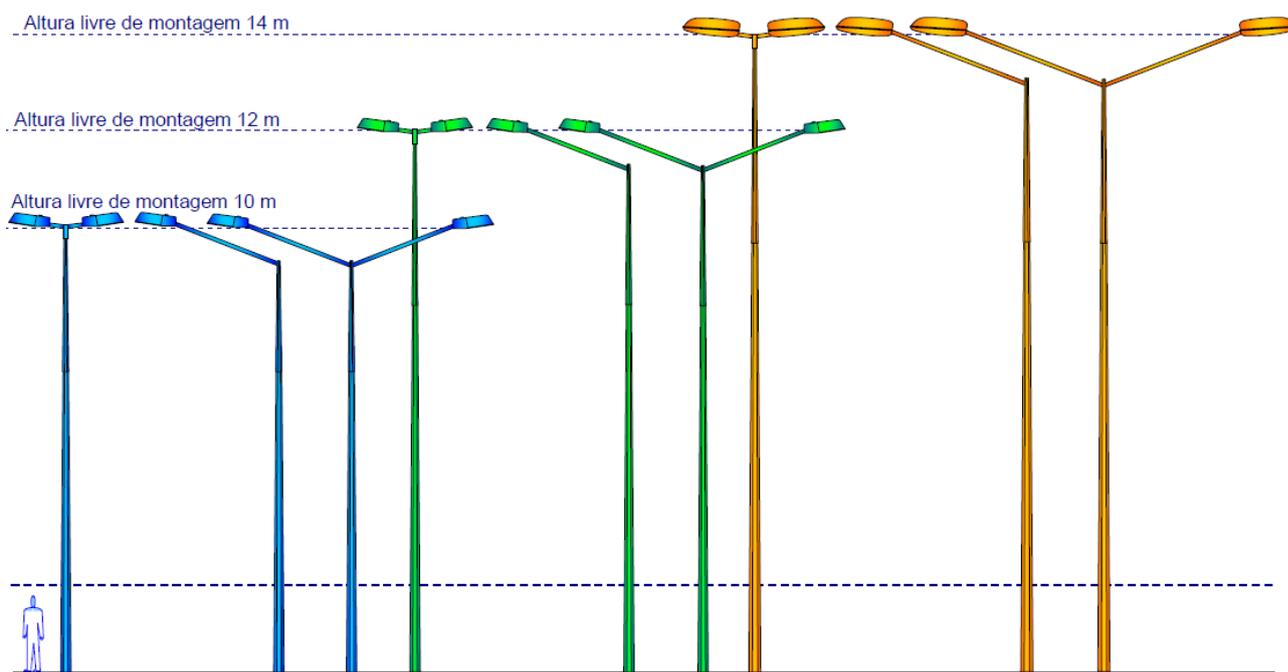


ENGENHARIA ELÉTRICA



DISCIPLINA: ENGENHARIA DE ILUMINAÇÃO
NOÇÕES GERAIS DE PROJETOS DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA (IP)

Prof. Me. Marco Antonio Ferreira Finocchio

CORNÉLIO PROCÓPIO – JANEIRO DE 2014

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	03
1.1 Terminologia	03
2. PROJETOS ESPECIAIS DE IP – RDS	07
3. PROJETOS DE ILUMINAÇÃO DE VIAS RURAIS	10
3.1 PROJETOS DE ILUMINAÇÃO DE TREVOS E INTERCESSÕES	12
3.2 PROJETOS DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA DE ÁREAS PARA PEDESTRES	13
4. ILUMINAÇÃO DE FACHADAS DE EDIFÍCIOS PÚBLICOS E MONUMENTOS	15
5. ILUMINAÇÃO PÚBLICA E O MEIO AMBIENTE	19
6. MÉTODOS DE CÁLCULOS FOTOMÉTRICOS	22
Tabelas	28
REFERENCIAS BIBIOGRAFICAS	32

1. INTRODUÇÃO

O manual tem por objetivo estabelecer os critérios básicos para projetos de iluminação pública, de modo a garantir as condições técnicas e econômicas básicas para a iluminação de vias e praças públicas.

As orientações aqui contidas considera as recomendações contidas em publicações da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), do Illuminating Engineering of North America (IESNA) e da Commission Internationale de L'Éclairage (CIE).

1.1. TERMINOLOGIA

Acomodação: Ajustamento da convergência do cristalino do olho, para que a imagem de um objeto, a uma distância, se focalize sobre a retina.

Acuidade visual: Em sentido qualitativo, é a capacidade de ver distintamente finos detalhes que tem uma separação angular muito pequena.

Adaptação: Processo pelo qual o sistema visual é modificado pela exposição a estímulos, prévios e presentes, com iluminâncias, distribuições espectrais e extensões angulares variáveis.

Classificação viária:

A classificação de vias deverá seguir as disposições previstas no Código de Trânsito Brasileiro como:

I - Vias urbanas:

- a) via de trânsito rápido;
- b) via arterial;
- c) vias coletora e central;
- d) via local.

II - Vias rurais:

- a) rodovia;
- b) estrada.

III - Vias e áreas de pedestres

Vias urbanas: São vias caracterizadas pela existência de construções às suas margens e a presença de tráfego motorizado e de pedestres em maior ou menor escala. São ruas, avenidas, vielas, ou caminhos e similares abertos à circulação pública, situados na área urbana, caracterizados principalmente por possuírem imóveis edificadas ao longo de sua extensão.

a) Via de trânsito rápido - Avenidas e ruas asfaltadas, exclusivas para tráfego motorizado, onde não há predominância de construções, baixo trânsito de pedestres e alto trânsito de veículos. É caracterizada por acessos especiais com trânsito livre, sem interseções em nível, sem acessibilidade direta aos lotes lindeiros e sem travessia de pedestres em nível. **Velocidade máxima: 80km/h.**

b) Via arterial - Vias exclusivas para tráfego motorizado, que se caracterizam por grande volume e pouco acesso de tráfego, várias pistas, cruzamentos em dois planos, escoamento contínuo, elevada velocidade de operação e estacionamento proibido na pista. Geralmente, não existe o ofuscamento pelo tráfego oposto nem construções ao longo da via. O sistema arterial serve mais especificamente a grandes geradores de tráfego e viagens de longas distâncias, mas, ocasionalmente, pode servir de tráfego local. É caracterizada por interseções em nível, geralmente controlada por semáforo, com acessibilidade aos lotes lindeiros e às vias secundárias e locais, possibilitando o trânsito entre as regiões da cidade. **Velocidade máxima: 60km/h.**

c) Vias coletora e central - Vias exclusivamente para tráfego motorizado, que se caracterizam por um volume de tráfego inferior e por um acesso de tráfego superior àqueles das vias arteriais. Aquela destinada a coletar e distribuir o trânsito que tenha necessidade de entrar ou sair das vias de trânsito rápido ou arteriais, possibilitando o trânsito dentro das regiões da cidade. **Velocidade máxima: 40km/h.**

d) Via local - Via que permite acesso às edificações e outras vias urbanas, com grande acesso e pequeno volume de tráfego. É caracterizada por interseções em nível não semaforizadas, destinada apenas ao acesso local ou a áreas restritas. **Velocidade máxima: 30km/h.**

Vias rurais - Vias mais conhecida como estradas de rodagem e que nem sempre apresentam, exclusivamente, tráfego motorizado.

a) Rodovias - Vias para tráfego motorizado, pavimentada, com ou sem acostamento, com tráfego de pedestres. Essa pode ter trechos classificados como urbanos. **Velocidade máxima:**

- 110km/h para automóveis e camionetas;
- 90km/h para ônibus e microônibus;
- 80km/h para os demais veículos.

b) Estradas - Vias para tráfego motorizado, com ou sem acostamento, com tráfego de pedestres. Essa pode ter trechos classificados como urbanos e não é pavimentada. - Velocidade máxima: sessenta quilômetros por hora 60km/h.

Vias e áreas de pedestres - Vias ou conjunto de vias destinadas à circulação prioritária de pedestres.

Ciclovias: Pista destinada à circulação de bicicletas, separada fisicamente do tráfego comum.

Ciclofaixa: Parte da pista de rolamento, separada por faixa e delimitada por sinalização específica, destinada à circulação exclusiva de bicicletas.

Coefficiente de reflexão: Este coeficiente representa a relação entre o fluxo luminoso incidente e o fluxo luminoso refletido. Ele depende fundamentalmente das qualidades refletoras do material a ser iluminado.

Dimerização: Redução gradual e controlada do nível de iluminância através de equipamentos pré-programados ou com gerenciamento remoto.

Eficiência luminosa de uma fonte de luz (h) - Razão do fluxo luminoso emitido, para a potência consumida pela fonte. A unidade é lumen por Watt [lm/W].

$$\eta = \frac{\Phi[lm]}{P[W]}$$

Fator de depreciação da luminária: É a perda luminosa considerando o acúmulo de sujeira no interior do grupo ótico da luminária e varia de acordo com o grau de proteção (IP) da mesma.

