposições, e perigos eventuais).

As placas relativas a curvas inesperadas são um exemplo interessante para o qual em geral são fornecidos critérios objetivos para identificar curvas acentuadas ou trechos sinuosos. No Brasil, as placas de curva acentuada são consideradas obrigatórias em vias rurais em que a velocidade acarrete operação perigosa nas curvas (naturalmente não há razão para excluir a mesma circunstância em vias urbanas). O critério recomendado para classificar uma curva como acentuada e justificar o uso da A1a,b considera raios menores que 60m e deflexão maior que 30° para velocidades até 45km/h ou raios menores que 120m e deflexão maior que 45° para velocidades superiores (caso contrário, ainda recomenda advertir com as placas A2a,b raios entre 60m e 120m e ângulos entre 30° e 45° ou para raios entre 120m e 450m para deflexões maiores que 45°), para curvas isoladas. Quando os trechos retos (as tangentes) entre curvas sucessivas é menor que 120m, deve-se usar as placas referentes a trechos de curva compostos (A4a,b ou A5a,b para 2 curvas em S ou A3a,b para mais de 2 curvas sucessivas e condições distintas). É notório que os critérios objetivos que facilitaríamos a decisão de projeto não correspondem aos critérios considerados no projeto viário e não afastam a necessidade de ponderar outros aspectos (suplementando a normatização em outras condições de geometria ou outros cenários de risco).



As placas relativas a variações na seção transversal da via são outro caso comum da necessidade de advertência. Esta condição pode normalmente ser associada a duas situações usuais: mudança no número de faixas ou introdução de ilhas de divisão de pistas de tráfego. Ambas são situações de relativo risco porque podem exigir a alteração do posicionamento lateral do veículo na via, numa condição em que pode ser difícil perceber a necessidade (particularmente no período noturno ou sob condições climáticas adversas). No Brasil, a avaliação da necessidade da advertência (da condição de visibilidade à distância, portanto) passou a ser subjetiva (anteriormente a advertência era exigida sempre que houvesse redução de faixas e canteiros centrais, pelo menos), embora a necessidade de sinalização horizontal correspondente seja mais afirmativa (isto é, das linhas de bordo, em geral com delimitadores, e as setas de mudança obrigatória de faixa, pelo menos quando há redução no número de faixas). Note-se que condições de estreitamento/alargamento de pista que não modificam o número de faixas ou a presença de obstáculos laterais que não correspondam a ilhas divisórias de pistas de tráfego são sinalizadas distintamente apenas quando representam estreitamento de pista (com a A22 quando correspondem a pontes estreitas ou com a A38 quando limitam a largura das faixas de tráfego). Novamente, o julgamento técnico relativo a segurança viária pode exigir critérios suplementares.



As placas relativas ao controle de tráfego são naturalmente complementares aos dispositivos de regulamentação correspondentes mas não precisam ser aplicados de forma geral. A ocorrência de interseções com semáforos, sinalização de preferência ou rotatórias é natural no sistema viário, particularmente em áreas urbanas, não sendo necessário advertir da sua presença em condições normais. Portanto, a utilização da advertência justifica-se pela ocorrência de situações restritivas que dificultam a reação normal dos usuários da via à regulamentação correspondente. No Brasil, em todos os casos a necessidade de advertência é relacionada com condições que prejudicam a percepção da interseção e seu controle de tráfego,



particularmente em decorrência de visibilidade insuficiente (corresponderia normalmente à distância de visibilidade de parada) devido à presença de obstáculos à visão em curvas horizontais e/ou verticais. Naturalmente, aspectos relacionados à conspicuidade da interseção ou sua sinalização também devem ser ponderados (em ou e outro caso, na impossibilidade de remover os elementos que prejudicam a visibilidade ou a conspicuidade). No caso de semáforos há um aspecto adicional considerado: sua presença tem de ser advertida em rodovias e vias de trânsito rápido, com indicação da distância da sua presença, por ser um elemento inesperado (é claro que a mesma ponderação aplica-se a interseções onde a rodovia ou a via expressa tivesse de ceder a preferência a outra via, mas esta condição é mais rara e não é considerada, embora possa ocorrer especialmente quando existem rotatórias convencionais, com prioridade para o fluxo circulante). No caso de rotatórias há outro aspecto que deve ser considerado: a existência de locais onde há dificuldade de percepção à distância da ilha circular central da rotatória (assim como qualquer condição geométrica particular que prejudique a percepção da interseção em rótula, como um canteiro central reduzido e alongado), que corresponde a uma deficiência específica de conspicuidade. Em geral, a presença de fatores que prejudicam a conspicuidade tem de ser avaliada de forma subjetiva mas deve-se considerar que o registro da ocorrência de acidentes de trânsito altera esta condição e determina de forma objetiva a necessidade de advertência.

As placas relativas à presença de pedestres e ciclistas (os usuários desprotegidos ou vulneráveis do trânsito) comportam julgamentos

similares. Naturalmente, pedestres e ciclistas, como regra geral, podem percorrer qualquer elemento viário (usando as calçadas, os acostamentos e o bordo da pista, sempre com preferência, ou atravessando a via onde há faixas de pedestres ou em qualquer local a mais de 50m de faixas de pedestres, no trajeto

direto/perpendicular à via, devendo-se também ponderar a possibilidade da sua presença onde seu uso regular não é autorizado). Portanto, é a condição inesperada ou adversa que deve ser avaliada para decidir sobre a necessidade de utilizar placas de advertência, acrescida de uma ponderação adicional: a prevenção de comunicar os condutores sobre trechos do sistema viário onde a presença dos pedestres e/ou ciclistas é mais frequente (em especial no caso do entorno de escolas mas, por extensão, também no entornos de outras facilidades que concentram pedestres e ciclistas e, particularmente, usuários vulneráveis com necessidades especiais). No Brasil, as recomendações sobre a utilização destas placas de advertência são um pouco dúbias (exceto no caso da presença de ciclistas e da necessidade de advertir para faixas de pedestres em área rural ou onde a percepção da faixa de pedestres seja difícil). A magnitude do problema de acidentes com pedestres autoriza uma interpretação mais rigorosa (evitando o uso indiscriminado) onde a presença de pedestres e ciclistas é frequente e (de forma crítica) onde há risco comprovado de acidentes (como o registro de ocorrências).

Deve-se notar que boa parte das situações que requerem placas de advertência solicitam pela mesma razão placas de velocidade, o que

torna seu uso conjunto um aspecto que favorece o entendimento da regulamentação de tráfego pelos usuários da via. Além disso, a permissão para utilizar placas de advertência especiais e, de forma geral, mensagens complementares (em particular em ambientes com velocidade de tráfego baixa ou moderada) favorece claramente a possibilidade de uma interação eficaz com os usuários. Embora normalmente aumentem o custo da sinalização vertical, estes são recursos que devem ser ponderados



porque aumentam também o respeito à sinalização viária em geral.

No que se refere à sinalização de indicação, a variação de tipos e padrões utilizados é maior. Dentro do conjunto de placas de trânsito utilizadas para prover a informação adicional de interesse do usuário (em complementação às obrigações, permissões e proibições, definidas pelas placas de regulamentação, e aos perigos existentes no trânsito que não se evidenciam por si só, informados pelas placas de advertência), distinguem-se 4 grupos de sinais e seus padrões específicos: as placas de identificação (retangulares, com letras e orlas/tarjas brancas, em contraste positivo com fundo verde ou, para informação turística, fundo marrom), as placas de orientação de destino (retangulares, com letras e orlas/tarjas brancas, em contraste positivo com fundo azul ou, para informação turística, fundo marrom), as placas de serviços auxiliares (retangulares, letras e orlas/tarjas brancas com fundo azul e símbolos pretos em fundo branco), e as placas educativas (retangulares, com letras e orlas/tarjas pretas, em contraste negativo com fundo branco). No caso de sinalização temporária (de obras), é permitido usar as placas com fundo laranja e letras/orlas/tarjas pretas.

A normatização nacional é, em parte, desnecessariamente extensa (por exemplo, são diferenciados diversos tipos de placas de identificação que variam apenas no tipo de conteúdo da mensagem e são distinguidas as placas de identificação e orientação de destino para atrativos turísticos que não tem nenhuma especificidade relevante além do tipo de conteúdo e da adoção do fundo de cor marrom). Boa parte dos critérios de diagramação podem ser adotados de forma geral e não se limitam a placas de orientação (por exemplo, devem ser usadas nas mensagens de placas de advertência especial), constituindo um método auxiliar que tem relevância reduzida para a engenharia de tráfego.

Por outro lado, aspectos relevantes como a previsão dos tempos de leitura dos sinais mais complexos e sua interação com o tipo de alfabeto gráfico utilizado e com o nível de luminância ambiental ou do sinal são totalmente ignorados, apesar de condicionarem a resposta do usuário. Esta deficiência observada e sua importância para o projeto da sinalização (placas de indicação em especial mas em geral) pode ser ilustrada analisando as recomendações de outros países. Por exemplo, na Austrália há a recomendação de estimar o tempo de leitura (busca por uma mensagem na placa de indicação) em função do número de mensagens N na placa como $t_\ell = 0,25.N$ (isto é, 0,25seg/mensagem), avaliar a distância de detecção e leitura requerida com um aumento de 50% para detecção antes da leitura como

$x_\ell = 0,105.N.V[\text{km/h}] + 8,55.d_a$ (onde o tempo de leitura foi aumentado em 50% para detecção e a conversão da velocidade foi embutido no coeficiente 0,105 e a distância morta para o cone de visão de 10° que é $d_m = 5,67.d_a$ foi também majorada em 50%,

recomendando-se usar uma distância de afastamento ponderada que admite um cone de visão menor na dimensão vertical, de 5° , que

corresponde a $d_a = \sqrt{d_{aH} + 4.d_{aV}}$, então utilizado para dimensionar o

tamanho de letra requerido $h_\ell = x_\ell/LI$ com base no Índice de

Legibilidade $LI = 0,75\text{m/mm}$ para placas de indicação com o alfabeto gráfico E(M) com maiúsculas e minúsculas (ou mais genericamente $LI=0,6\text{m/mm}$ para o alfabeto gráfico D, $LI=0,5\text{ m/mm}$ para o alfabeto gráfico C, ou $L=0,7\text{ m/mm}$ para o alfabeto gráfico E). Dos aspectos mencionados, apenas a relação entre acuidade e luminância é ignorada.

Altura mínima das letras em função da velocidade regulamentada

VELOCIDADE REGULAMENTADA (km/h)	ALTURA MÍNIMA DAS LETRAS MAIÚSCULAS – h (mm)	
	Via Urbana	Via Rural
V ≤ 40	125	150
40 < V ≤ 70	150	150
V = 80	200	200
80 < V ≤ 100	250	250
V > 100	-	300

As recomendações concordam, entretanto, em preferir o alfabeto gráfico E(M) desenvolvido nos EUA e apresentado no Padrão para Placas e Marcas Viárias dos Estados Unidos, o *U.S. Standard for Highway Signs and Pavement Markings* de 2000 ou 2004. No Brasil, entretanto, recomendam-se somente alturas mínimas de letra e um tempo básico de reação implícito, uniforme (da ordem de 2,5seg).

Ao contrário das placas de regulamentação e advertência, em princípio cada placa de indicação é única em sua configuração (mesmo quando incorpora símbolos padronizados que se referem a elementos de interesse ao usuário da via, com exceção de marcos quilométricos e brasões de identificação de rodovias federais, estaduais e municipais quando exibidos individualmente). Por este motivo, cada placa de indicação deve ser diagramada e detalhada de forma específica para permitir seu dimensionamento adequado (os manuais oficiais em geral contêm recomendações minuciosas para esta tarefa de projeto específico). No entanto, estes aspectos peculiares (relevantes para obter uma sinalização uniforme e familiar ao usuário da via) importam menos para a operação viária do que critérios aplicados a certos tipos de elementos de sinalização de orientação com maior impacto.

Do ponto de vista da operação do tráfego, poucos casos merecem atenção peculiar (embora mereçam atenção pelo aspecto econômico porque muitas vezes as placas de indicação são as mais dispendiosas).

A exceção mais importante parece ser o caso das placas de orientação de destino (e sentido ou distância). A mensagem exibida por estas placas tem valor genérico de informação mas, nas proximidades dos pontos de mudança de via, tem uma importância crucial para orientar o posicionamento adequado dos condutores nas faixas de tráfego e tornar simples a tarefa de acessar os ramais ou vias de saída e entrada correspondentes ao trajeto a seguir. A ausência da informação apropriada com um tempo de reação suficiente para as manobras de mudança de faixa e ajuste de velocidade exigidas pode motivar manobras abruptas ou emergenciais com potencial para causar incidentes ou acidentes de trânsito relevante. Por este motivo, a discussão sobre a sinalização de orientação de destino é relevante.