Fator de depreciação da instalação: É a perda luminosa considerando as condições de sujeira e poluição onde o projeto estará inserido.

Fluxo luminoso (F): Grandeza derivada do fluxo radiante pela avaliação da radiação de acordo com a ação sobre o observador fotométrico padrão CIE. A unidade é lúmen [lm]

Iluminação pública convencional: Iluminação pública cujas instalações, critérios de projeto e equipamentos devem estar de acordo com as normas e padrões estabelecidos pela concessionária.

Iluminação pública especial: Os projetos especiais de iluminação são aqueles alimentados por RDS, onde os postes utilizados são exclusivos para a iluminação pública.

Iluminação pública em segundo nível: Iluminação pública específica para pedestres que utiliza os postes de rede aérea ou subterrânea.

Iluminância em um ponto de uma superfície (E): É o limite da razão do fluxo luminoso recebido pela superfície em torno de um ponto considerado, para a área da superfície quando esta tende para o zero. A unidade é lux [lx].

$$E = \frac{\Phi[lm]}{S[m^2]}$$

Índice de reprodução de cor (IRC): Caracteriza a capacidade de reprodução de cores dos objetos iluminados por uma fonte luz. O IRC proporciona uma indicação da capacidade da fonte de luz para reproduzir padrão de cores em comparação com a reprodução prevista por uma luz padrão.

Intensidade luminosa (Ip): É a intensidade do fluxo luminoso projetado em uma determinada direção. A unidade é candela [cd].

$$I_p = \frac{D_p \Phi}{d\Omega}$$

Luminária: As luminárias são equipamentos destinados a receber uma lâmpada, proporcionando proteção, conexão elétrica ao sistema, controlando e distribuindo a luz de forma eficiente e mantendo as características de temperatura e operação da lâmpada dentro dos limites estabelecidos para o seu correto funcionamento.

Luz: Radiação visível - Radiação ótica capaz de produzir uma sensação visual diretamente. Os limites previstos para a faixa espectral da radiação visível dependem do fluxo energético que atinge a retina e da sensibilidade do observador. O limite inferior é estabelecido entre 360nm e 400nm e o limite superior entre 760nm e 830nm.

Ofuscamento: Condição de visão na qual há um desconforto ou uma redução da capacidade de distinguir detalhes ou objetos, devido a uma distribuição desfavorável das intensidades luminosas ou contraste excessivo.

RDA - Rede de Distribuição Aérea.

RDS - Rede de Distribuição Subterrânea.

Rendimento (de uma luminária): Razão entre o fluxo total emitido pela luminária e o fluxo luminoso da lâmpada medido fora da luminária.

Temperatura de cor correlata (TCC): É o termo usado para descrever a cor de uma fonte de luz, quando comparada à cor do irradiador de corpo negro padrão e é expressa em graus Kelvin (K). Quanto mais alta é a temperatura de cor correlata, mais branca é a cor da luz.

Temporização: Interrupção instantânea da iluminação pública.

Uniformidade da iluminância (U): Razão da iluminância mínima (E_{min}) para a iluminância média (E_{med}) no plano considerado.

$$U = \frac{E_{min}}{E_{med}}$$

Projetos convencionais de IP – RDA

A Tabela 8 apresenta os critérios básicos de iluminação pública a serem utilizados para projetos convencionais. A classificação viária em conjunto com a classificação dos municípios pode ser utilizada especificamente para um bairro ou uma região da cidade.

A Tabela 11 apresenta os níveis de iluminância média (E_{med}) e a Uniformidade (U) recomendados para a elaboração dos projetos para os diversos tipos de municípios em função da classificação das vias.

Quando o único objetivo da rede aérea de distribuição for à implantação de um sistema de iluminação pública e não houver a possibilidade de instalação de rede de média tensão, recomendamos elevar a altura de montagem das luminárias de forma a permitir um maior vão entre postes.

A iluminação pública em RDA deve respeitar os limites de afastamento mínimo de segurança em relação à média tensão (0,80m) e à baixa tensão (0,20m) definidos nas normas da Concessionária. O tipo de braço e luminária pode variar em função da altura do poste e do tipo de rede aérea existente, como os exemplos apresentados nas Figuras 1 e 2.

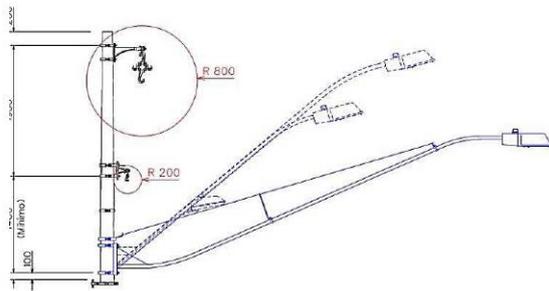


Figura 1 – IP instalada em poste de 11m com rede protegida e isolada de MT

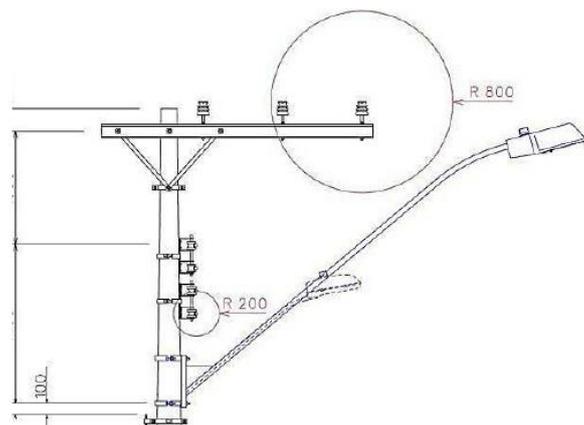


Figura 2 – IP instalada em poste de 10m com rede nua de MT

2. PROJETOS ESPECIAIS DE IP - RDS

Os projetos especiais devem atender a classificação viária e seguir os seguintes critérios para os cálculos fotométricos, apresentados Figura 3:

$$H \geq L \quad e \geq 3,5H$$

sendo:

L - largura da pista de rolamento (mais acostamento quando houver);

H - altura de montagem da luminária;

e - espaçamento entre postes.

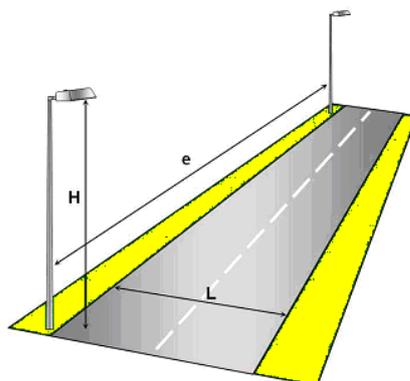


Figura 3 – Configuração básica para projetos especiais de IP

Dessa forma, os postes devem ser locados aproveitando-se ao máximo o espaçamento, respeitando os valores definidos para Emed e U. Esta recomendação deve ser observada principalmente nos projetos de vias especiais e rurais.

Nos centros urbanos onde existe grande circulação de pedestres, o espaçamento pode ser reduzido priorizando a distribuição luminosa.

Considerando a largura da via (L), altura de montagem da luminária (H) e quando for o caso a largura do canteiro central (D), as seguintes alternativas para disposição dos postes podem ser utilizadas:

- posteação unilateral;
- posteação bilateral alternada;
- posteação bilateral frente a frente;
- posteação no canteiro central.

Posteação unilateral

Deve ser utilizada quando a largura da pista for menor ou igual à altura de montagem da luminária, conforme Figura 4.

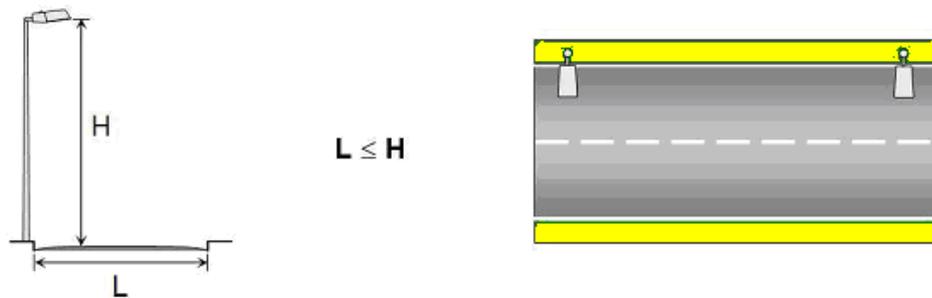


Figura 4 – Posteação unilateral

Posteação bilateral alternada

Deve ser utilizada quando a largura da pista estiver entre 1 e 1,6 vezes a altura da montagem da luminária, conforme Figura 5.

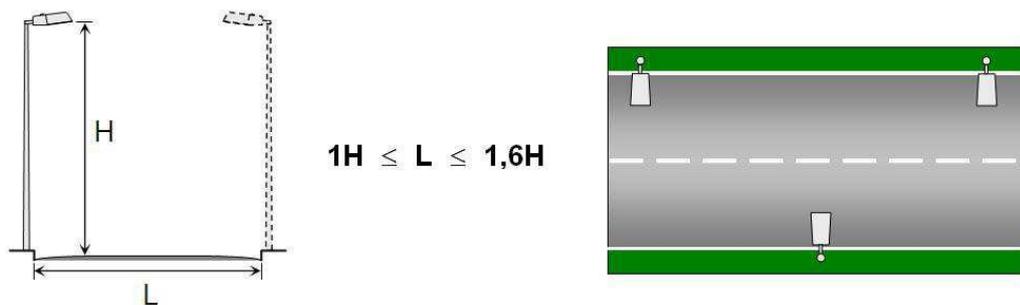


Figura 5 - Posteação Bilateral Alternada

Posteação bilateral frente a frente

Deve ser utilizada quando a largura da pista for 1,6 vezes maior que a altura de montagem da luminária, conforme Figura 6.

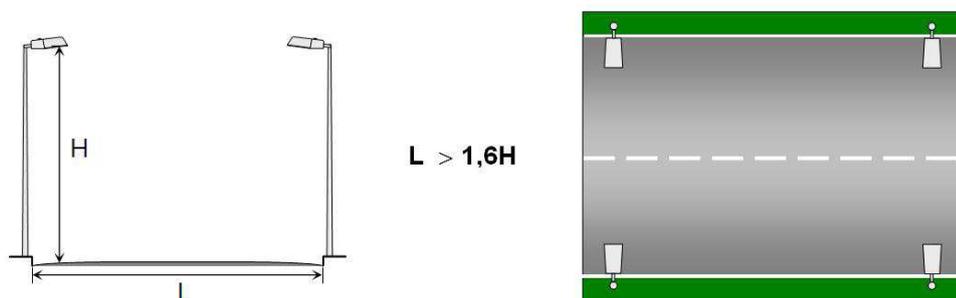


Figura 6 - Posteação bilateral frente a frente

Posteação no canteiro central

Deve ser utilizada com suporte quando a largura da pista for menor ou igual a altura de montagem e quando a largura do canteiro central (D) não ultrapassar 3 metros, conforme Figura 7.

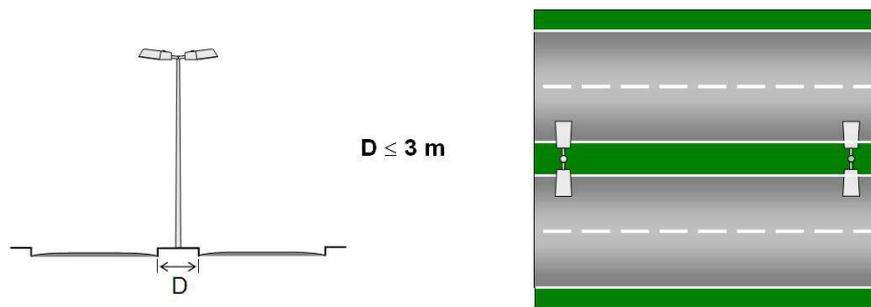
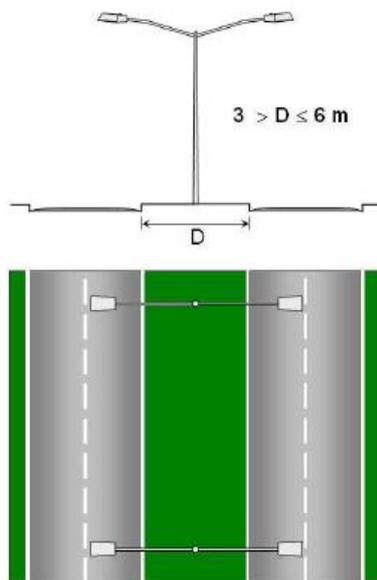
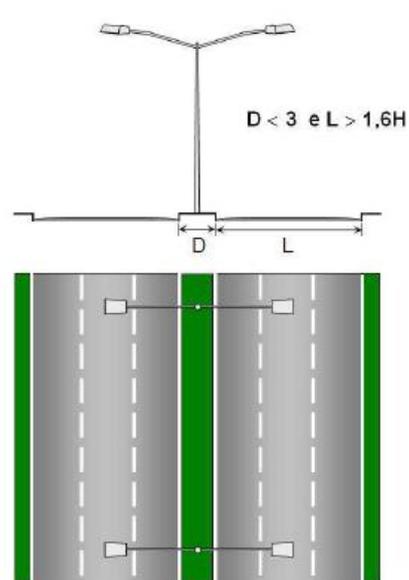


Figura 7 - Posteação no canteiro central

Para canteiros centrais com largura entre 3 e até 6 metros, ou canteiro central com largura menor que 3 metros e largura de pista maior que 1,6 da altura de montagem, devem ser utilizadas as alternativas com postes e chicotes conforme Figuras 8 e 9.

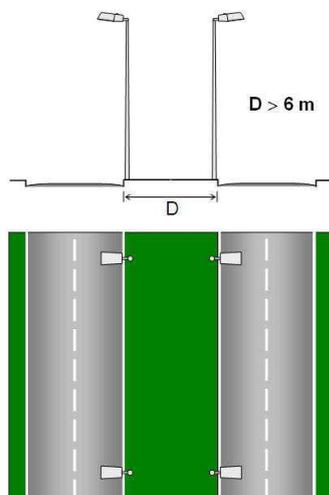


Figuras 8 - Posteação central com poste chicote

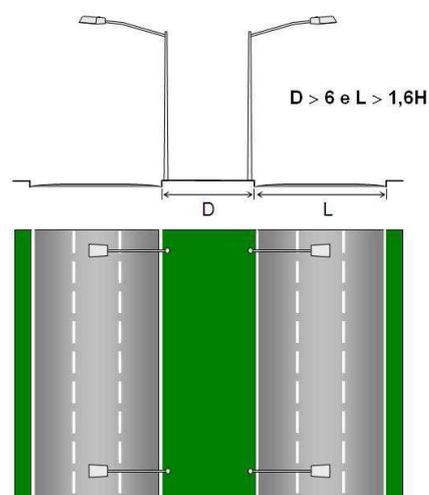


Figuras 9 - Posteação central com poste chicote

Para canteiros centrais com largura igual ou maior que 6 metros, deve ser utilizado uma das alternativas apresentadas nas Figuras 10 e 11.



Figuras 10 - Posteação central em canteiros maior que 6 metros



Figuras 11 - Posteação central em canteiros maior que 6 metros

3. PROJETOS DE ILUMINAÇÃO DE VIAS RURAIS

Os motoristas que utilizam as vias rurais iluminadas necessitam de conforto visual, boa uniformidade, baixo ofuscamento, orientação visual e a percepção das demais condições da via.

Os critérios aqui apresentados podem ser aplicados a uma via de trânsito rápido ou principal, desde que seja um projeto especial.

Curvas, aclives e declives

Para iluminação de curvas, as luminárias devem ser orientadas de modo que o eixo da mesma seja perpendicular ao raio de curvatura da pista, conforme Figura 12.

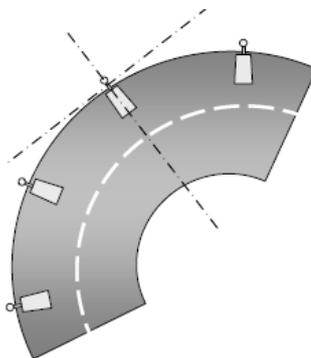


Figura 12 – Orientação das luminárias em curvas

Nos aclives e declives as luminárias devem ser orientadas acompanhando a inclinação da pista de rolamento, conforme Figura 13.

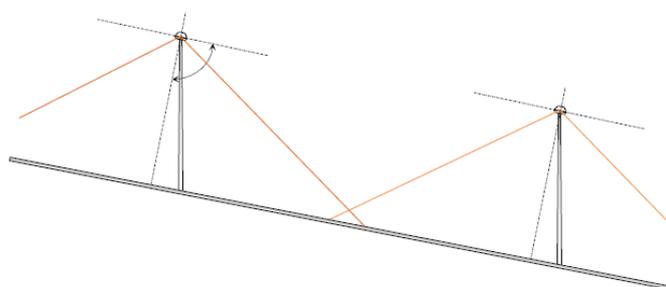


Figura 13 – Orientação das luminárias em pistas inclinadas

Nas curvas inferiores a 1.000 metros e nas alças dos trevos, a posteação deve ser instalada no lado interno a fim de minimizar o risco de abaloamento dos postes, conforme Figuras 14 e 15. Nestes casos, a altura de montagem pode ser reduzida.