Como estratégia geral, tradicionalmente as informações sobre destinos servidos pelas vias são sempre apresentadas em 3 níveis distintos: a informação geral sobre os destinos usuais atingidos nas rotas servidas (com ou sem informação de distância), a pré-sinalização de cada saída a uma distância adequada (eventualmente de forma progressiva) e a confirmação de saída junto ao ramal ou via correspondente. No Brasil, a aplicação em vias rurais é especialmente bem disciplinada:

- as placas gerais de orientação de destino devem ser usadas no início da via e após cada interseção principal (após 1000m em rodovias e 500m em estradas e vias de trânsito rápido), contendo 3 mensagens dispostas em ordem crescente (desmembrar em placas adicionais se houver mais destinos), indicando a distância com a unidade em “km” (se houver);
- as placas de pré-sinalização de saída, com máximo de 3 mensagens, devem conter as opções de destino da saída e podem ordenar o uso das faixas (podem ter a identificação da saída na parte superior e a distância até a saída na parte inferior, incluindo mensagens de advertência como “ÚLTIMA SAÍDA”; em área rural não precisam ter setas), posicionadas à direita ou suspensas (se necessário desmembrar em mais de uma placa, podem ser posicionadas placas à esquerda para os destinos correspondentes em vias de sentido único), em rodovias deve ser colocada a 500m, 1km ou 2km (ou posição



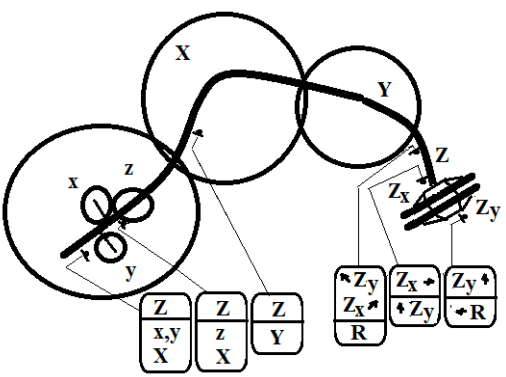
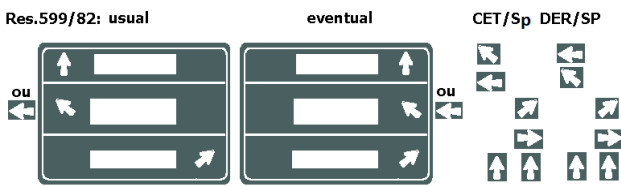


intermediária, em fração de 100m, se houver restrição local), em estradas entre 300m e 500m (repetir antes se necessário), em vias de trânsito rápido também entre 300m e 500m antes (em vias urbanas, 75m antes); podem ser usadas placas diagramadas quando for necessário esclarecer a configuração física da saída, em rodovias a 500m, em estradas entre 300m e 500m, e em vias de trânsito rápido também entre 300m e 500m (em vias urbanas, pelo menos 50m antes) ou placas com o posicionamento nas faixas (pode-se usar setas ou mensagem para orientar o posicionamento nas faixas);

- as placas de confirmação de saída, com máximo de 3 mensagens, devem ser colocadas no ponto de mudança de direção para o destino, ao lado da saída (à direita ou à esquerda), no ponto mais próximo (podem ter a identificação da saída na parte superior, incluindo mensagens de advertência como “ÚLTIMA SAÍDA”), com seta direcional; podem incluir confirmação em frente para destinos adiante, com seta em frente (em pistas de sentido único ou com pista dupla devem ser desmembradas e colocadas no lado oposto ao da saída); a ordem das mensagens quando há ramais múltiplos na mesma saída deve seguir a leitura de cima para baixo, da manobra mais complexa para a manobra mais simples; para saídas próximas em posições distintas, melhor usar placas diagramadas ou placas com orientação de posicionamento e uso das faixas (distinguir as saídas por letras maiúsculas A, B, C, ...).

(para rodovias e outras referências oficiais, deve-se usar o fundo azul referente a placas de identificação envolvendo a mensagem correspondente; para atrativos turísticos, pode-se usar fundo marrom).

A estratégia geral de sinalização é bastante consolidada enquanto as recomendações detalhadas variam de forma significativa (embora seja unânime a preocupação com a eficiência da comunicação com os usuários da via na orientação de destino). A forma atual é, aliás, uma alteração da anteriormente recomendada. A modificação pode ser avaliada pela comparação entre a forma anterior e a adotada que pondera a complexidade em realizar a manobra, como ocorria nos esquemas de disposição dos destinos que vinham sendo usados pela CET/Sp e pelo DER/SP.



No entanto, também neste caso nota-se a importância de uma visão mais ampla para orientar decisões aparentemente locais. A definição dos destinos das rotas a serem sinalizadas, em cada local, deve ser estabelecida a partir de uma visão global a ser definida em um Plano de Orientação de Tráfego-POT, a partir da identificação da rede viária estrutural e disposição dos destinos referenciais da região (definindo denominações uniformes) em níveis hierárquicos. A partir destas definições são identificados os nós de mudança de rota (onde é preciso indicar as saídas de cada via) e definidos os destinos referenciais adjacentes (de cada nível hierárquico) a sinalizar em cada seção. As placas de orientação com indicação geral, pré-sinalização e confirmação de saída são definidas em função do POT (e detalhadas).

Para as demais placas de indicação normalmente também aplicam-se critérios simples e diretos de utilização e posicionamento.

5.4.3 Sinalização Luminosa (Semáforos e Painéis)

A sinalização luminosa é uma categoria mais ampla, e ainda em definição, que vem sendo criada a partir do surgimento de novos elementos de sinalização variável que utilizam painéis de mensagem variáveis e sinais de mensagem variável. Tradicionalmente, a categoria refere-se à sinalização semafórica (semáforos), que é um conjunto de elementos luminosos (acionados alternadamente ou intermitentemente) para transmitir mensagens de controle do movimento de veículos e/ou pedestres (cada elemento luminoso é um foco e cada conjunto completo de elementos que compõe uma mensagem é um grupo focal). De forma comum com os outros elementos de sinalização luminosa que constituem categorias relacionadas (como painéis e alguns sinais de mensagem variável), o atributo de exibir mensagem variável é bastante importante e oportuno (em face de mudanças relevantes que ocorrem nas condições de tráfego). É mesmo difícil decidir se seria melhor denominar esta categoria por sinalização luminosa ou variável (por ser este o atributo mais relevante, por existir outras formas de sinalização variável que não são luminosas, e por haver um grande potencial de desenvolvimento destes outros meios de sinalização variável, particularmente os baseados na comunicação direta com os veículos).

A grande associação atual entre sinalização luminosa e sinalização variável deve-se aparentemente a uma conjunção de fatores que pode ser alterada no futuro. Um primeiro aspecto decorre do fato que as formas de sinalização (ou, de forma mais geral, de controle) de tráfego tem tradicionalmente atuado através de sistemas auxiliares de comunicação com o usuário da via (que permanece sendo o elemento básico que decide suas ações individuais e instantâneas, incluindo o comando dos veículos). Um segundo aspecto decorre do fato que as formas de comunicação entre os elementos que interagem no tráfego usam atualmente o meio visual e a resposta humana como recurso para efetivar sua intervenção sobre a operação viária (fontes de energia elétrica e sistemas de controle eletrônico estão normalmente envolvidos como coadjuvantes no processo). Existem, mas não são tão comuns, formas de intervenção que comandam automaticamente elementos de sinalização (como semáforos atuados pelo tráfego) mas o recurso decide mudanças em mensagens visuais (as indicações luminosas do semáforo) que devem ser entendidas em condições adequadas pelo condutor do veículo (o elemento que decide a resposta ao semáforo). Existe hoje, no entanto, uma razoável perspectiva de aumento dos recursos para controle automático dos veículos, com menor ou sem intervenção humana (no limite tem-se a perspectiva ainda distante de um tráfego com veículos autônomos) e de comunicação baseada em outros meios e que podem ter ou não a interveniência do controle humano como fundamental (no limite existe também a perspectiva menos complexa mas menos buscada de um tráfego com veículos controlados pela própria infra-estrutura viária). Em ambos os casos, a associação seria quebrada ou reduzida.

Na situação atual, há também casos em que a associação não ocorre de forma fundamental. Por exemplo, sistemas mecânicos (rotativos) de mudança da mensagem dos sinais de trânsito foram muitas vezes propostos e existem formas comerciais de sistemas para esta forma de sinalização variável que nunca alcançaram grande disseminação, da mesma forma que existem diversos sistemas de iluminação de sinais (baseados em luz própria ou em iluminação externa) que buscam somente tornar a mensagem mais visível ao invés de implementar sistemas de mensagem variável (de certa forma, toda a iluminação

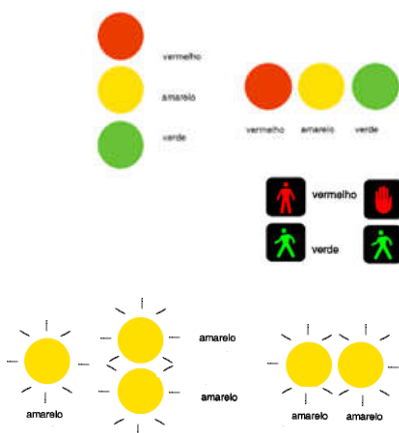
veicular e viária usa recursos dessa natureza). Estas opções e exceções não devem, entretanto, ofuscar a percepção da associação usual.

As mudanças recentes neste contexto estão muito aquém das visões futuristas e os percalços observados são diversos. O recurso à comunicação visual (com maior uso de luzes geradas por Diodos Emissores de Luz, os LEDs-*Light Emitting Diodes*) e a dependência do controle humano (com maior disponibilidade de sistemas de apoio à condução, os DAS-*Driver Assistance Systems*) ainda é a perspectiva provável para a próxima década. Os recursos de comunicação direta entre veículos (V2V-*Vehicle to Vehicle*) entre veículos e infra-estrutura (V2I-*Vehicle to Infra-structure*) parecem viáveis e podem progredir de forma significativa na medida em que produzam recursos úteis e custeáveis para os usuários da via mas não existe uma clara padronização ou proposta de arquitetura ou protocolo para o horizonte imediato, em qualquer dos países líderes nessas tecnologias (aliás, as iniciativas vêm e vão, sem atingir ampla aceitação, não parecendo haver hoje sequer uma direção clara de evolução). Não parece haver alternativa concreta, neste momento, à opção de ser tradicional na discussão que se segue (tentando vislumbrar o que pode vir adiante e cobrindo o campo de aplicações atuais que pode ter inovações ou virem a ser substituídas por aplicações e sistemas futuros).

5.4.3.1 Aplicações da Sinalização Semafórica

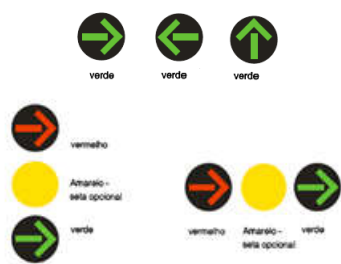
A sinalização semafórica (e os demais tipos de sinalização luminosa, na forma atual) tem características similares ao da sinalização vertical em termos de visibilidade e conspicuidade do sinal e de interferência e risco gerado pelos suportes. Na verdade, é ainda menos conspícua e mais sujeita a ofuscamento solar, e ainda mais custosa (em aquisição e manutenção), além de ser um equipamento em geral complexo e sujeito a falhas. No entanto, a sinalização semafórica tem a decidida vantagem de permitir separar movimentos conflitantes no tempo (e de variar a resposta no tempo e em função do tráfego ou suas condições externas, embora estas características sejam menos utilizadas).

Os semáforos comuns tem duas aplicações usuais e duas formas usuais. Os semáforos podem ser de regulamentação (alternam as indicações luminosas no tempo para alternar o direito de uso da via entre correntes de tráfego, veicular ou de pedestres, conflitantes) ou de advertência (emitem uma indicação luminosa intermitente para advertir sobre um local com obstáculo ou situação perigosa). Os semáforos podem ser exibidos para veículos ou para pedestres. No Brasil, um semáforo veicular de regulamentação tem formato circular e, para exibir sua mensagem completa, compõe-se de um grupo focal com 3 focos semafóricos com as cores vermelho, amarelo e verde (nesta ordem, de cima para baixo ou da esquerda para a direita do condutor, com diâmetro de 200 ou 300mm), sendo que o semáforo de regulamentação para pedestre tem o formato quadrado e compõe um grupo focal de 2 focos semafóricos com as cores vermelho e verde (nesta ordem, de cima para baixo, com lados de 200 ou 300mm, configurando a imagem de pedestre parado, ou da palma da mão, para a indicação vermelho, e de pedestre caminhando para a indicação verde). Os semáforos de advertência podem ter grupos focais com foco simples ou duplo (na vertical ou horizontal) mas todos exigem a indicação de amarelo intermitente.



Para o semáforo veicular, a indicação vermelho refere-se ao período em que o movimento não é autorizado e a indicação verde refere-se ao período em que o movimento é autorizado, sendo a indicação amarelo correspondente ao período de transição ao final do verde em que os

veículos devem realizar a manobra de parada exceto quando exigir uma reação brusca ou emergencial (neste caso, o dimensionamento do intervalo de amarelo deve permitir que o veículo siga no seu período de duração). Não há no Brasil a indicação de amarelo após o vermelho que existe em alguns países (e já foi usado no Brasil até o CNT de 1966) mas há o recurso ao vermelho de segurança (um período para limpeza dos conflitos entre movimentos que terminam ou iniciam seu período de operação autorizada). Para o semáforo de pedestres, a mesma cor é utilizada para os períodos de operação não autorizada ou autorizada mas o período de transição é exibido como uma indicação de vermelho intermitente (em alguns países é usado o verde intermitente, que também já foi usado no Brasil no passado). É previsto, genericamente, o uso de temporizador para o tempo residual (isto é, em contagem regressiva) em focos de pedestres, pelo menos para a duração do verde. Não há previsão oficial para exibição de luz intermitente para emular a sinalização de prioridade como existe em alguns países (por exemplo, nos EUA, o vermelho intermitente corresponde ao PARE e o amarelo piscante ao DÊ A PREFERÊNCIA). Esta é uma necessidade que gera discussões recorrentes mas qualquer proposta a ser empregada tem, em princípio, de obter autorização experimental do CONTRAN. O mesmo ocorre para semáforos com ciclo visual ou temporizador para veículos (neste caso, cada fornecedor deve obter autorização experimental).