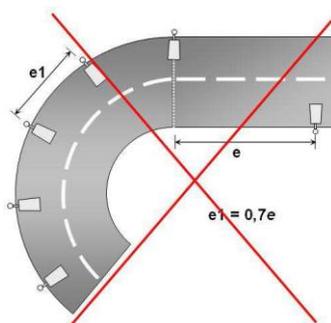


Figura 14 – Posteação no lado externo da curva

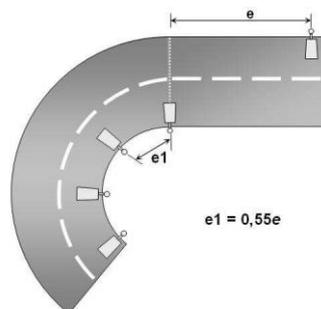


Figura 15 – Posteação no lado interno da curva

As curvas com raio superior a 1000 metros deve ter posteação unilateral à esquerda, evitando-se a desorientação do motorista em relação à curvatura da pista, conforme apresentado nas Figuras 16 e 17.

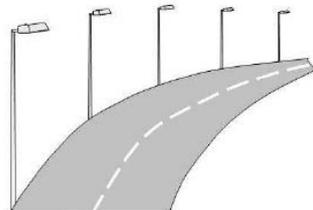


Figura 16 - Posteação unilateral na curva – Recomendável

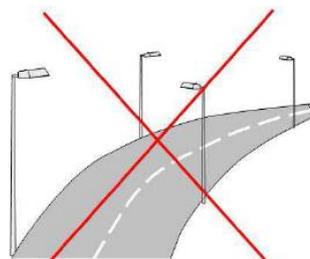


Figura 17 – Posteação bilateral na curva - Evitar

3.1 PROJETOS DE ILUMINAÇÃO DE TREVOS E INTERCESSÕES

Os trevos e as rotatórias são responsáveis pelas junções de vias rurais ou pelos acessos e saídas destas podendo ser de baixa ou alta complexidade e ter um ou mais níveis de pista.

Durante o dia, os motoristas identificam a presença dos trevos através da iluminação natural e a existência de uma sinalização adequada. Contudo, a percepção se torna mais difícil à noite, pois os trevos e a sinalização tendem a não ser tão clara a longa distância.

A iluminação deve permitir aos motoristas identificar as características dos trevos, a visualização dos demais veículos acessantes bem como permitir a percepção dos veículos que já trafegam na via.

Do ponto de vista de segurança, a condição mais crítica é quando temos apenas um nível, pois é quando a probabilidade de colisão é maior.

Iluminação específica de trevos e acessos

A iluminação dos trevos e acessos às cidades pode ser feita de forma específica. Nestes casos, a iluminação deve ser reduzida ou incrementada gradualmente, para que a acomodação visual do motorista seja feita sem a possibilidade de ocorrer cegueira momentânea por ofuscamento ou pelo escurecimento repentino.

Esta iluminação deve se estender a uma distância mínima de 100 metros para trevos em áreas urbanas e 200 metros para trevos em vias especiais e rurais, conforme apresentado na Figura 18.

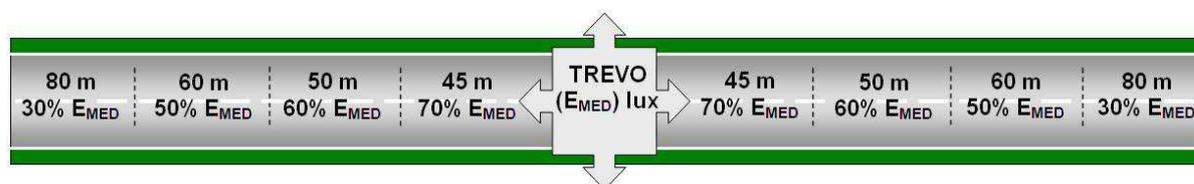


Figura 18 – Variação da iluminância para pistas convergentes aos trevos

A redução e o incremento gradual da iluminação podem ser implementados através do aumento ou redução do espaçamento (e) entre os postes e também pela redução da potência das lâmpadas. Se as vias de acesso não forem iluminadas, o cálculo da iluminação deve considerar os níveis de iluminância das vias especiais.

Iluminação de trevos em vias rurais

O nível de iluminância dos trevos em vias rurais deve ser no mínimo, 50% superior aos índices da via. O incremento do nível de iluminação poderá ser obtido através da redução do espaçamento.

Se as vias de acesso não forem iluminadas, o cálculo da iluminação deve considerar os níveis de iluminância das vias especiais.

A Figura 19 apresenta a disposição recomendada dos postes de iluminação pública em um trevo típico em vias rurais.

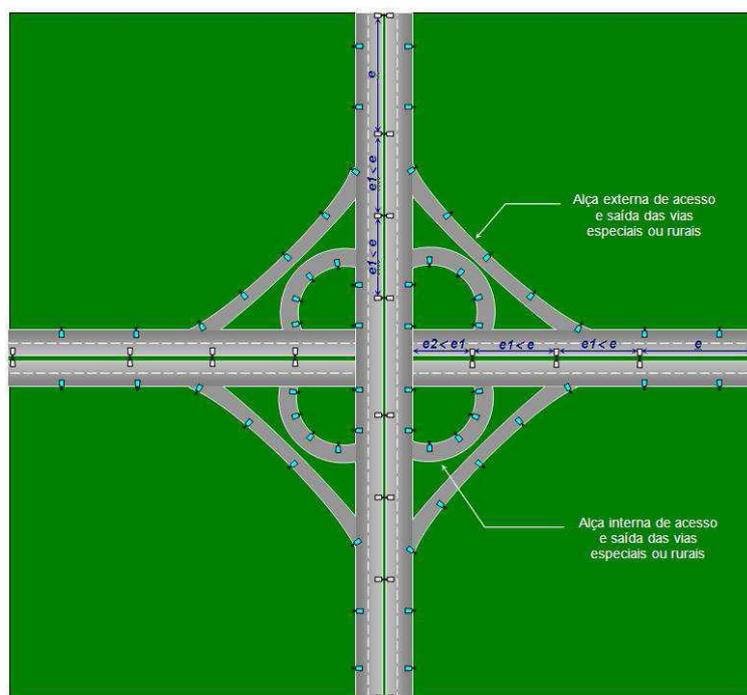
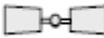


Figura 19 - Disposição de postes em trevos de vias rurais

e = espaçamento projetado ao longo da via;
 $e1$, $e2$ = espaçamento reduzido.

 - Luminária para lâmpada VS 150W ou VS 250W, instalada em poste de 10 ou 12 metros de altura livre;

 - Luminárias para lâmpada VS 400W, instalada em poste de aço de 14 metros de altura livre.

Iluminação de intercessões em vias trânsito rápido ou arterial

A maioria das vias de trânsito rápido ou arterial possui intercessões com um nível. Estas devem receber atenção especial quanto à locação dos postes e o nível de iluminância aplicado.

Nestes casos, assim como nas vias rurais, a locação dos postes pode começar a partir das intercessões, podendo ter uma configuração independente da definida para o restante da via.

Dependendo da complexidade do cruzamento, postes adicionais podem ser instalados para garantir um nível de iluminância médio no mínimo 50% superior ao restante da via, como apresentado na Figura 20.

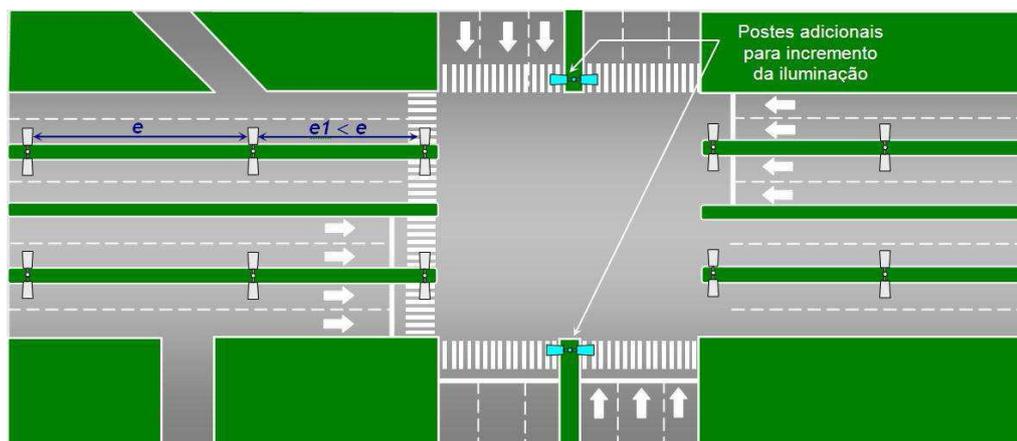


Figura 20 - Interseção de vias principais
 e = espaçamento projetado ao longo da via, $e/2$ = espaçamento reduzido.