É permitido o uso de máscaras e pestanas (ou outros dispositivos ópticos que melhorem a eficiência visual dos focos semafóricos), assim como de anteparos para melhorar sua conspicuidade. Para grupos semafóricos que controlam conversões em semáforos, o foco simples com seta é permitido apenas para controlar conversões livres no semáforo (com máscara de seta e indicação verde contínua). Para os demais casos é exigido a utilização do grupo focal completo com a máscara de seta pelo menos para as indicações vermelho e verde.

Foi mantido (e restrito) o uso de grupos focais veiculares com apenas 2 focos (vermelho e verde, nos quais a exibição simultânea corresponde ao amarelo) mas atualmente é permitido somente para controle de acesso e passagem (por exemplo, em balsas ou pedágios). Há também a previsão do uso de semáforos para controlar faixas de uso reversível, na forma atual com focos quadrados (lado de 300mm, vermelho para o sentido de tráfego não autorizado e verde para o sentido autorizado).

Para ciclistas, a forma atual também definiu a utilização de focos circulares (com as mesmas dimensões de 200mm ou 300mm e máscara) mas não há uma discussão detalhada a respeito (por exemplo, não se distingue os ciclistas compartilhando faixas de tráfego veicular ou em travessias paralelas a faixas de pedestres). No Brasil, não há previsão para compartilhamento das faixas de pedestres com ciclistas (que teriam de desmontar da bicicleta para atravessar na faixa de pedestres ou atravessar paralelamente à faixa, em espaço não sinalizado ou sinalizado como cruzamento rodo-cicloviário).

Por ser um equipamento sujeito a falhas, a normatização oficial no Brasil recomenda (sem detalhar) a utilização de redundância para as indicações luminosas. Esta recomendação é normalmente traduzida na necessidade de ter pelos menos 2 grupos focais controlando cada grupo de movimentos principais ou minimamente de ter 2 focos vermelhos nos grupos focais de movimentos principais. Em geral, os equipamentos semafóricos atuais têm recursos de monitoração de lâmpadas queimadas para cada fase semafórica (unidade de controle do semáforo) e aciona seu modo falha quando falta pelo menos uma indicação luminosa vermelha para qualquer fase semafórica. Como

em qualquer cenário de falha, o equipamento passa então a exibir a indicação luminosa em amarelo piscante em todos os grupos focais (que pelo CTB de 1997 devolveria a interseção à regra geral de preferência do fluxo vindo da direita, da rodovia ou da rotatória).

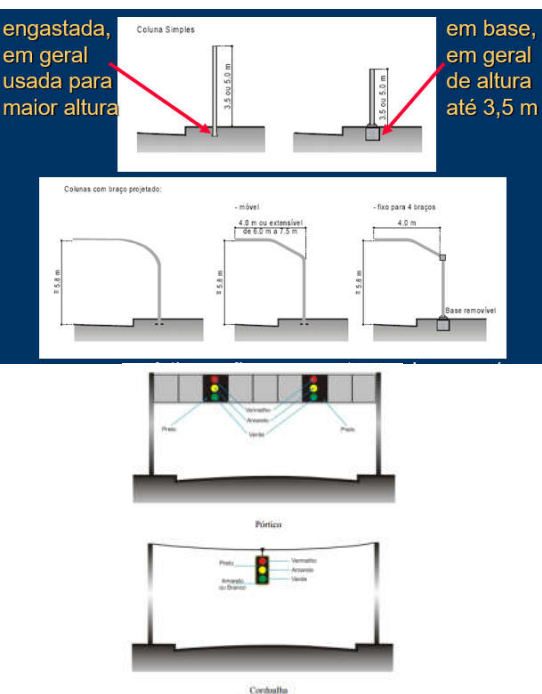
A exigência para a existência de sinal sonoro para pedestres em semáforos também tem aumentado no tempo mas de forma ambígua. Inicialmente (na Lei de Acessibilidade de 2000) exige-se sua implantação pelo menos nas vias de grande circulação e que dessem acesso a serviços de reabilitação (atualmente existem documentos infra-legais que parecem extrapolar seu escopo e enunciam uma obrigatoriedade geral que é difícil de cumprir, particularmente porque até os grupos focais de pedestres não são geralmente exigidos; em princípio, a regulamentação infra-legal cabe ao CONTRAN apenas).

A discussão sobre os planos semafóricos, incluindo as opções de estágios específicos para conversões (permitidas ou protegidas) e/ou pedestres, sejam obrigatórios ou opcionais, com tempo fixo ou variável, incluindo a identificação das fases/grupos semafóricos (a unidade de controle do equipamento) e os grupos de tráfego (a unidade de operação e de sinalização do tráfego) é objeto da análise do controle de tráfego (como a própria necessidade do semáforo e seus detectores). Em princípio, a utilização de semáforo justifica-se onde há capacidade insuficiente na via secundária (atrasos excessivos, impaciência) e inexistência de outras opções para tornar a operação adequada ou onde há potencial de acidentes eliminável por semáforo (especialmente relacionado com conflitos de cruzamento e travessia) sem correção alternativa, quando o impacto na via principal é compatível com melhoria da via secundária, ponderando os fluxos das vias (com semáforos adjacentes, impacto pode ser minorado com sincronização e evita perda de capacidade). Os critérios devem ser aplicados para veículos e também para pedestres ou ciclistas, ponderando que semáforos desnecessários geram desobediência, deseducação e ineficiência na operação do tráfego.

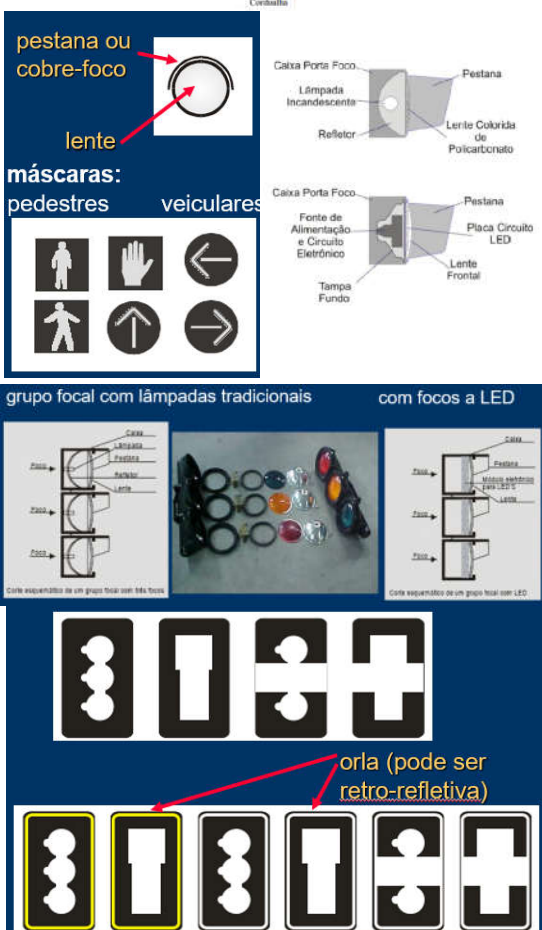
O manual de sinalização semafórica do CONTRAN instituído pela Resolução 483/2014 contém uma razoável discussão sobre a decisão de semaforizar e sobre a temporização ou parametrização dos semáforos, particularmente para o caso veicular mas também para pedestres (incluindo a necessidade de usar focos de pedestres ou recomendação de estágios de pedestres exclusivos ou protegidos ou a conveniência de adotar travessias em Z, deslocadas ou ilhas de pedestres). A discussão é tradicional, e em certos casos restrita (requerendo análise complementar), mas propõe diversos critérios que devem ser analisados e seguidos, sempre que possível. A discussão distingue situações relativas a locais existentes ou em projeto. Para locais existentes, indica critérios de instalação por acidentes (mais de 7 acidentes veiculares ou 3 atropelamentos em 3 anos ou 3 acidentes veiculares ou 2 atropelamentos nos últimos 12 meses) e por espera (para veículos se $Q.E > 14000v.seg/h$, estudar se $Q.E > 6000v.seg/h$; para pedestres se $P.E_{1\%} > 4750p.seg/h$, com focos de pedestres, estudar se $P.E_{5\%} > 4750p.seg/h$, onde Q é o fluxo veicular, P é o fluxo de pedestres, E é o tempo de espera médio, $E_{1\%}$ e $E_{5\%}$ são percentis inferior (5% ou 10%) e superior (90% ou 95%) do tempo de espera (propõe também critérios para remoção de semáforos, baseados em estágios vazios). Para locais em projeto, recomenda critérios similares de espera com base em estimativas teóricas e critérios de segurança baseados em análise qualitativa (quando não há possibilidade de análise detalhada, recomenda usar os critérios de fluxo do Manual sobre Padronização de Dispositivos de Controle de Tráfego dos EUA, o MUTCD-*Manual On Uniform Traffic Control Devices*, de 2003).

Res.483/2014-limites para semaforização:
 - atropelamentos: 3 em 3anos ou 2 em 1ano!
 - 4750ped.seg/hora: 190ped/h*25seg/ped!
 - acid.veiculares: 7 em 3anos ou 3 em 1ano!
 - 6000v.seg/hora: 400v/h*15seg/v!
 - 14000v.seg/hora: 400v/h*35seg/v!

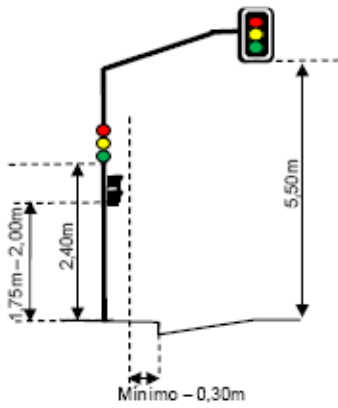
A discussão da sinalização semafórica, que interessa aqui, restringe-se a definir a comunicação adequada das indicações luminosas aos usuários da via (controlados, de alguma maneira, pelo semáforo). Em princípio, o projeto de sinalização semafórica pode ser relacionado com três aspectos principais: definição da estratégia adequada de posicionamento dos grupos focais (antes ou depois do cruzamento, uso de retenções paralelas), projeto da sinalização semafórica (posicionamento e verificação da visibilidade dos grupos focais principais e secundários, locação dos detectores veiculares e de pedestres, uso de dispositivos auxiliares), projeto da instalação semafórica (posicionamento do controlador semafórico e projeto da instalação elétrica do semáforo, aérea ou enterrada).



Em princípio, todo semáforo é composto por um controlador semafórico instalado junto ao cruzamento (em geral numa posição que tem visão clara de toda área de conflito do cruzamento para permitir a eventual operação manual durante etapas de teste ou incidentes) e diversos grupos focais que controlam o movimento dos diferentes grupos de tráfego existentes na interseção semaforizada (pelo menos um grupo de focal por grupo de tráfego mas, em geral, com redundância para os grupos de tráfego principais que recebem outro grupo focal ou, pelo menos, um grupo focal com foco vermelho duplo). Os grupos focais são instalados em suportes verticais, em geral postes simples ou braços projetados (no Brasil é raro ver semáforos instalados em cordalhas, pórticos ou outra fixação), podendo-se fixar mais de um grupo focal em um mesmo suporte (em particular, os grupos focais secundários podem ser fixados na coluna de braços projetados dos grupos focais principais correspondentes e, quando existem, os grupos focais de pedestres podem normalmente ser fixados nos suportes dos grupos semafóricos veiculares transversais).



Os focos individuais tem um invólucro (porta-foco) para ligação elétrica com a fonte de luz, tradicionalmente lâmpadas incandescentes comuns ou lâmpadas halógenas (que tem maior durabilidade), mais recentemente substituídas por bolachas de LED ou lâmpadas de LED (muito mais econômicas e duráveis). As lâmpadas incandescentes, halógenas ou de LED usam soquetes comuns e um refletor projetado para guiar a luz para a lente do foco. Neste esquema tradicional, são as lentes que dão a cor a cada foco (vermelho, amarelo, verde) e eventualmente são colocadas máscaras sobre a lente para produzir as imagens que se quer exibir (que são portanto fixas). Nos focos com bolachas de LED, os LEDs têm normalmente cores específicas e são formados por bolachas com cerca de 36 LEDs, dispensando refletores (as lentes podem ser incolores) e permitindo exibir imagens e mensagens variáveis (e dinâmicas como no caso de contadores regressivos). Em ambos os casos, pode-se usar pestanas sobre os focos para reduzir a incidência da luz solar (que gera reflexo especular e reduz a percepção de cor). As lentes são vedadas nos focos e os focos são vedados nos grupos focais, constituindo uma unidade impermeável. Os grupos focais também podem receber anteparos foscos, eventualmente envolvidos por orlas retro-refletivas, para aumentar o contraste luminoso gerado pela luz dos focos semafóricos e aumentar a conspicuidade dos grupos focais (a faixa horizontal na posição média do anteparo auxilia a identificação da posição do foco aceso no grupo focal por portadores de daltonismo).