Alternativamente, a iluminação de grandes cruzamentos pode ser elaborada utilizando-se projetores em substituição às luminárias convencionais. Contudo, este projeto deve ser cuidadosamente elaborado para evitar o ofuscamento dos motoristas.

3.2 PROJETOS DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA DE ÁREAS PARA PEDESTRES

A iluminação pública nas áreas utilizadas predominantemente por pedestres deve prover segurança, conforto e a capacidade de reconhecer os eventos ao seu redor a uma distância razoável.

Iluminação de praças e parques

Nas cidades, as praças e parques contribuem não só para o embelezamento, mas também promovem o lazer, recreação e o convívio entre as pessoas.

Dessa forma, uma atenção especial deve ser dada na elaboração dos projetos de iluminação destes espaços públicos, no sentido de torná-los seguros e convidativos à comunidade.

Contudo, a iluminação é apenas um dos muitos componentes responsáveis pela melhoria do ambiente urbano. Sempre que necessário, deve-se promover uma reforma nas condições desses espaços públicos.

Algumas praças ou parques, em função de sua concepção arquitetônica, apresentam áreas distintas de utilização como jardins, brinquedos, jogos de mesa, quadras, etc. Nestes casos, podem ser aplicados critérios de projetos diferenciados para cada espaço.

Efeitos atrativos podem ser criados pelo uso de lâmpadas com temperatura de cor diferente. Por exemplo, se utilizarmos lâmpadas VS para a iluminação do entorno, o interior da praça pode ser iluminada com lâmpadas VMT.

A iluminação de escadas e rampas para acesso dos pedestres devem ser ponto de atenção e considerados na locação dos postes de forma que estas mudanças de nível sejam bem visíveis. Estátuas, árvores, coretos e outros pontos de interesse especial, podem ser individualmente iluminados. Maiores informações são apresentadas nos próximos Capítulos.

Postes com altura de montagem superior a 5 metros somente devem ser instalados em praças e calçadões onde é possível o acesso dos veículos de manutenção. Esta restrição vale também para os espaços onde o piso não estiver adequado ao peso destes veículos.

Se uma praça possuir pequenas dimensões, a melhoria da iluminação das vias do entorno pode evitar a instalação de um projeto específico.

Nos calçadões, a disposição da iluminação não deve obstruir o acesso dos veículos de emergência ou de manutenção.

Níveis de iluminância e uniformidade

A iluminação destes espaços deve permitir no mínimo um reconhecimento mútuo, além de proporcionar informação visual suficiente a respeito das pessoas e suas intenções a uma distância segura.

Segundo estudos realizados, a distância mínima necessária para uma pessoa reconhecer qualquer sinal de hostilidade e tomar as ações evasivas apropriadas é de 4 metros. A esta distância, o nível de iluminância médio mínimo necessário para reconhecimento facial é de 5lux. De toda forma, sobre a superfície não deve haver valor inferior a 1lux.

Considerando a necessidade de identificação de obstáculos na superfície da via e a velocidade com que as pessoas ou eventualmente ciclistas trafegam, o fator de uniformidade (U) não deve ser inferior a 0,25.

A Tabela 12 apresenta as recomendações para o nível de iluminância média e informa o valor mínimo para o fator de uniformidade para cada classe de iluminação de pedestres.

Ciclovias e ciclofaixa

Considerando a importância crescente das bicicletas como meio de transporte nas cidades, a iluminação das ciclovias contribui para a redução dos acidentes o que é particularmente importante quando existem cruzamentos com vias de trânsito de veículos automotores.

Os principais requisitos de visibilidade a serem fornecidos pela iluminação são:

- As alterações no trajeto e os limites da ciclovia e ciclofaixa;
- A presença de obstáculos fixos na superfície, tais como mobiliário urbano, árvores, etc;
- A visualização de buracos e rachaduras na superfície da pista;
- A posição e a velocidade dos usuários da ciclovia;
- A existência de cruzamentos com as vias que conduzem outro tipo de tráfego.

As luminárias utilizadas devem ser instaladas com espaçamentos mínimos de 3,5 vezes a altura de montagem.

Para a maioria das ciclovias e ciclofaixas, os requisitos para a escolha da fonte de luz devem considerar os critérios utilizados para a iluminação das demais vias urbanas como vida mediana, rendimento, etc. Contudo, pode ser necessário utilizar uma lâmpada de cor diferente da existente na via adjacente a fim de chamar a atenção dos motoristas quanto à existência da ciclovia ou ciclofaixa.

A Tabela 13 apresenta as recomendações para o nível de iluminância média e informa o valor mínimo para o fator de uniformidade para ciclovias e ciclofaixas.

Critérios de instalação

O Anexo 3 apresenta um diagrama resumo com a indicação dos códigos e a correlação entre as luminárias, lâmpadas, postes e suportes padronizados cujo resultado e alternativas de montagem podem ser visualizadas no Anexo 4.

Iluminação de travessia para pedestres em pistas de trânsito intenso

Onde existirem travessias para pedestres fora das esquinas, devidamente identificadas com sinalização vertical e horizontal, pode ser utilizado uma iluminação adicional.

A instalação deve ser feita com RDS em poste de aço de 5 metros. Em função das características da distribuição luminosa das luminárias, os postes devem ser defasados em 1,5 metros em relação ao início da faixa conforme apresentado na Figura 21.

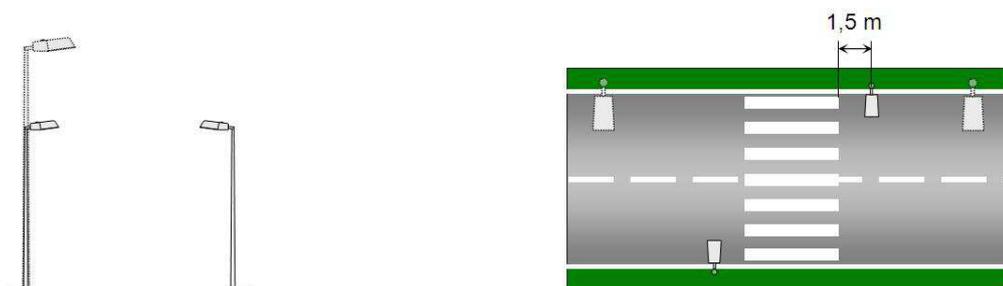


Figura 21 - Iluminação para passagem de pedestres em complementação à sinalização vertical e horizontal

Para garantir que a passagem de pedestre esteja bem destacada na via, recomendamos que as lâmpadas utilizadas na iluminação tenham uma temperatura de cor diferente das lâmpadas que iluminam a pista de rolamento.

Esta alternativa também pode ser utilizada em cruzamentos de centros urbanos com grande movimentação de pedestres, mas deve ser cuidadosamente estudada para não prejudicar a sinalização viária ou causar confusão visual.

Iluminação de passarelas

A iluminação de passarelas deve ser feita de forma independente da estrutura utilizando-se postes de aço específicos de iluminação e luminárias ou projetores.

Quando forem utilizados projetores, deve-se observar para que a focalização não provoque ofuscamento ou comprometa o desempenho visual dos condutores de veículos. Para isso, os projetores devem ser focalizados de forma perpendicular ao fluxo de trânsito.

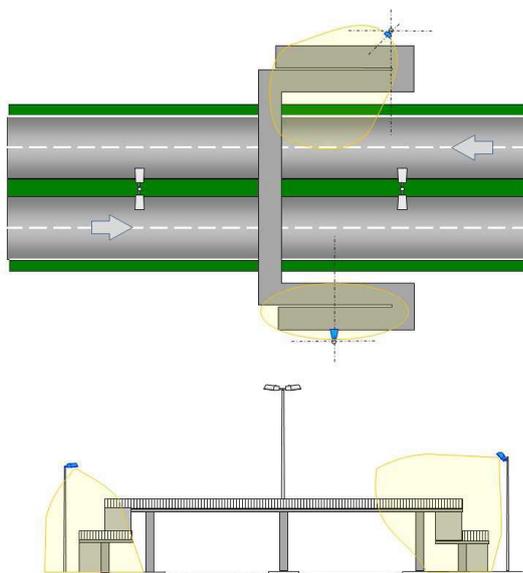


Figura 22 - Iluminação de passarelas

4. ILUMINAÇÃO DE FACHADAS DE EDIFÍCIOS PÚBLICOS E MONUMENTOS

A iluminação de fachadas de edifícios públicos e monumentos criam efeitos visuais e ambientes diferentes dos existentes durante o dia, revelando uma nova cidade à noite.

Existem diversos benefícios que justificam a implantação destes projetos de iluminação, dentre os quais se destacam:

- A criação de um ambiente agradável;
- Promoção de um espetáculo atrativo para as atividades ligadas ao turismo;
- Estabelecer um marco visual de orientação aos visitantes;
- Tornar o local mais atraente para as atividades comerciais e lazer.

Desenvolvimento do projeto

O desenvolvimento do projeto de iluminação decorativa envolve decisões técnicas e conceituais. O projetista deve considerar e registrar no mínimo as seguintes informações:

- Objetivo do projeto, e se necessário, os valores históricos associados ao local;
- Composição do projeto com a análise prévia dos elementos arquitetônicos a serem destacados como torres, cúpulas, telhados, estátuas, etc;
- A composição luminosa incluindo as considerações estéticas relativas ao tipo e cor das lâmpadas, cor e refletância da superfície, níveis de iluminância, composição de luz e sombra;
- Cálculos fotométricos;
- Relação de material;
- Desenho com o posicionamento horizontal e vertical dos projetores.

Composição do projeto

Para facilitar o desenvolvimento do projeto, a maioria das fachadas pode ser dividida em três elementos arquitetônicos básicos formando planos retangulares, que podem ser trabalhados separadamente ou em blocos.

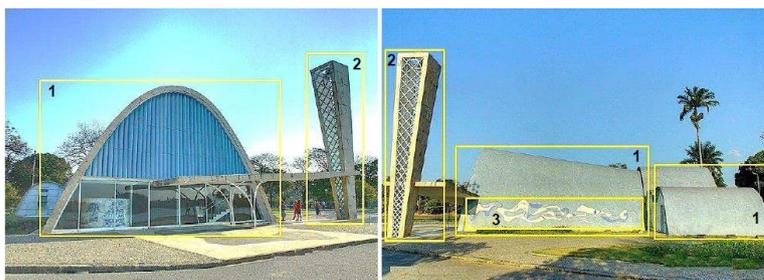
Os três elementos básicos utilizados para a composição da maioria dos projetos são:

- Elemento 1 – Baixo e/ou largo (fachadas);
- Elemento 2 – Alto e/ou estreito (colunas e torres);
- Elemento 3 – Objetos e detalhes arquitetônicos tridimensionais que requerem iluminação uniforme (estátuas e detalhes decorativos).

As Fotos 1 e 2 ilustram a aplicação dos três elementos de projeto. As fachadas principais constituem os planos baixos e/ou largos característicos do elemento 1 e a torre do sino constitui o plano alto e/ou estreito característico do elemento 2.

Os desenhos dos mosaicos nas fachadas laterais constituem os detalhes arquitetônicos típicos do elemento 3.

Exemplos da aplicação dos 3 elementos básicos de projeto para iluminação decorativa



Definição de cores no projeto

A percepção de cores de uma superfície é o resultado da combinação de três fatores:

- Cor da fonte de luz;
- Refletância e cor da superfície que a ser iluminada;
- Capacidade visual do observador.

Quando a superfície possuir cores variando entre o amarelo e o vermelho, recomenda-se a utilização de lâmpadas com temperatura de cor abaixo dos 3200K.

De modo inverso, quando as cores variarem entre o roxo e o verde, recomenda-se a utilização de lâmpadas com temperatura de cor acima dos 4000K.

O Tabela 1 abaixo apresenta a posição das diversas lâmpadas em função do IRC e TCC.

Tabela 1 – Correlação entre lâmpadas, IRC e TCC

Grupo de reprodução de cor	IRC Classe	Amarelo "funcional" < 2.400K	Branco quente "confortável" 2.400K<T _c <2.800K	Branco quente "morna" 2.800K<T _c <3.500K	Branco "neutra" 3.500K<T _c <5.000K	Branco "fria" T _c > 5.000K
1	1A Exelente		Incand. 2.800 K (Referencia)			
	1B Muito bom			Vapor metálico (Cerâmica) 3.000 K	Vapor metálico (Quartzo) 5.000 K	
2	2A Bom					
	2B Bom				Vapor de mercúrio 4.500 K	
3	Regular	Vapor de sódio (AP) 2.100 K				
4	Pobre					

Combinação de cores no projeto

A aparência da cor de uma lâmpada vista em combinação com outras lâmpadas de cores diferentes é mais importante do que quando vista isoladamente.

Na Foto 3 toda a superfície foi iluminada com lâmpadas uma única temperatura de cor de 5000K.

Na Foto 4 foram utilizadas lâmpadas de três tipos diferentes de temperatura com 2100K, 3200K e 5000K.



Fotos 3 e 4 – Exemplos da aplicação dos 3 elementos básicos para iluminação decorativa

Incidência da luz e contraste de luz e sombra

A direção com que a luz incide altera decisivamente os elementos arquitetônicos da superfície iluminada.

Se os projetores são posicionados diretamente para a superfície de forma que a luz incida perpendicularmente, praticamente não existem sombras, fazendo com que ela fique sem detalhes e de difícil visualização.

Quando os projetores são posicionados em ângulo com a superfície, são projetadas sombras que agregam qualidade dimensional e textura. O tamanho da sombra sobre a superfície está relacionado à altura e posição dos projetores e dos ângulos de focalização, como ilustrado na Figura 23.

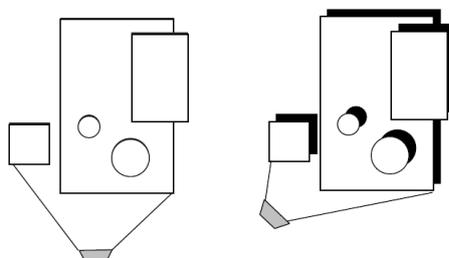


Figura 23 – Projeção das sombras sobre a superfície

A variação entre luz e sombra é decisiva no resultado final do projeto. O efeito da iluminação apresentará mais contraste quanto mais acentuado forem as sombras ou mais direcional for a iluminação como mostrado na Foto 5. Isto não significa que esse efeito contribuirá na valorização da iluminação, mas o excesso na utilização de contraste pode alterar o entendimento arquitetônico da edificação.



Foto 5 - Iluminação com alto contraste

Níveis de iluminância e refletância da superfície

A percepção da iluminação sobre uma determinada superfície depende da claridade do entorno onde a mesma está inserida. O nível de iluminância necessário para destacar uma fachada na área central de uma grande cidade será maior que o nível em seus bairros ou em uma cidade menor. Elementos como esculturas, arcos e outros detalhes arquitetônicos podem requerer maior nível de iluminância em relação a área total da fachada.

A refletância da superfície também deve ser considerada na definição dos níveis de iluminância, pois quanto mais clara menor poderá ser a luz incidente necessária para destacar a superfície.

A Tabela 14 apresenta a iluminância média em lux para uma fachada em função da iluminação do entorno e da refletância da superfície para iluminação decorativa.

Posição dos projetores e ofuscamento

Ao elaborar um projeto de iluminação com projetores, o ofuscamento deve ser cuidadosamente controlado. Em nenhum caso, a iluminação decorativa deve comprometer o desempenho visual dos pedestres e, principalmente, dos condutores de veículos.

O controle do ofuscamento deve ser feito principalmente pelo correto posicionamento dos equipamentos, considerando os ângulos de abertura do fecho luminoso dos projetores. Como regra geral, os projetores devem ser instalados perpendicularmente ao sentido do trânsito, com a abertura do fecho luminoso limitado ao ângulo de meia intensidade luminosa (1/2 IMAX). A área em vermelho indica as regiões onde o ofuscamento deve ser evitado para não comprometer o trânsito dos veículos e pedestres, como apresentado nas Figuras 24 e 25.

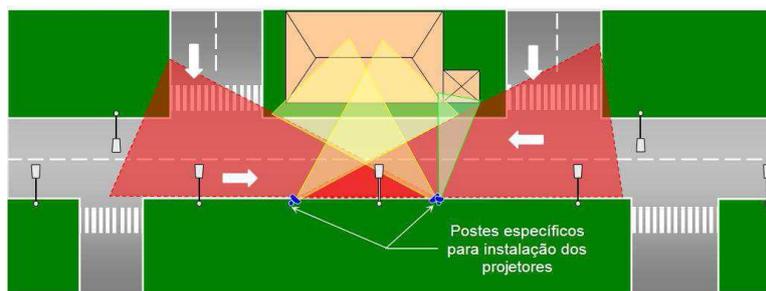


Figura 24 – Posicionamento horizontal dos projetores

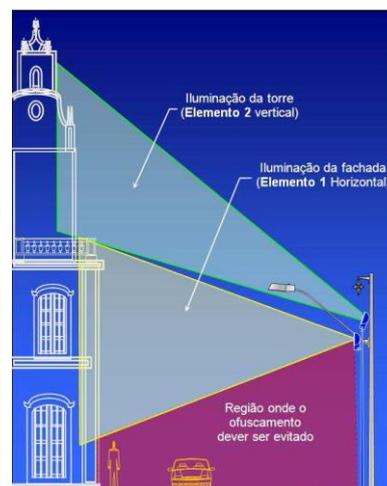


Figura 25 – Posicionamento vertical dos projetores

5 ILUMINAÇÃO PÚBLICA E O MEIO AMBIENTE

Introdução

A iluminação pública e a arborização em áreas novas devem ser implantadas conforme especificado em norma, sendo que, para cada tipo de árvore, devem ser observadas as recomendações do Manual de Arborização das Concessionárias.