O posicionamento dos grupos focais e seus suportes obedecem a requisitos simples. No Brasil, todos os elementos do semáforo devem ter um afastamento mínimo de 0,30m do meio-fio, recomendando-se um afastamento de 0,80m para as colunas dos suportes e de 1,20m para as botoeiras de pedestres. Os grupos focais de pedestres devem ter uma altura entre 1,75m e 2,0m (também para ciclistas). Os grupos focais veiculares devem ter uma altura recomendada de 2,40m em coluna simples (entre 2,30m e 2,50m) e 5,50m em braço projetado (entre 4,60m e 5,50m, exceto quando há tipos de veículos especiais). Nas condições usuais, fundação com uma coluna engastada pode ter apenas um braço projetado, com até 3 grupos focais, e uma coluna fixada em base de concreto pode ter até quatro braços ortogonais, cada um com até 2 grupos focais (deve-se naturalmente verificar condições atípicas). Em geral os braços projetados tem extensão padronizada de 4,0m (podendo-se especificar extensão prolongada de 6,0m a 7,5m quando for importante para melhorar a visibilidade do grupo focal à distância). Condições especiais de fixação devem ser verificadas e projetadas especificamente.

As condições de visibilidade dos grupos focais também são simples de verificar e utilizar para posicionar os grupos focais (sempre que não puderem ser atendidas com apenas um grupo focal, é necessário utilizar grupos focais repetidores ou secundários). Para cada grupo de tráfego, de cada faixa de aproximação usual, deve-se verificar 2 condições: a visibilidade à distância (que deve permitir ter o grupo focal no cone de visão central de 10° do condutor da distância de visibilidade de parada com o limite de velocidade ou um percentil conveniente da distribuição de velocidades praticadas no local) e a visibilidade na linha de retenção (que deve permitir visualizar o grupo focal da primeira posição da fila no cone de visão de 20° que normalmente corresponde ao limite dos para-brisas convencionais na dimensão vertical). A condição de projeto deve ser verificada para a faixa mais desfavorável (na linha de retenção, somente a condição vertical precisa ser verificada), assumindo um veículo de projeto adequado (em geral o automóvel). O grupo focal visível à distância é chamado de grupo focal principal (pode ter de haver mais de um grupo focal principal). Os grupos focais adicionados apenas para prover visibilidade da linha de retenção ou para prover redundância da indicação luminosa são os grupos focais secundários (ou repetidores).

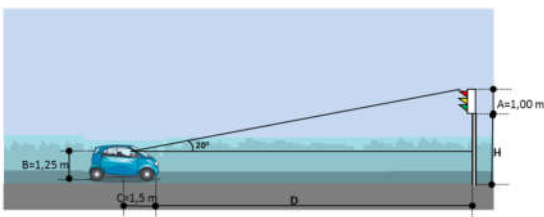
Distância de Visibilidade de Parada no Semáforo em Função da Velocidade

VELOCIDADE (km/h)	DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE DE PARADA(m)
30	20
40	32
50	46
60	63
70	82
80	105

No Brasil, os critérios atuais são bastante liberais. A distância de visibilidade de parada, admitindo parâmetros usuais (tempo de reação de 1seg e frenagem efetiva de $3m/s^2$ na Resolução 483/214) pode ser tabelada em função da velocidade de aproximação (tomada como igual ao limite de velocidade). O afastamento máximo do grupo focal principal em relação ao eixo da faixa de tráfego considerado deveria ser menor que $a_{m\acute{a}x} = tg\alpha \cdot d_v$ mas a Resolução 483/2014 admite um cone de visão de 20° mesmo para a visibilidade à distância, que pode ser traduzido em $tg20^\circ = 0,364$ ($tg10^\circ = 0,176$). Na linha de

retenção, verifica-se a distância $d_r > \frac{H + A - B}{tg\alpha} - C$ entre a linha de

retenção e o grupo focal, onde a Resolução 483/2014 adota $A = 1,0m$, $B = 1,25m$, $C = 1,5m$ para autos como condição de projeto (recomendando $d_r \leq 30,0m$; se a limitação não é atendida pode-se reduzir a altura do grupo focal), e admite o cone de visão de 20° para grupo focal em braço projetado e 30° para grupo focal em coluna simples (com $tg30^\circ = 0,577$). A visibilidade dos grupos focais não parece, portanto, ser considerada uma questão crítica.



Distância da Linha de Retenção ao Grupo Focal

DISTÂNCIA DA LINHA DE RETENÇÃO (D)	MÍNIMA (m)	MÁXIMA (m)
Semáforo em coluna simples (H=2,40m)	4,50	30,00
Semáforo projetado sobre a via (H=5,50m)	13,00	30,00

Na verdade, deve-se reconhecer que aspectos relacionados com a conspicuidade ou confundimento dos grupos focais são tão ou mais importantes que a sua visibilidade para a segurança viária nas interseções semaforizadas.

No entanto, a questão mencionada acima é menos polêmica porque os aspectos relacionados com visibilidade dos grupos focais estão subjacentes em uma série de critérios práticos recomendados para seleção dos tipos de suporte e seu posicionamento padrão. Por exemplo, na Resolução 483/2014 recomenda-se que:

- para vias com largura até 5,0m (isto é, 1 faixa) deve-se utilizar um grupo focal em coluna simples (à direita ou à esquerda mas com foco vermelho duplo, para obter a redundância mínima);
- para vias com largura superior até 8,0m (isto é, 2 faixas) deve-se utilizar dois grupos focais (um em cada lado), sendo um deles projetado se ambos forem à direita (por exemplo, em vias de mão dupla sem canteiro central);
- para vias com largura superior até 12,0m (isto é, 3 faixas) deve-se utilizar o grupo focal à direita em braço projetado e grupo focal à esquerda em coluna simples (em vias de mão dupla sem canteiro central, ambos os focos teriam ser eventualmente fixados em um braço projetado alongado);
- para vias com largura maior que 12,0m (isto é, com 4 ou mais faixas) deve-se usar dois grupos focais (um em cada lado), ambos em coluna com braço projetado (ou um braço projetado alongado; cordoalhas e pórticos são uma opção aos braços projetados ou ao braço projetado alongado);

(critérios similares aplicam-se a grupos veiculares direcionais, no seu lado específico mas com linha de retenção alinhada no canteiro central deve-se usar grupos focais posteriores na via transversal como repetidores para dar visibilidade da linha de retenção).

É fácil de perceber que estes critérios aplicam braços projetados (e braços projetados alongados) onde o requisito de visibilidade à distância é provavelmente mais crítico (nas vias com mais faixas e maior velocidade em geral).

Deve-se observar que os critérios de posicionamento para grupos focais de pedestres são similares e muito mais simples (o que também se aplica para a seleção do tipo de suporte). Na Resolução 483/2014, o critério básico para grupos focais de pedestres é o posicionamento preferencialmente próximo ao meio da travessia, voltada para seu eixo, em uma posição de mínima interferência com os fluxos de pedestres. Os critérios da Resolução 483/2014 baseados na largura (lateral) da travessia recomendam:

- para largura da travessia até 8,0m deve-se usar um grupo focal em qualquer posição (a posição central reduz largura efetiva);
- para largura superior até 12,0m deve-se usar um grupo focal central ou um em cada lado da travessia;
- para largura superior a 12,0m deve-se usar um mínimo de dois grupos focais, distribuídos na largura;

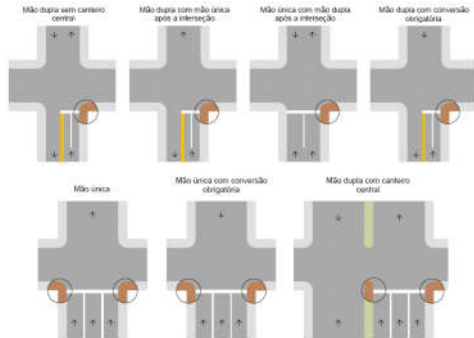
(não há um critério formal para visibilidade dos grupos focais de pedestres; existe uma recomendação de evitar ângulos de visada superiores a 15° ou 25° para grupos focais compostos por bolachas de LED em geral, mas que é mais aplicável para semáforos de pedestres).

Com os resultados apresentados acima, pode-se retomar a discussão sobre o projeto da sinalização semaforica (será tratado apenas o caso da sinalização de regulamentação que é mais complexo).

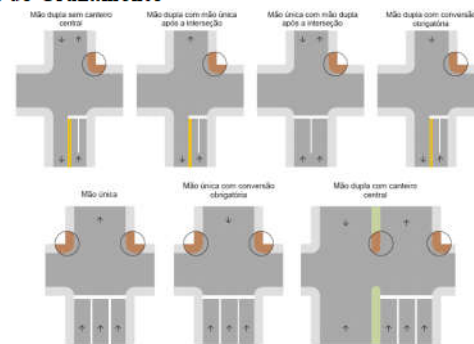
A questão de selecionar uma estratégia adequada de posicionamento dos grupos focais é bastante importante. No Brasil há uma variação grande entre cidades na preferência entre o posicionamento básico antes da interseção (a tradição predominante na Europa) ou após a interseção (a tradição dos EUA, que é adotada em São Paulo). Ambos os posicionamentos básicos têm vantagens e desvantagens e devem considerar casos especiais em que a opção básica tem de ser alterada ou aplicada com cuidados adicionais, como resumido a seguir:

Áreas-Padrão para Posicionar Grupos Focais-CET/Sp:

Antes do Cruzamento



Depois do Cruzamento



Vantagens:

Antes do Cruzamento

- pela menor distância entre os focos e a linha de retenção: menor risco de confundimento de focos de interseções próximas; focos mais visíveis na linha de retenção, se adequadamente no campo de visão; maior distância até a área de conflito da interseção;
- impossibilidade de visualização dos focos das aproximações transversais (maior respeito...);
- maior respeito à faixa de pedestres (avanço sobre ela dificulta a visualização dos focos na retenção...).

Desvantagens:

- visibilidade na linha de retenção pode exigir mais grupos focais (repetidores à baixa altura também do lado direito);
- normalmente exige focos de pedestres;
- menor espaço para acumular filas de veículos (pelo recuo da linha de retenção);
- pode transmitir insegurança em cruzamentos largos ("vôo cego": condutor não vê os focos durante o cruzamento);
- pode exigir maior número de elementos de sustentação, pela dificuldade de aproveitar a mesma coluna para braços projetados de aproximações diferentes.

Depois do cruzamento

- melhor visibilidade dos focos na linha de retenção (com menos repetidores);
- mantém o motorista informado após a passagem pela retenção (não existe o "vôo cego") e é visível para o pedestre;
- maior espaço para acumular veículos;
- em geral exige menor número de colunas (uma mesma coluna pode sustentar braços projetados voltados para mais de uma aproximação) e de grupos focais (menos repetidores), em especial se grupos focais de pedestres não são exigidos por outros critérios.

- pela maior distância da entre os focos e a linha de retenção: maior risco de confundimento de focos de interseções próximas e menor conspicuidade;
- possibilidade de que os motoristas visualizem os focos das vias transversais (pode gerar confundimento ou comportamento de antecipação...);
- menor respeito às faixas de pedestres;
- maior número de casos que exigem tratamento de exceção: antecipar em interseções complexas ou oblíquas, com interseções próximas, quando curvas "escondem" os focos...

O manual de sinalização semafórica do CONTRAN instituído pela Resolução 483/2014 também contém uma razoável discussão da questão geral (polêmica) e dos casos particulares (importantes). Em princípio, cada região tem um padrão preferido e cumpre principalmente identificar os casos em que é preciso alterar o padrão ou tomar cuidados especiais na instalação. Em regiões em que é adotado o posicionamento padrão depois da interseção deve-se verificar especialmente a necessidade de alterar o padrão em interseções onde há um alinhamento vertical ou horizontal que dificulta a visibilidade dos grupos focais (e recomenda sua antecipação). Em regiões em que é adotado o posicionamento padrão antes da interseção deve-se verificar especialmente a necessidade de alterar o padrão em interseções em que a extensão de armazenamento de filas é pequena ou os problemas decorrentes da falta de visibilidade dos grupos focais na área do cruzamento é grave (a falta de grupos focais de pedestres também produz um efeito similar mas, neste caso, a solução normal é sua instalação).

Em ambos os casos, o principal risco pode ser atribuído à existência de grupos focais de linhas de retenção próximas (em um ou outro padrão) que podem gerar o risco de confundimento (o que recomendam adotar o posicionamento antecipado na primeira retenção e o posicionamento postergado na segunda retenção).

Definido um posicionamento básico, em geral adota-se como princípio básico que cada linha de retenção deve ter uma única linha focal (linha imaginária perpendicular à aproximação, definida pelo alinhamento das colunas de sustentação dos grupos focais de um mesmo grupo de tráfego), de forma a transmitir uma percepção homogênea de distância ao usuário da via. Sempre que possível grupos de tráfego distintos de uma mesma aproximação (isto é, movimentos que recebem tratamento semafórico distinto) devem ter faixas segregadas e linhas de retenção específicas (eventualmente separadas entre si por ilhas de canalização) para evitar interações de bloqueio nos períodos em que os movimentos

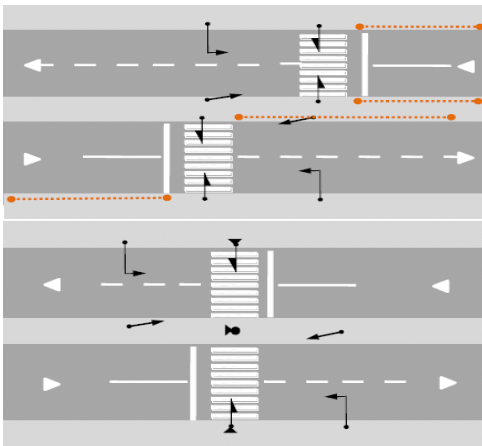
não operam simultaneamente e para transmitir uma expectativa consistente aos usuários da via (particularmente para pedestres que não podem prosseguir em etapas contíguas da travessia). O compartilhamento da linha de retenção por grupos de tráfego distintos de uma mesma aproximação pode ser admitido quando não acarreta problemas de segurança importantes (particularmente para os pedestres que atravessam diante de uma mesma linha de retenção que tem fluxos operando em períodos distintos do tempo). Em vias com canteiro central, a linha de retenção pode ser posicionada longitudinalmente no canteiro quando não há fluxo vindo da via transversal ou quando a largura do canteiro tornar possível acumular uma fila intermediária de veículos (mais de 6,0; preferencialmente mais 8,0 m, incluindo a largura correspondentes às faixas destinadas para estacionamento junto ao canteiro), devendo-se ter cuidado especial para evitar o risco de visualização incorreta de grupos focais próximos.

O conceito de área padrão também é definido para simplificar o posicionamento e criar uma expectativa consistente nos usuários da via sobre onde os grupos focais são posicionados. Em geral, a área padrão fica à direita das vias, projetado transversalmente sobre a pista de rolamento em vias de 2 ou mais faixas/sentido. Em vias com mais de 2 ou 3 faixas, deve haver repetição dos grupos focais em uma área padrão à esquerda (projetado sobre a pista de rolamento em vias com 4 ou mais faixas). Deve-se naturalmente verificar se os grupos focais posicionados nas áreas-padrão são adequadamente visíveis à distância e da linha de retenção e transmitem a percepção de distância uniforme ao semáforo (à linha de retenção, onde se deve parar), ajustando-se o posicionamento para obter estas propriedades se necessário. O posicionamento básico pode também ser alterado onde as vantagens do posicionamento alternativo forem importantes para a segurança viária. Por exemplo, o posicionamento padrão antes do cruzamento em geral exige o recuo da linha de retenção mas obtém assim maior respeito às faixas de pedestre (eventualmente um aspecto relevante) ou o posicionamento antes do cruzamento apenas dos focos que controlam conversões podem dar maior conspicuidade ao tratamento semafórico específico sem reduzir a eficiência dos focos principais postergados. Em geral, insegura é a interseção com grupos focais insuficientes ou mal posicionados (não com um ou outro posicionamento básico!).

A conspicuidade dos grupos focais é também um aspecto muito importante. Para grupos focais veiculares, o risco de falta de conspicuidade é relevante e depende das interferências visuais no entorno do semáforo (mesmo com a colocação em uma área padrão compatível com a expectativa do usuário da via). Pode-se melhorar a conspicuidade, progressivamente, selecionando suporte com braço projetado (também melhor visibilidade), grupos focais de vermelho com foco duplo (também adiciona redundância) ou foco vermelho maior (de 300 mm, que entretanto não adiciona redundância), usando anteparo (com foco simples ou duplo, com orla retro-refletiva preferencialmente), com duplicação do grupo focal (também adiciona redundância), com grupos focais de ciclo visual (normalmente maiores), ou com uso de mais repetidores (também adiciona redundância e melhor visibilidade). Como anteriormente mencionado, o posicionamento antecipado (antes da interseção ou pelo menos no canteiro central, quando a via transversal é larga) em geral aumenta a conspicuidade e pode ser preferido por este motivo. Pode-se também buscar, naturalmente, eliminar interferências visuais no entorno do semáforo (após verificar se não existem obstruções à visibilidade). Para grupos focais para pedestres, o posicionamento é normalmente definido mais em função da conspicuidade do que da visibilidade propriamente dita, selecionando locais para as colunas semafóricas nas

posições com menores interferências visuais, preferencialmente no ponto médio da largura da faixa de travessia, se possível (pode-se utilizar postes próprios, postes de iluminação, de controladores, que seriam fatores de interferência visual). Para travessias estreitas (com faixas de pedestres estreitas menores que 4,0m), qualquer ponto na largura da faixa ou adjacente à faixa, em geral, é satisfatória. Pode-se melhorar a conspicuidade utilizando um grupo focal maior e/ou uma placa educativa de orientação sobre o semáforo ou foco de pedestre (naturalmente, deve-se considerar também reposicionar o grupo focal ou eliminar as interferências visuais, se necessário).

No manual de sinalização semafórica do CONTRAN instituído pela Resolução 483/2014, o uso de grupos focais para pedestres é obrigatório em travessias semaforizadas em meio de quadra e quando há fluxo de pedestres significativo (definido pelo o critério de atraso acumulado maior que 4750 ped.seg/hora, mesmo que o semáforo tenha sido instalado por outro critério). Em outros casos, antes deve ser definida a conveniência de implantar os grupos focais para pedestres, em geral considerando a visibilidade para o pedestre dos focos veiculares (especialmente quando antecipados), a extensão da travessia (quando mais longas), a (in)existência de dispositivos de proteção para pedestres (como refúgios), semáforo com mais de 2 estágios (quando afetam travessias de pedestres), e a presença de pedestres com dificuldade de locomoção (idosos, crianças, ...). Para travessias em duas etapas (em estágios distintos) com canteiro de largura maior que 1,50m, a Resolução 483/2014 recomenda adotar posição desalinhada para as faixas de pedestres, se obrigatório ou conveniente, usar grupos focais em todas as etapas, com trajeto contrário ao tráfego entre as faixas. Se o espaço no canteiro não permitir travessia em etapas, deve-se usar grupos focais apenas nas extremidades da travessia (mas pode ser necessário usar botoeira no canteiro se há o risco de reter o pedestre no canteiro). As botoeiras devem sempre ser posicionadas para serem claramente associadas à cada travessia (distância máxima de 1,20m do meio-fio e altura de 0,80 a 1,20m) e a placa com mensagem educativa no mesmo poste do grupo focal é obrigatória, segundo a Resolução 483/2014.



Há também recomendações gerais para grupos focais para ciclistas. Genericamente, relaciona o uso de grupos focais específicos para ciclistas com a necessidade de utilizar estágios específicos de atendimento aos ciclistas nos semáforos (remete a um manual específico, futuro, para outros aspectos). Discute o uso de grupos focais específicos para ciclistas em áreas de cruzamentos rodo-ciclovitários (implantadas na via, embora use o termo travessia) e menciona requisitos de visibilidade em toda a área do cruzamento rodo-ciclovitário (com sinalização horizontal vermelha), recomendando posicionar as colunas dos grupos focais para ciclistas nas extremidades das “travessias”, instalando pelo menos um grupo focal para cada sentido de tráfego, atendendo aos critérios de visibilidade no cruzamento rodo-ciclovitário, evitando conflito com indicações luminosas para os demais veículos e pedestres, e dando conforto dos ciclistas ao interferir minimamente com sua circulação (preservando o acesso de pedestres às guias rebaixadas, em calçada compartilhada).

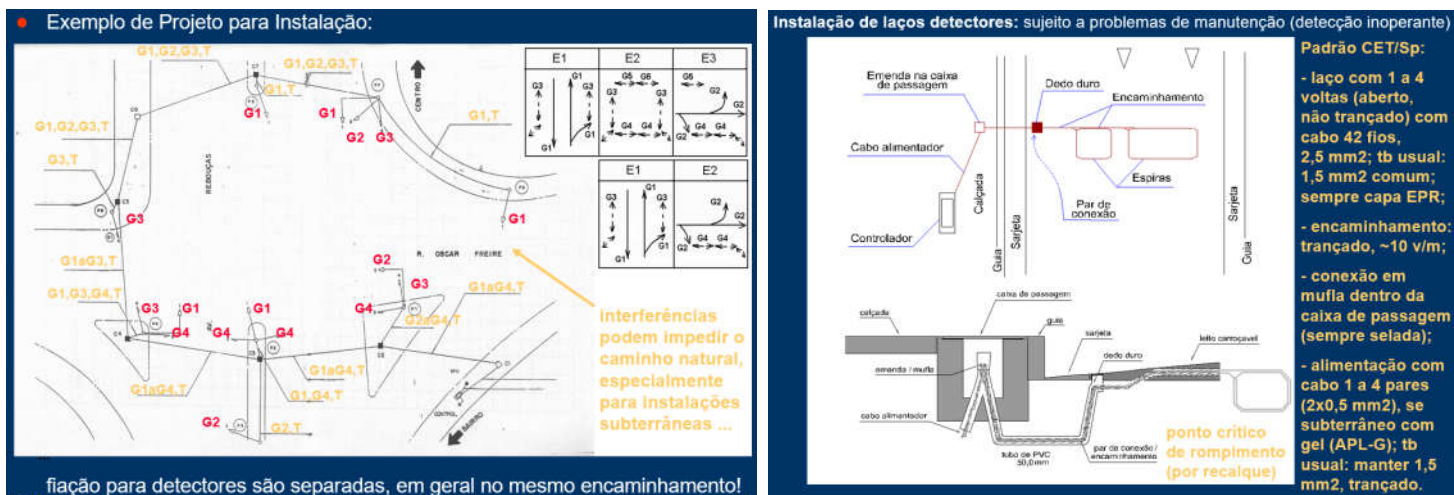
Por fim, deve-se executar o projeto elétrico da instalação semafórica. (posicionamento do controlador semafórico e projeto da instalação elétrica do semáforo, aérea ou enterrada) Na maior parte, a instalação semafórica é uma instalação elétrica de baixa tensão convencional (aplicam-se, aliás, os requisitos da NBR 5410), com alimentação da rede elétrica convencional em corrente alternada normal (110/127/220V, conforme a região) aos controladores semafóricos. A

distribuição de energia aos grupos focais também é normalmente feita em corrente alternada normal (mesmo para focos com bolacha de LEDs, em que existem os dispositivos de abaixamento de tensão e retificação para corrente contínua). Módulos especiais podem ter formas de alimentação ou distribuição distintas, como ocorre com os módulos de detecção veicular baseados em laços indutivos (os controladores alimentam diretamente os módulos de detecção seguindo a especificação dos fabricantes e comunicação entre o módulo de detecção e os detectores é feito em baixa voltagem, em corrente alternada de 10 a 100 KHz que é utilizada para gerar o sinal analógico de detecção que o módulo de análise transforma em sinal digital a 6V).

A alimentação do controle semafórico e a distribuição de energia aos grupos focais pode ser feita por rede aérea ou subterrânea. A utilização de rede aérea tem como vantagens a rapidez de instalação e o menor custo de implantação (usando mão de obra comum e materiais usuais como cabos 4x1,5mm² e 8x1,5mm² para grupos focais, cabo de 4mm² para fio terra) mas tem as desvantagens de apresentar um maior índice de falhas, produzir interferência visual e exigir veículo-escada para manutenção (além de eventualmente exigir colunas “cegas” para apoiar a fiação em vãos longos). A utilização de rede subterrânea tem, por outro lado, como vantagens a maior vida útil da instalação, o menor índice de falhas e a menor interferência visual, além da facilitação do aterramento das colunas e grupos focais e da maior facilidade de manutenção, e como desvantagens ter maior tempo de implantação e maior custo de instalação (cerca de 10 a 20 vezes maior, exigindo materiais mais resistentes, como cabo sintenax para grupos focais em dutos de PVC de 100mm em valas de com largura de 30cm e profundidade de 70cm, cabo de 6mm² para fio terra). A instalação de detectores com laços indutivos exige equipamentos específicos, particularmente de uma máquina de corte do pavimento que usa discos diamantados (2 a 3 discos para obter uma fenda de 1,5cm a 2,0cm com profundidade de 50cm a 55cm para instalação de 3 a 5 voltas do condutor para sua ligação com o módulo de detecção, normalmente no gabinete do controlador semafórico), tendo-se que secar e limpar as fendas antes da passagem dos fios (com pares 2x0,5mm² trançados com 10volts/metro fora do laço indutivo, em dutos de PVC de 50mm, normalmente enterrados, com caixas de passagem espaçadas de menos de 30m e preenchimento da abertura com lama asfáltica ou outro material com fluidez adequada). O aterramento é em geral feito com um eletrodo enterrado na base da coluna de suporte dos controladores e dos grupos focais. Os controladores podem ser fixados em postes semafóricos ou de iluminação por braçadeiras ou com bandejas de apoio (os de maior porte podem ser apoiados em base própria de concreto). Pode-se usar um aterramento comum mas atualmente é mais usual utilizar um aterramento para cada suporte e seus grupos focais. Para reduzir a manutenção exigida, muitos órgãos adotam especificações mais rígidas que permitem obter mais durabilidade e menor frequência de falhas.