Iluminação de vias com intensa arborização

Na área de concessão da Concessionária, frequentemente são encontradas vias urbanas edificadas, eletrificadas e arborizadas sem o correto planejamento. Algumas soluções desenvolvidas são apresentadas a seguir para que a iluminação pública e a arborização possam ser compatibilizadas.

Braço longo para área arborizada

Os diversos braços e suportes para iluminação pública apresentam alturas e projeções distintas que permitem com que a posição da luminária seja melhor ajustada à arborização existente com um menor impacto na mesma, como pode ser visto na Figura 26.

Para as vias com intensa arborização onde os braços usuais não resolvem a coexistência entre a iluminação pública e a arborização, poderá ser utilizado o braço longo. Para vias com até 12 metros de pista, a instalação do braço longo deve ser feita de forma unilateral, independente do tipo de disposição da rede de distribuição.



Figura 26 - Propostas de iluminação para vias com intensa arborização

Nas vias onde a pista de rolamento possui até 10 metros de largura, o braço pode ser instalado em ângulo para que a luminária permaneça sobre o eixo da pista. Independente da posteação, este arranjo deve ser implantado de forma unilateral, como apresentado na Figura 27.

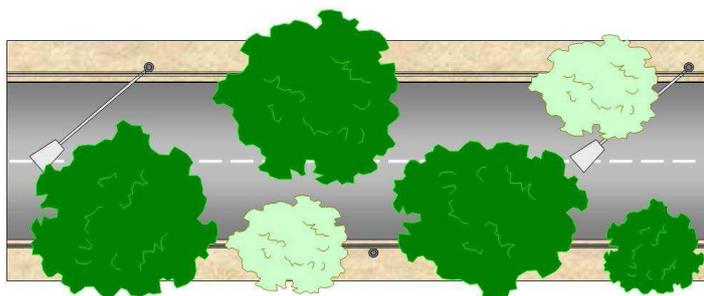


Figura 27 - Instalação do braço longo em ângulo nas vias com intensa arborização em pista de até 10

Luminárias ornamentais em segundo nível

A instalação de luminárias em segundo nível deve ser feita exclusivamente como complementação à iluminação pública da via, nos passeios onde a arborização interfere na segurança dos pedestres. O projeto deve analisar cada poste, evitando a instalação desnecessária desta alternativa onde a desobstrução da folhagem não possa ser feita.

Esta é uma opção de iluminação pública funcional sendo que também pode ser utilizada no incremento da segurança pública como, por exemplo, em postes definidos como ponto de ônibus.

Projetos específicos para passeios e praças com intensa arborização

Para as vias onde a arborização interfere de forma irremediável na iluminação, podem ser elaborados projetos específicos com a utilização de luminárias convencionais, ornamentais ou projetores, desde que os passeios tenham dimensões apropriadas.



Figura 28 - Propostas para projetos específicos de iluminação pública para passeios em áreas com intensa arborização.

Desobstrução da iluminação pública

Para melhorar a convivência da iluminação pública com a arborização, é apresentada uma equação para o cálculo de variáveis que contribuem para a desobstrução da iluminação pública. A equação considera os ângulos de máxima incidência de luz nos sentidos longitudinal e transversal à via, a sua altura de montagem e a distância da árvore.

A equação deve ser utilizada nas seguintes situações:

- na adequação dos sistemas existentes onde a posteação e as árvores já existem, permitindo definir a linha de poda dos ramos que comprometem a iluminação;
- na implantação de novos sistemas de iluminação em praças, vias e calçadas, auxiliando na definição da posição dos postes e sua distância às árvores existentes;
- na implantação de novas árvores em praças, vias e calçadas, auxiliando na definição das árvores em relação aos postes existentes.

$$Z = H - (A \cdot D)$$

Sendo:

Z - Altura mínima de um galho

H - Altura de montagem da luminária

AL - $\cot 75^{\circ} = 0,26$ (ângulo de máxima incidência de luz para o sentido longitudinal)

AT - $\cot 60^{\circ} = 0,57$ (ângulo de máxima incidência de luz para o sentido transversal)

D - Distância mínima do galho de menor altura



Figura 29 – Projeção da desobstrução longitudinal



Figura 30 – Projeção da desobstrução lateral

Iluminação decorativa de árvores - Precauções de projeto e implantação

Na iluminação decorativa de árvores, o posicionamento dos projetores deve ser estudado levando-se em conta o sistema de raízes da árvore, de forma que a passagem dos eletrodutos e a

instalação das caixas dos projetores não danifiquem a árvore. Sob nenhuma circunstância a rede principal de raízes deve ser mutilada.

Não é recomendada a iluminação decorativa de mudas, pois o desenvolvimento das plantas pode afetar a rede subterrânea ou vice versa. Esta iluminação também não produz resultados efetivos, pois não há superfícies desenvolvidas para a reflexão da luz.

Iluminação decorativa de cavernas e grutas - Precauções de projeto e implantação

As cavidades naturais conhecidas como caverna, gruta, lapa, toca, abismo e furna, constituem patrimônio natural e cultural brasileiro e, como tal, são preservadas e conservadas através de legislação específica.

A atividade humana de efeito direto, como a iluminação para fins de exploração turística, podem causar danos ao ecossistema destas formações.

Juntamente com o cálculo elétrico e luminotécnico, o cliente deve apresentar à Concessionária a aprovação ambiental do empreendimento, emitida pelo órgão competente e este documento deve ser anexado ao dossiê do projeto.

Poluição luminosa

Poluição luminosa é o brilho noturno no céu acima das áreas urbanas, provocada pela luz artificial refletida na poeira, vapor de água e outras partículas dispersas na atmosfera.

No caso da iluminação pública, a poluição luminosa é traduzida em projetos com níveis de iluminância superdimensionados e/ou falta de controle da distribuição luminosa das luminárias.

As novas luminárias utilizadas pela Concessionária estão adequadas às recomendações internacionais de proteção contra a poluição luminosa, como a utilização do vidro plano e o controle da emissão luminosa nos ângulos acima do eixo horizontal das mesmas.

Redução da interferência da iluminação pública

Quando necessário e de comum acordo entre a Concessionária e a administração municipal, as seguintes ações podem ser utilizadas no sentido de minimizar a interferência da iluminação pública:

- a) Utilização de dimerizadores, previamente aprovados na Concessionária;
- b) Redução da potência das lâmpadas instaladas, sem prejuízo da segurança pública e viária;
- c) Alteração do ângulo ou direção de montagem das luminárias.

6. MÉTODOS DE CÁLCULOS FOTOMÉTRICOS

Podem ser utilizados na iluminação os seguintes métodos para cálculos dos índices de iluminância:

- Método do fluxo luminoso (Método dos lumens);
- Método ponto a ponto.

Estes dois métodos se aplicam tanto a luminárias quanto a projetores.

Método do fluxo luminoso

A partir do valor da iluminância E (em lux), indicada para a área a ser iluminada, utiliza-se a seguinte equação:

$$\Phi_T = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot fu}$$

sendo:

Φ_T = fluxo luminoso total (lm);

E = iluminância requerida para a área (lux);

S = área a ser iluminada (m²);

h = fator de depreciação;

fu = coeficiente de utilização.

O valor de h é definido conforme tabela abaixo dependendo do grau de proteção da luminária utilizada:

Grau de proteção	Fator de depreciação (h)
IP 65	0,85
IP 66	0,90

O valor do coeficiente de utilização (U) está relacionado ao fato de que apenas uma parte do fluxo luminoso emitido pelas luminárias é aproveitada. A outra parte não é efetivamente aproveitada na área a ser iluminada. A seguir, são apresentados os valores de U em função da porcentagem do fluxo luminoso que atinge a área a ser iluminada:

- U = 1; Se todo o fluxo luminoso dos projetores se concentra na área a ser iluminada;
- U = 0,75; Se 50% ou mais do fluxo luminoso se concentra na área a ser iluminada;
- U = 0,60; Se 25% a 50% do fluxo luminoso se concentra na área a ser iluminada;
- U = 0,40; Se menos que 25% do fluxo luminoso se concentra na área a ser iluminada.