O dimensionamento dos circuitos elétricos também segue os preceitos convencionais (novamente aplicando-se os requisitos da NBR 5410). A potência consumida varia em geral entre 1000W a 3000W e depende fundamentalmente do consumo pelos grupos focais e sua fonte de luz (por grupo focal: 100W para lâmpadas incandescentes, 50W para lâmpadas halógenas, veiculares ou de pedestres, 20W por lâmpada ou bolacha de LED veicular e 15W por lâmpada ou bolacha de LED para pedestres, para semáforos normais com 1 foco ativo; alguns semáforos de ciclo visual usam 2 focos ativos por grupo focal e tem o dobro do consumo normal). Os demais componentes semafóricos tem potência consumida menor (que depende do fabricante e da complexidade da

instalação) de cerca de 30 a 100W (5 a 10W para módulo de controle, 5 a 10W para módulo de comunicação, 4W ou 6W para módulos de detecção de 2 ou 4 detectores, 1 a 5W para módulos de potência com 2 fases/grupos semafóricos ou até 10W em semáforos antigos). Por exemplo, para um controlador com 2 grupos semafóricos correspondentes a 4 grupos de tráfego com grupos focais principais e repetidores com lâmpadas halógenas (focos ativos: $8 \times 50 = 400W$, mais módulo de controle e de comunicação: $75W + 10W$, módulos de potência: $1 \times 5W$), a potência consumida seria de $400W + 10W + 10W + 5W = 425W$ (a estimativa expedita seria $400W + 100W$ do controlador). Com alimentação em 110V, a corrente elétrica seria de $500W / 127V = 3,94A$ ($0,394A$ por foco ou grupo focal e $1,567A$ por grupo semafórico, podendo utilizar um dispositivo de proteção de 10A). Aplicam-se também os esquemas usuais de aterramento e proteção (eletrodo na base do suporte do controlador, com aterramento do neutro e controlador; esquema TN-S ou TN-C-S: fio terra levado aos grupos focais e suportes; disjuntor DR antes dos disjuntores de proteção de alimentação das fases, ...). A distribuição segue os padrões usuais e deve ser especificado em projeto de forma consistente com o controle semafórico programado. Do ponto de vista elétrico, a instalação dos detectores é em geral independente (em geral no mesmo encaminhamento da fiação dos grupos focais) até sua conexão com o controlador semafórico.



A manutenção é importante para garantir a eficácia e a segurança da sinalização semafórica, recomendando-se a elaboração de um plano de manutenção preventiva, corretiva e emergencial, incluindo: definição da periodicidade dos procedimentos e da relação de itens a serem verificados (funcionamento do equipamento, posicionamento dos grupos focais que podem ser deslocados por efeitos de ventos ou outro fatores, estado das conexões e seus isolamentos, da fixação das colunas e braçadeiras; deve ser realizada também a limpeza de todo o conjunto, particularmente das lentes dos grupos locais, e a retirada de interferências relacionadas com elementos de publicidade, edificações/vegetação que afetem a visibilidade ou conspicuidade da sinalização), e definição de formas e meios de acionamento de outras equipes e organização dos almoxarifados com material de reposição; definição de formas e meios de garantir a segurança dos trabalhadores e realizar a sinalização durante atividades de manutenção; definição de dados a serem registrados e de relatórios a serem emitidos (particularmente de falhas do equipamento e de acidentes de trânsito).

5.4.3.2 Aplicações de Sinais de Mensagem Variável

Ao contrário da aplicação em semáforos, os sinais e/ou painéis de mensagem variável são uma das aplicações mais recentes e menos consolidadas em sinalização viária. Paradoxalmente, é provavelmente

uma das formas mais propensas a ficarem obsoletas em função do desenvolvimento recente das tecnologias de comunicação veículo a veículo (V2V) e veículo a via (V2I) por cobrirem a mesma necessidade de prover informação variável em tempo real (aspecto para o qual os sinais e painéis variáveis representam uma forma discreta no espaço e de custo significativo, ao contrário das tecnologias a serem embarcadas nos veículos, que provavelmente terão custo reduzido e permitirão o contato contínuo com os veículos).

Na forma atual, no entanto, os sinais e painéis variáveis ainda são uma alternativa imediata para implementar sistemas de sinalização variável.

Ao contrário do que se possa pensar, a sinalização variável baseada em sinais e/ou painéis de mensagem variável não esteve originalmente relacionada com recursos de sinalização luminoso ou comunicação por rádio, micro-onda, ou outras formas eletromagnéticas, como se apresenta atualmente. A evolução inicial envolveu a utilização de sistemas mecânicos com sistemas rotativos de mudança da face exibida no painel ou sinal variável que nunca se disseminaram de forma relevante nas aplicações reais (provavelmente em decorrência da pequena capacidade de variação de mensagem, face ao custo e confiabilidade dos sistemas mecânicos utilizados). Ao contrapor esta forma inicial com as formas atualmente existentes (que após uma curta evolução que passou por sistemas baseadas em fibra ótica e cristais líquidos, consolidou-se nos sistemas baseados em LEDs e nas suas formas variantes atuais), pode-se perceber que a evolução foi intermediária e, em menor medida, os inconvenientes permanecem.

O aspecto que torna estes recursos uma aposta arriscada é o fato de que antes não havia meios alternativos como os que hoje são propostos através da concepção de arquiteturas com veículos conectados (algo futurista mas muito mais viável que veículos autônomos, numa escala provável de décadas pelo menos). Soma-se a este aspecto o fato de que os sinais e painéis de mensagem variável são ainda sistemas clássicos no sentido de serem sistemas auxiliares à condução que dependem do uso da informação provida pelos usuários da via e, além disso, depende da adequada transmissão da informação pelo meio visual (com desempenho superior aos dos meios de sinalização normal em condições noturnas mas inferior em condições diurnas).

Outra característica notável é bastante mais convencional: a dependência de uma fonte externa de energia (da rede elétrica). Apesar do desenvolvimento de fontes alternativas de energia (como a obtida dos painéis fotovoltaicos para conversão de energia solar) e da tecnologia de armazenamento (em baterias modernas), dependência da alimentação através da rede elétrica convencional permanece como fonte principal, uma característica compartilhada com outros sistemas como a iluminação externa ou interna de sinalização estatigráfica e, uma forma amplamente disseminada e claramente limitada em função dessa característica, a iluminação pública da via. Pela menos na área rural, grande parte da extensão viária opera sem iluminação pública, em função dessa necessidade de provisão. Na área urbana, onde a iluminação pública é muito mais disseminada, há o problema oposto da competição com outras fontes externas de luminosidade que gera um ambiente bastante difícil para fontes artificiais (pelo menos para o caso de sinais de mensagem variável que mantém as formas e dimensões convencionais dos sinais de trânsito ao invés de obter a dimensão e posição privilegiada dos painéis de mensagem variável que, por outro lado, determina seu custo muito mais elevado).

Mas, tendo uma ou outra visão sobre o futuro da utilização dos sinais e/ou painéis de mensagem variável, não deixa de ser instrutivo estudar certos aspectos estabelecidos sobre sua utilização. Por exemplo, pense num sistema de comunicação embarcado no veículo que exibisse sua imagem no para-brisa na mesma posição em que o condutor de um veículo vê a mensagem principal de um PMV. A menos da possibilidade de utilizar outros sentidos e do desempenho diferencial de uma e outra forma na produção do estímulo visual, a troca de mensagens entre o sistema de comunicação e o condutor do veículo teria um padrão similar. Naturalmente, o sistema embarcado teria a possibilidade de acompanhar cada veículo e de exibir mensagens específicas a cada condutor, mas o ritmo do fluxo de informações visuais e as restrições para rápida compreensão podem ser similares ou pelo menos representem um caso de interesse. De qualquer forma, os painéis de mensagem variável e, em menor grau, os sinais de mensagem variável são um recurso que pode ser aplicado hoje.

Não existe uma normatização específica sobre PMVs e SMVs no Brasil e a existente no exterior é claramente incipiente. Em geral é preciso combinar fontes de informação diversas para especificar de forma adequada um sistema usando PMVs e/ou SMVs. Na Europa, o principal documento que normatiza sistemas de mensagem variável, a norma europeia sobre Sinais de Tráfego com Mensagem Variável, a EN12966- *Fixed Vertical Signs - Variable Message Traffic Signs*, tem a vantagem de tratar simultaneamente de PMVs e de SMVs (aliás trata também de sinais iluminados externamente e internamente, em conjunto com a norma geral sobre Placas de Trânsito Viário Fixas, a EN12899-*Fixed, Vertical Road Traffic Signs*). Nos EUA não parece haver uma normatização oficial correspondente mas existem, por sua vez, princípios mais consolidados de aplicação, como os inseridos no próprio Manual sobre Padronização de Dispositivos de Controle de Tráfego dos EUA, o MUTCD-*Manual On Uniform Traffic Control Devices*, desde 2003. Estas são as fontes utilizadas até aqui (em conjunto com algumas poucas referências nacionais preliminares, como o Boletim Técnico 57 da CET/Sp-Companhia de Engenharia de Tráfego da Prefeitura do Município de São Paulo).

As exigências fotométricas para sinais de mensagens variáveis (SMVs e PMVs) podem ser compreendidos mais adequadamente ao relacioná-los com as exigências similares para iluminação específica (externa ou interna) para placas de trânsito. Na verdade, estes recursos são tradicionais mas pouco utilizados, provavelmente por representar um custo de funcionamento e um risco de falha evitáveis em muitos casos (melhorando a dimensão das placas ou sua retro-refletividade).

CrITÉRIOS tradicionais para iluminação externa das placas de trânsito aparecem, por exemplo, no Guia de Projeto de Iluminação Iluminação Viária, o RLDG-*Roadway Lighting Design Guide*, de 2005, da Associação Americana dos Órgãos Estaduais de Rodovias e Transportes, a AASHTO-*American Association of State Highway and Transportation Officials*, em função do nível de luminância ambiental, distinguindo luminosidade baixa (ambiente rural sem iluminação viária e de interseções), média (intermediária), alta (ambiente urbano com iluminação viária forte, sinais de propaganda, luzes de fachada e/ou estacionamento). A normatização europeia da EN12899-1:2007 é menos normativa do que descritiva e apenas distingue 5 níveis de iluminância (E1 a E5, os 3 primeiros correspondentes aos níveis requeridos para baixa, média e alta luminosidade ambiental pelos critérios do RLDG/AASHTO) e 3 níveis de uniformidade (UE1 a UE3, sendo o nível intermediário correspondente ao exigido pelo RLDG/AASHTO).

Recomendação para Iluminação Externa de Placas de Trânsito
RLDG-*Roadway Lighting Design Guide*, de 2005, da AASHTO

Luminosidade Ambiente	Nível Recomendado de Iluminância (lux)	Nível Recomendado de Luminância (cd/m ²)*
Baixa	100 a 200	22 a 44
Média	200 a 400	44 a 89
Alta	400 a 800	89 a 178

Obs.: uniformidade mínima 1:6; cromaticidade adequada;
* $\rho_D=0,7$ para branco; $L_D = \rho_D \cdot \frac{E_0}{\pi}$; $U_{E(L)} = \frac{E_{\min}}{E_{\max}}$

Crêterios para ilumina o interna das placas de trânsito (as placas translúcidas) não são discutidos no RLDG/AASHTO de 2005 mas a

EN12899-1:2007: Mean luminance L of transilluminated signs unit: $cd \cdot m^{-2}$

Colour	Class L1	Class L2	Class L3	Class LS
White	$40 \leq L < 150$	$150 \leq L < 300$	$300 \leq L \leq 900$	$10 \leq L < 40$
Yellow	$30 \leq L < 100$	$100 \leq L < 300$	$300 \leq L \leq 900$	$7.5 \leq L < 30$
Red	$6 \leq L < 20$	$20 \leq L < 50$	$50 \leq L \leq 110$	$1.5 \leq L < 6$
Blue	$4 \leq L < 10$	$10 \leq L < 40$	$40 \leq L \leq 80$	$1 \leq L < 4$
Green	$8 \leq L < 20$	$20 \leq L < 70$	$70 \leq L \leq 180$	$2 \leq L < 8$
Dark Green	$4 \leq L < 10$	$10 \leq L < 40$	$40 \leq L \leq 80$	$1 \leq L < 4$
Brown	$4 \leq L < 10$	$10 \leq L < 40$	$40 \leq L \leq 80$	$1 \leq L < 4$

Class LS may be used in those Member States using electro-luminescent material and is recommended for use only when the sign face material is translucent retroreflective.

EN12899-1:2007: Luminance contrast K of transilluminated signs

Colour	Blue	Red	Green	Dark Green	Brown
Contrast colour	White	White	White	White and yellow	White
Luminance contrast	$5 \leq K \leq 15$	$5 \leq K \leq 15$	$5 \leq K \leq 15$	$5 \leq K \leq 15$	$5 \leq K \leq 15$

EN12899-1:2007: Uniformity of luminance

Class	Maximum ratio
U1	1/10
U2	1/6
U3	1/3

$$L_0 = L_{\perp} \cdot K = R_L = \frac{L_d}{L_b} \text{ ou } \frac{L_b}{L_d}$$

películas de placas de trânsito, para permitir níveis similares de contraste para sinais exibidos com as formas convencionais (em contraste normal; a exibição em contraste inverso não   em geral uma op o considerada em placas iluminadas internamente).

As especifica es para SMVs e PMVs tem de combinar muitas das características mencionadas. A normatiza o europeia pode novamente ser utilizada para ilustrar os requisitos necessários. A

EN12966-1:2005+A1— Class designation of the photometric parameters of the VMS

Photometric parameter	Class designation	Remarks
Colour	C1, C2	C2 is the more restrictive
Luminance (L_d)	L1, L2, L3, L3(*)	L3 has the highest luminance (*) for specific situations
	L1(T), L2(T), L3(T)	These classes are for tunnel use
Luminance ratio (LR)	R1, R2, R3	R3 has the highest luminance ratio
Beam width	B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7	B7 has the widest beam

EN12966-1:2005+A1— Test angles for the various beam width classes

Beam width class	Test angles (degrees)	
	Horizontal	Vertical
B1	-5	0
	+5	0
	0	-5
B2	-7	0
	+7	0
	0	-5
B3	-10	0
	+10	0
	0	-5
B4	-10	0
	+10	0
	0	-10
B5	-15	0
	+15	0
	0	-5
B6	-15	0
	+15	0
	0	-10
B7	-30	0
	+30	0
	0	-20

EN12966-1:2005+A1:2009 estabelece características para luminosidade (L1, L2 e L3 para vias comuns, incluindo uma condi o L3* para sol oposto, e L1T, L2T, L3T para túneis), cromaticidade (C1 e C2), contraste luminoso (R1 a R3) e largura da banda de luz (B1 a B7). Os aspectos peculiares são a especifica o dos níveis de luminosidade requeridos para diversos níveis de ilumina o ambiental que cobrem condi es diurnas e noturnas (de 40000lux a 4lux; em túneis são considerados somente os níveis de 400lux a 4lux), para cada cor (de forma a garantir também contraste luminoso entre as cores), e a preocupa o particular com o contraste entre branco e amarelo (normalmente utilizados como cores luminosas contra mensagens em preto), quando   necessário diferenciar estas cores (neste caso, recomenda inclusive trocar a defini o das cores, que   feita utilizando as coordenadas no sistema CIE L^*ab de 1931, entre as classes C1 e C2 para melhorar a percep o

EN12966-1:2005+A1— Minimum luminance ratios (LR) for various colours and classes R1, R2 and R3, at test angles on the reference axis and off the reference axis

Colour	Minimum luminance ratio					
	R3		R2		R1	
	on reference axis	off reference axis	on reference axis	off reference axis	on reference axis	off reference axis
White	16,7	8,35	10	5	5	3
white/yellow	14,2	7,1	8,5	4,25	4,25	2,55
Yellow	10	5	6	3	3	1,8
Green	5	2,5	3	1,5	1,5	0,9
Red	4,2	2,1	2,5	1,25	1,25	0,75
Blue	1,7	0,85	1	0,5	0,5	0,3

$$L_{\perp}, LR = C_L = \frac{(L_{on} - L_{off})}{L_{off}}$$

EN12966-1:2005+A1— Luminance (La) limits, on reference axis, for the luminance classes L1, L2, L3 and L3(*)

Sign illumination (lx)	for white Luminance (cd/m^2)				for white/yellow Luminance (cd/m^2)			
	Minimum			Maximum	Minimum			Maximum
	L3	L2	L1	L1, L2, L3	L3	L2	L1	L1, L2, L3
40 000	12 400	6 200	3 100	62 000	10 540	5 270	2 635	52 700
10 000	12 400 (*)	-	-	-	10 540 (*)	-	-	-
4 000	2 200	1 100	550	11 000	1 870	935	468	9 350
400	600	300	150	3 000	510	255	128	2 550
40	250	200	100	1 250	213	170	85	1 065
≤ 4	75	60	30	375	64	51	26	320

Sign illumination (lx)	for yellow Luminance (cd/m^2)				for green Luminance (cd/m^2)			
	Minimum			Maximum	Minimum			Maximum
	L3	L2	L1	L1, L2, L3	L3	L2	L1	L1, L2, L3
40 000	7 440	3 720	1 860	37 200	3 720	1 860	930	18 600
10 000	7 440 (*)	-	-	-	3 720 (*)	-	-	-
4 000	1 320	660	330	6 600	660	330	165	3 300
400	360	180	90	1 800	180	90	45	900
40	150	120	60	750	75	60	30	375
≤ 4	45	36	18	225	23	18	9,0	115

Sign illumination (lx)	for red Luminance (cd/m^2)				for blue Luminance (cd/m^2)			
	Minimum			Maximum	Minimum			Maximum
	L3	L2	L1	L1, L2, L3	L3	L2	L1	L1, L2, L3
40 000	3 100	1 550	775	15 500	1 240	620	310	6 200
10 000	3 100 (*)	-	-	-	1 240 (*)	-	-	-
4 000	550	275	138	2 750	220	110	55	1 100
400	150	75	38	750	60	30	15	300
40	63	50	25	315	25	20	10	125
≤ 4	19	15	7,5	95	7,5	6,0	3,0	37,5

específica das cores). São aspectos especialmente relevantes para

condições diurnas, que complementam a preocupação usual com o contraste luminoso para condições noturnas. A especificação da amplitude da largura da banda de lux requerida em relação ao eixo perpendicular é também importante (a luminância pode variar de 50% a 150% da medida no eixo de referência perpendicular), pela característica direcional da emissão da luz de LED (que limita sua percepção adequada para ângulos maiores). Mas ainda faltariam aspectos fotométricos adicionais relacionados com a interferência com a luz solar e com a relação entre luminosidade e acuidade visual.

No Brasil, não há atualmente uma regulação sobre a aplicação de SMVs ou de PMVs e não é observada a prática de utilizar tais recursos para aplicar a sinalização de trânsito convencional. Parece haver a tendência, pelo menos em outros países, de assimilação de SMVs e PMVs a formas de exibição da sinalização vertical, nas suas diversas formas (inclusive prevendo padrões específicos de forma, como as de contraste invertido) ou de mensagens variáveis de forma flexível (que é a única forma usual no Brasil).



a) Example of (64 x 64) elements

a) Example of (64 x 64) elements

As especificações fotométricas, no entanto, representam apenas um aspecto das exigências a serem atendidas por SMVs e PMVs, dado que sua característica fundamental é a exibição de mensagens variáveis. Naturalmente, restrições sobre a possibilidade de variar as mensagens dinamicamente aproximam a utilização dos SMVs e PMVs das formas de sinalização estatigráficas (a menos das especificações fotométricas peculiares) mas diminuem sua utilidade e campo de aplicação. No entanto, há uma clara limitação para o uso de SMVs e PMVs, pelo menos na forma atual, que decorre da sua posição fixa na via e da necessidade de comunicar-se com todos os usuários da via para os quais sua mensagem é relevante. Por exemplo, o tempo em que uma mensagem fica no campo de visão do condutor limita o tamanho e o conteúdo da mensagem (como ocorre para a sinalização estatigráfica) e a competição da tarefa de apreensão da mensagem com as demais tarefas de mobilidade (especialmente para mensagens visuais e especificamente para o contexto tradicional de condução humana) reduz o nível de atenção que pode ser requerido dos usuários da via (uma restrição enfrentada pela ergonomia dos diferentes dispositivos de assistência à condução veicular atualmente em desenvolvimento).

Especificamente para PMVs, a forma mais experimentada de dispositivo de mensagem variável, existe uma razoável consolidação dos princípios de comunicação com os condutores. Um dos melhores exemplos a este respeito pode ser encontrado nas exigências estabelecidas no Manual sobre Padronização de Dispositivos de Controle de Tráfego dos EUA, o MUTCD-*Manual On Uniform Traffic Control Devices*, na versão mais recente de 2009:

- o PMV deve ter até 3 linhas e 20 caracteres por linha;
- mensagem: $N = \text{no. unidades de informação}$ ($U = \text{uma resposta simples a uma pergunta simples}$); máximo por linha: $N = 1$; máximo por mensagem: $N = 5$ para V menor que 35mph (56km/h) e $N = 4$ para $V = 35\text{mph}$ (56km/h) ou mais; em geral com 1 mensagem por PMV visível ou mensagem até 2 partes (ciclo máximo de 8seg com intervalo máximo de 0,3seg entre partes e máximo $N = 3$ por parte); mais partes devem usar mais PMVs (com mensagens independentes);
- tempo de leitura da mensagem: 1seg por palavra ou 2seg por unidade de informação (até 2 linhas) ...
- com elemento comum 5×7 , para altura de letra h , o espaçamento deve ser de $0,25a0,40.h$ entre caracteres, de $0,75a1,0.h$ entre palavras, de $0,50a0,75.h$ entre linhas; a altura mínima de letra deve ser 12" (0,305mm) para V menor que

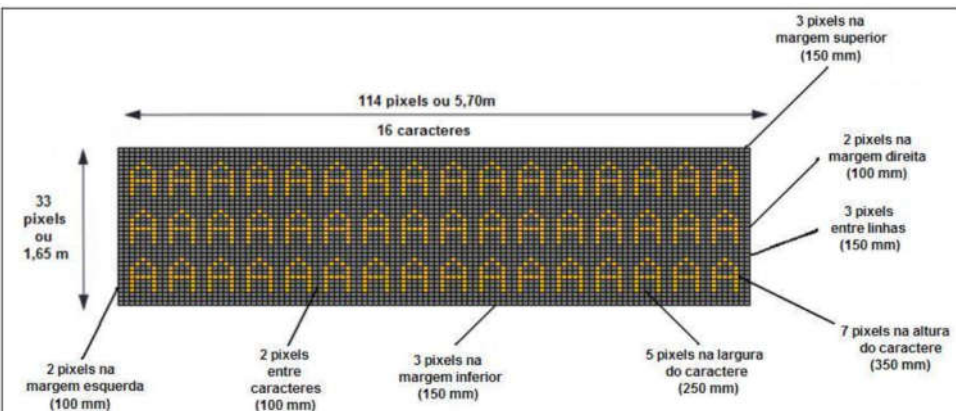
- 45mph (72km/h) e 18" (0,457m) para V=45mph (72km/h) ou mais (para PMV móvel em vias de baixa velocidade, altura mínima 10" admitida); a largura de letra deve ser de 0,7a1,0.h e o traço deve ter 0,2.h;
- a luminância deve ajustar-se à luz ambiente e seguir padrões industriais, mantendo contraste entre 8e12 para todas as condições; usar contraste positivo (mensagem luminosa, fundo apagado; distância de legibilidade em contraste negativo 25% menor) com luz na cor predominante do sinal;
 - padrão geral para altura de letra: 1"/30ft (x/h~360 ... ~visão 20/40 ou 6/12 ...); não há padrão distinto de legibilidade para PMV (exceto pela altura mínima)!

Em adição, define um requisito para visibilidade e legibilidade: PMV deve ser visível a pelo menos 1/4mi (400m) para V=55mph (88km/h) ou mais; deve ser legível a 600ft (180m) de noite e a 800ft (240m) de dia. Embora adote critério de tempo de leitura superior (devido à complexidade das mensagens variáveis; por exemplo, para placas de orientação de destino adota-se 0,25seg por palavra), não relaciona as características dos sinais exibidos com o desempenho funcional da sinalização (não relaciona desempenho funcional com a altura da letra h, a luminância L ou o contraste C fornecidos pelo PMV, ou com a interferência da luz solar). São critérios preliminares, portanto. Por exemplo, uma mensagem com ciclo de 8seg exigiria um tempo de visibilidade de mais de 10seg para apreensão completa do seu conteúdo e uma distância de visibilidade maior do que hoje normal.

As características básicas dos PMVs usados no Brasil conformam-se com os padrões internacionais, como pode ser visto na discussão do

Boletim Técnico 57 da CET/Sp- Companhia de Engenharia de Tráfego da Prefeitura do Município de São Paulo. As práticas de utilização não são consolidadas, embora os PMVs sejam um recurso já bastante usual (pelo menos nas rodovias concessionadas, onde sua instalação é muitas vezes exigida pelos editais de concessão). Uma fonte interessante de recomendações adicionais que parece nortear muito

da prática atual no Brasil, no que cabe aqui e para a parte referente às mensagens de informação apenas, pode ser encontrada na Instrução Técnica sobre a Utilização de Sinalização de Mensagem Variável, originada da ANSR-Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária, em 2010, órgão hoje incorporado ao IMT-Instituto da Mobilidade e dos Transportes do Ministério da Economia e do Emprego de Portugal.



5.4.4 Dispositivos Auxiliares à Sinalização

Conforme a definição inicial, dispositivos auxiliares de sinalização são elementos de diferentes tipos (horizontais ou verticais, refletivos ou luminosos, etc...) que buscam tornar mais efetiva a comunicação da sinalização com os usuários ao tornar mais perceptível sua mensagem ou os elementos da via a que a mensagem se refere (ao invés de prover mensagem específica, que cabe aos elementos de sinalização). Tomando o conceito em sentido amplo, inclui todos os elementos da via que tornam a sinalização mais eficaz (incluiria também a iluminação viária e os dispositivos de fiscalização eletrônica, em geral não considerados nesta categoria específica mas similares).

Na normatização nacional há uma clara confusão na definição dos elementos considerados na categoria de dispositivos auxiliares. A confusão inicia-se na definição legal instituída pelo Anexo II do CTB de 1997 (tanto na versão original como na revisão extemporânea decorrente da Resolução 160 de 2004), pela inclusão na categoria dos dispositivos de segurança (entendidos como dispositivos viários destinados a melhorar a segurança dos usuários da via, seja para reduzir o risco de acidentes, os danos ou ferimentos decorrentes, ou suas possíveis sequelas). Naturalmente não se trata de diminuir a importância dos dispositivos de segurança (em geral mais importantes do que os dispositivos auxiliares à sinalização) mas apenas de assinalar a incongruência entre os conceitos. No entanto, a confusão prossegue ao incluir e omitir elementos que se pode considerar inadequadamente considerados (seja na acepção teórica ou no conceito ampliado pela definição legal). Por exemplo, os dispositivos para fiscalização eletrônica são claramente um dispositivo auxiliar à sinalização (aliás, um dos mais relevantes e eficazes). Não são relacionados e regulados nos manuais de dispositivos auxiliares mas tem sido objeto de intensa discussão e normatização pelo CONTRAN (a omissão é apenas na sua consideração como dispositivo auxiliar à sinalização). Por outro lado, há propostas de incluir dispositivos como barreiras acústicas (dispositivos anti-ruído) entre os auxiliares à sinalização, algo que parece impróprio (sem, da mesma forma, reduzir a importância dos dispositivos de mitigação dos impactos ambientais do tráfego). Os dispositivos de contenção veicular (contínuos, como as barreiras de concreto e as defensas metálicas incluídos atualmente, ou pontuais, como os atenuadores de impacto ou os pontaletes/*bollards* hoje excluídos) são dispositivos de segurança e, portanto, seriam dispositivos auxiliares no conceito ampliado mais não no conceito restrito (o que também aplica-se aos dispositivos anti-ofuscantes). Os gradis (dispositivos de canalização de pedestres) e grades (dispositivos de segregação de pedestres) são auxiliares em ambos os conceitos. Na classificação oficial são tratados como dispositivos de segurança e, em certo sentido, toda a sinalização e todos os dispositivos auxiliares à sinalização poderiam ser assim considerados, mas não seriam dispositivos de segurança no sentido estrito porque não tem a mesma tarefa precípua de contenção e redução de danos e ferimentos nos acidentes de trânsito dos dispositivos de proteção contínua ou pontual.

Outros componentes muito importantes do projeto viário, particularmente para a segurança de trânsito (como os dispositivos de contenção), não receberam a mesma atenção do CONTRAN. Em especial, a iluminação viária é um aspecto muito importante para a sinalização de trânsito e mereceria um tratamento específico pelo menos nos aspectos mais diretamente relacionados com o tráfego (a sua exclusão como recurso geral justifica-se porque a iluminação viária tem importância mais ampla, por exemplo incluindo aspectos

urbanísticos e de segurança pública). Adicionalmente, a drenagem viária e a pavimentação viária poderiam ser também consideradas se o conceito ampliado fosse aplicado rigorosamente, pois sua importância para a segurança de trânsito também é relevante e relacionada.

Em vista destas considerações, a discussão sobre os dispositivos auxiliares à sinalização adota aqui o conceito teórico estrito, postergando a discussão sobre dispositivos auxiliares à segurança viária (os dispositivos de proteção contínua ou pontual, seja para contenção veicular ou para proteção de pedestres, e os dispositivos anti-ofuscantes), apesar da sua inclusão no conceito legal ampliado.

5.4.4.1 Aspectos Básicos

A variedade de dispositivos auxiliares e das suas aplicações revela-se inicialmente na diversidade dos esquemas de classificação propostos (em geral discordantes). Em princípio os dispositivos classificam-se pela sua função mas podem classificar-se também pelos critérios de aplicação. No primeiro caso, em geral distinguem-se os dispositivos delimitadores (que apoiam a percepção dos limites da pista de rolamento), de canalização ou segregação de tráfego (que apoiam a definição do espaço a ser utilizado pelos usuários da via), de alerta (que marcam elementos junto à via que constituem perigo), e de atenção (que aumentam a percepção de importância do atendimento às regras de trânsito). No segundo caso, menos usual mas ainda assim relevante, distinguem-se os dispositivos horizontais (que normalmente aplicam-se no solo, como as marcas viárias) e verticais (que aplicam-se na posição vertical, como as placas de trânsito). Estas classificações peculiares são discutidas (e então contrastada com outras propostas).

A primeira classificação orienta a necessidade de aplicação dos dispositivos pela identificação de meios de sinalização que precisam complementar a sua forma de aplicação para melhor cumprir sua função, de forma geral ou em contextos e condições específicas. A segunda classificação orienta a forma de aplicação dos dispositivos por relacioná-la com as condições de visibilidade distintos dos elementos horizontais (a curta distância) e verticais (à maior distância). ...



Os dispositivos delimitadores são utilizados para apoiar a definição do limite da via e normalmente classificados como delineadores quando aplicado sobre o próprio pavimento ou balizadores quando aplicado ao lado da pista de rolamento, apoiando linhas de bordo e mesmo linhas divisórias de faixas (de mesmo sentido ou de sentido oposto). O apoio às marcas viárias normalmente solicita condições especiais para efetividade em condições noturnas ou em condições climáticas adversas (chuva e neblina), em que as marcas viárias funcionam de forma inadequada (incluindo a maior durabilidade diante do desgaste e sujeira de poeira e detritos). Tem, portanto, a escala de comunicação da sinalização horizontal e a relação típica com a função de balizamento dos veículos, embora os balizadores tenham a maior visibilidade à distância característica da sinalização vertical. A capacidade de melhorar a percepção, especialmente para os delineadores, está normalmente relacionada com a utilização de dispositivos em relevo (com altura de até 5cm no pavimento, mantendo a característica de serem traspassáveis) e refletivos (com retro-refletividade adequada contra a iluminação veicular). Os balizadores são colocados ao lado da via (pista de rolamento, acostamento e calçada), o que prejudica sua conspicuidade, devendo ser localizados dentro do cone de visão do usuário da via (10° para condições normais) e ter dimensões e formas favoráveis (o que justifica a utilização de elementos especiais, os *chevrons*,

eventualmente considerados uma categoria de dispositivo peculiar). Em ambos os casos, a definição do alinhamento horizontal recomenda manter 3 ou mais elementos no campo de visão dos usuários da via. ...

Os dispositivos de canalização ou segregação de tráfego são empregados para delimitar a porção da pista a ser utilizado pelo



movimento dos veículos e pedestres e para separação de porções da pista que não devem ser acessadas por transposição, distinguem-se dos delimitadores na demarcação de áreas que fazem parte da via (eventualmente como pista de rolamento, acostamento ou calçada) e pelo fato de não serem traspassáveis (a passagem do tráfego sobre dispositivos de canalização e/ou segregação, mais do que desconforto, acarreta danos potenciais aos usuários da via). Na demarcação de amplas áreas pavimentadas efetivamente substituem o meio-fio, que é utilizado para separar a pista aberta aos veículos do espaço reservado para pedestres e outros usos. Em

princípio, todo elemento não traspassável é um dispositivo de canalização ou segregação de tráfego (como são os prismas de concreto, os tachões, os balizadores cilíndricos e as barreiras móveis, ou elementos móveis como cancelas ou bloqueios), exceto quando tenham características especiais de contenção veicular e proteção aos usuários da via (que os qualificariam como dispositivos de segurança viária). Os canalizadores e segregadores incluem dispositivos para pedestres, distinguindo-se genericamente os gradis (dispostos longitudinalmente com a função principal de canalização dos pedestres) das grades (dispostos transversalmente com a função principal de contenção do acesso de pedestres), o que diferencia sua característica de aplicação (embora condicione também, pelo menos parcialmente, a sua característica física). A aplicação dos dispositivos de canalização ou segregação deve ser natural ao respeitar as condições de movimento dos veículos e pedestres e, sempre que possível, respeitar seus desejos de deslocamento. Caso contrário, podem representar um risco relevante de choque com veículos, acidentes com pedestres, ou motivar desrespeito pelos usuários da via. Os dispositivos de proteção lateral ou pontual e anti-ofuscantes (de segurança) podem naturalmente cumprir função de canalização ou segregação mas são muito mais caros e têm aplicação específica.

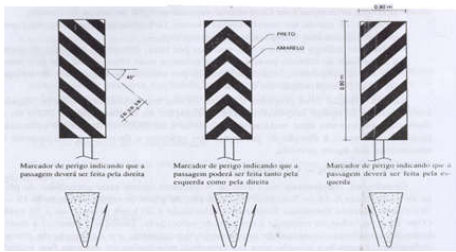


Os dispositivos de alerta de perigo (ou marcadores de perigo) são utilizados para melhorar a percepção de potenciais perigos existentes na área adjacente à via, especialmente quando sua visibilidade é reduzida em condições noturnas ou em condições climáticas adversas, para veículos ou pedestres que eventualmente deixem seu curso normal na via (por razão voluntária ou involuntária, mas em condições que mantém seu controle do percurso e excluem as saídas de pista descontroladas). O objetivo claro é evitar eventuais acidentes nas saídas controladas de pista ou calçada. Em geral são empregados dois tipos de elementos de sinalização: os marcadores de perigo (aplicáveis quando os elementos que representam perigo são horizontais ou tem dimensão vertical reduzida ou imprópria para marcação) e a marcação de obstáculos (aplicáveis quando os elementos que representam perigo são verticais e tem condição própria para marcação). Em ambos os casos, utiliza-se o mesmo padrão de marcação aplicado aos marcadores de perigo ou diretamente aos obstáculos, de forma a acentuar a sua perceptibilidade (em particular adicionando características de cor e

CNT/1966



CTB/1997



refletividade adequada). Em condições usuais, o padrão utilizado é a marcação diagonal em preto e amarelo (a cor das placas de advertência, admitindo-se o uso de cor laranja em condição de obras e cor limão fluorescente em condição de neblina/nevoeiro frequente). No Brasil, a orientação das marcas diagonais foi alterada pelo CTB de 1997 (em relação ao padrão mais difundido internacionalmente, que era adotado pelo CNT de 1966), introduzindo-se também outras formas mais recentes. Foi uma alteração pouco justificada, visto que não há vantagem razoável em adotar a nova forma (e mesmo as formas recentes introduzidas), que produziu um razoável impacto de adaptação da sinalização pré-existente (exceto pelo marcador central, que pode ser simplesmente girado de 180°, os demais marcadores são uma forma especular da anterior e tem de ser refeitos, assim como tem de ser refeitas as marcações pintadas em obstáculos). Ao final, a marcação dos locais com perigos é muito mais importante que o padrão adotado (requisito que ambas as formas atendem).

Os dispositivos de atenção são uma categoria genérica usualmente não distinguida que tem a função de aumentar a observância à sinalização viária, podendo-se incluir nesta classe de dispositivos pelo menos as alterações nas características do pavimento e os dispositivos de fiscalização eletrônica. As alterações das características do pavimento referem-se às elevações do pavimento (em geral chamadas de obstáculos transversais ou simplesmente lombadas) e os sonorizadores (transversais ou longitudinais) e são normalmente classificados como dispositivos auxiliares à sinalização. Os dispositivos de fiscalização eletrônica são divididos em metrológicos (baseados em medições de variáveis físicas) ou não metrológicos (baseados na detecção de situações de transgressão) e, apesar de terem sua importância crescentemente reconhecida, não são normalmente classificados como dispositivos auxiliares à sinalização (apesar de regulados pelo CONTRAN, como ocorre para os dispositivos auxiliares normais). Pelo menos para uma aplicação, o controle de velocidade, a aplicação de ambos os dispositivos é bastante semelhante e é difícil deixar de reconhecer a similaridade da função de ambos em todos os casos. A alteração das características do pavimento e a utilização da fiscalização eletrônica são duas estratégias de aumentar a obediência às regras de trânsito, particularmente as instituídas pela sinalização (em ambos os casos, igualmente uma e outra estratégia pode prescindir da sinalização de trânsito e apoiar diretamente as regras gerais de circulação). A fiscalização eletrônica tem ampliado significativamente seu campo de aplicação incluindo, além do controle de velocidade, a fiscalização da transgressão do vermelho nos semáforos, a invasão das faixas de pedestres, a violação das restrições de circulação por placa veicular (existindo um amplo espectro adicional de situações onde sua aplicação seria desejável, como o controle de ultrapassagens proibidas), sendo hoje um recurso bastante importante.

Pode-se ver a grande variedade existente de dispositivos auxiliares à sinalização (sem deixar de mencionar a exclusão aqui dos dispositivos de segurança e da iluminação viária, como antes discutido). As classificações usuais incluem a maioria dos dispositivos mencionados em uma ordem mais ou menos similar (excetuando-se a inclusão dos dispositivos de fiscalização eletrônica, em geral considerados especificamente). Em muitos países, a discussão sobre os dispositivos auxiliares é feita em conjunto com os elementos de sinalização que buscam apoiar (o que reduz o entendimento dos seus requisitos

comuns). No Brasil, os *chevrons* são tradicionalmente incluídos entre os dispositivos de sinalização de alerta, como marcadores de alinhamento (apesar de reconhecer-se sua similaridade com os balizadores nos critérios de aplicação e posicionamento). Sem reiterar a questão referente aos dispositivos de segurança (incluídos entre os dispositivos auxiliares à sinalização no CTB de 1997), pode-se notar que o Anexo II original do CTB incluía a categoria dos dispositivos de uso temporário (em geral uma aplicação particular para dispositivos de canalização e segregação, como cones e cavaletes, e para meios de sinalização de orientação temporária, como faixas de vinil ou pano) e os painéis luminosos, que passaram a ser chamados mais genericamente de dispositivos luminosos na revisão do Anexo II instituído pela Resolução 160/2004 (incluindo outras formas de elementos luminosos em geral utilizados em situação de obras, com elementos móveis). Portanto, admitindo que o uso em situações temporárias ou de obras é uma aplicação particular dos dispositivos auxiliares à sinalização, não há uma distinção relevante entre as classificações alternativas propostas.

5.4.4.2 Aplicações de Dispositivos Auxiliares à Sinalização

Os dispositivos auxiliares à sinalização ainda não tiveram sua regulação atualizada pelo CONTRAN, após a edição do CTB de 1997. Portanto, aplica-se ainda a normatização anterior (no caso referente à instituída pela Resolução 666 de 1986) no que não se opõem às disposições já contidas no próprio CTB (em particular no Anexo II original e, posteriormente, na sua revisão instituída pela Resolução 160/2004). A normatização complementar de outros órgãos como a ABNT-Associação Brasileira de Normas Técnicas também deve ser mencionada (no entanto, neste aspecto, a questão mais polêmica refere-se ao interesse peculiar relativo aos dispositivos de segurança, em particular os de proteção contínua, não discutidos aqui).

...

5.4.5 Dispositivos de Segurança Viária

...