O número total de luminárias (N) é calculado através da fórmula:

$$N = \frac{\Phi_T}{\Phi_1}$$

sendo:

N = Número de luminárias;

Φ_T = fluxo luminoso total (lm);

Φ_1 = fluxo luminoso de cada lâmpada especificada (lm);

Após o cálculo do número de projetores, os mesmos devem ser localizados de forma a produzir uma iluminância uniforme.

Método ponto a ponto (método da intensidade luminosa)

Este método se baseia na lei do cosseno. Assim quando um ponto qualquer P é iluminado por uma luminária (ou projetor) a uma altura h do solo e, excetuando-se contribuições de quaisquer outras fontes de luz, tem-se que o iluminância no ponto P será igual à EP.

$$E_p = \frac{I_\alpha}{h^2} \cdot \cos^3 \alpha \quad [\text{lux}]$$

Sendo I_α a intensidade luminosa (cd) da luminária em direção ao ponto P, h a altura do solo em metros e α em graus, conforme Figura 31.

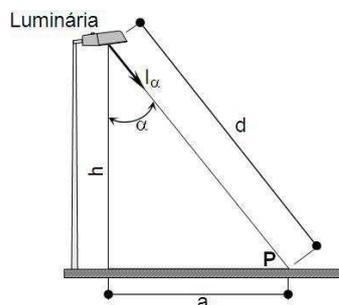


Figura 31 - Iluminância E no ponto P qualquer

Cálculo fotométrico para iluminação pública

O nível de iluminância para uma via pública pode ser calculado utilizando-se as curvas características fornecidas pelos fabricantes das luminárias e os métodos apresentados anteriormente.

A fórmula a seguir apresenta a metodologia utilizada para o cálculo do nível de iluminância E para uma luminária qualquer:

$$E = \frac{v \cdot \Phi_T \cdot F_C \cdot \eta}{1000} \quad (*)$$

sendo:

E - Nível de iluminância inicial da pista (lux);

v - Iluminância para 1.000 lúmens da lâmpada (valor fornecido pelo fabricante da luminária);

Φ_T - Fluxo luminoso total das lâmpadas utilizadas, por luminária;

F_C - Fator de correção da altura de montagem;

η - Fator de depreciação;

onde:

$$F_C = \frac{(h_1)^2}{(h_2)^2} \quad (**)$$

sendo:

h_1 = Altura das montagens apresentada na tabela utilizada;

h_2 = Altura da montagem real do projeto.

O valor da uniformidade (U) auxilia o projetista a realizar um projeto eficiente. A Tabela 11 apresenta os valores de uniformidade em função do tipo de via que está sendo iluminada.

O fator de uniformidade U é dado pela fórmula a seguir:

$$U = \frac{E_{\min}}{E_{\text{med}}}$$

A iluminância média (E_{med}) é dada pela média aritmética das iluminâncias consideradas. Ela é calculada pela fórmula a seguir:

$$E_{med} = \frac{(E_1 + E_2 + E_3 + \dots + E_n)}{n} = \sum_{x=1}^x E_n$$

Onde E_{min} é a iluminância mínima em um plano especificado.

Exemplo prático de cálculo de iluminância

O exemplo 1 a seguir apresenta um caso típico de iluminação pública de uma via pública:
Dados do projeto:

- Posteação unilateral, poste concreto conicidade reduzida (RC), 12 altura livre;
- Luminária para lâmpada VS 250 W-Tubular, IP-66;
- Fluxo luminoso de 33200lm;
- Largura da pista de rolamento de 10 metros;
- Vão de 35 metros

A planilha já foi fornecida para altura de montagem igual a 12 metros, então a equação (**) para o fator de conversão será:

$$F_C = \frac{(12)^2}{(12)^2} = 1$$

Utilizando a equação (1) e a planilha abaixo com os valores de iluminância para 1.000 lúmens, fornecido pelo fabricante, tem-se respectivamente nos pontos (0/0 m) e (17,5/10,0 m):

Y	Iluminância para 1.000 lm para duas luminárias – Lâmpada VS 250 T										
10,0	0,58	0,46	0,46	0,58	0,69	0,81	0,69	0,58	0,46	0,46	0,58
7,5	0,81	0,81	0,92	0,92	1,04	1,04	1,04	0,92	0,92	0,81	0,81
5,0	1,27	1,27	1,38	1,27	1,27	1,15	1,27	1,27	1,38	1,27	1,27
2,5	1,38	1,38	1,5	1,15	1,04	1,04	1,04	1,15	1,5	1,38	1,38
0,0	1,15	1,04	0,92	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,92	1,04	1,15
m	0,0	3,5	7,0	10,5	14	17,5	21,0	24,5	28,0	31,5	35,0

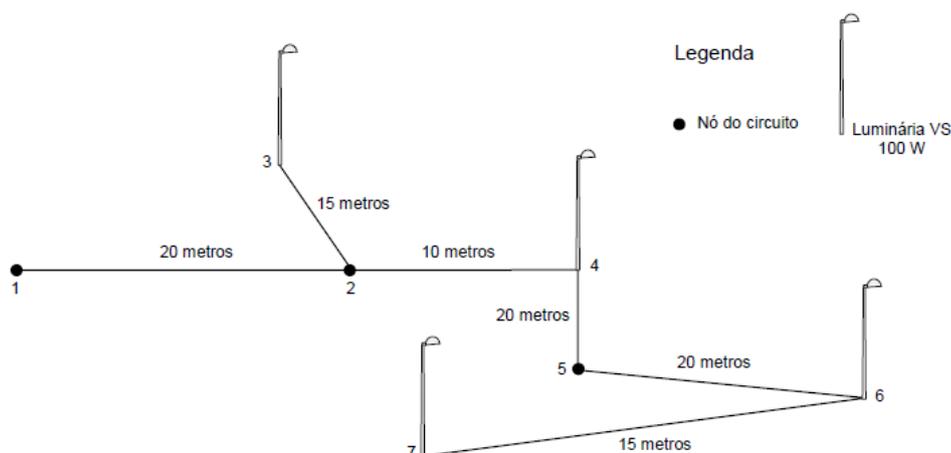
$$E_{(Ponto0/0)} = \frac{1,15 \cdot 33200 \cdot 1 \cdot 0,9}{1000} = 34,36lux$$

$$E_{(Ponto17,5/10,0)} = \frac{0,81 \cdot 33200 \cdot 1 \cdot 0,9}{1000} = 24,2lux$$

$$E_{med} = \frac{34,36 + 41,23 + 37,95 + \dots + E_{55}}{55} = 29,37lux$$

$$U = \frac{20,62}{29,37} = 0,70$$

Exemplo prático de cálculo elétrico



Dados do projeto

- Praça com RDS e 4 postes equipados com luminária semi esférica;
- lâmpada VS 100 W nos pontos 3, 4, 6 e 7;
- corrente de partida = 0,99 A;
- queda de tensão total máxima permitida ao final do circuito: 10%;
- sistema monofásico.

Critério da capacidade de condução de corrente

- corrente máxima no ponto 1 - 3,96A (soma das correntes em todas as lâmpadas = 0,99 x 4);
- conforme Tabela 5 do capítulo 10, a bitola do condutor recomendada para a corrente máxima encontrada no ponto 1 é de 16mm², não sendo necessário fazer o cálculo para os demais trechos.

Critério de queda de tensão

- conforme Tabela 5, o valor de V/A.km para o cabo de 16mm² e igual a 4,30.

Cálculo da queda de tensão por trecho

Trecho	Coeficiente unitário de queda de tensão %	Corrente (A)	Distância (km)	Queda de tensão	
				(Volts) ¹	(V%) ²
1-2	4,30	3,96	0,020	0,34	0,15
2-3		0,99	0,015	0,06	0,03
2-4		2,97	0,010	0,13	0,06
4-6		1,98	0,020	0,17	0,08
6-7		0,99	0,015	0,06	0,03
Total				0,76	0,35

*1 - Cálculo da queda de tensão em volts:
$$\Delta V = \frac{V}{A \cdot km} \cdot I(A) \cdot L(km)$$

*2 - Cálculo da queda percentual:
$$\Delta V\% = \frac{\Delta V \cdot 100}{220}$$

Como a queda de tensão máxima no fim do trecho está limitada a 10% (considerando a corrente de partida das lâmpadas), a bitola de 10 mm² atende aos critérios de queda de tensão. Caso contrário, os cálculos deverão ser refeitos para os condutores de maior bitola.

Caso seja necessário, deve ser feito o cálculo de queda de tensão do ponto de derivação da rede aérea até o transformador e o valor encontrado deve ser considerado no cálculo da rede subterrânea de alimentação da iluminação.

Para efeito de cálculo de queda de tensão e ampacidade dos condutores, deve ser utilizada a corrente de partida das lâmpadas sempre que houver comando em grupo (tomada de 50A ou caixa para comando em grupo). Nos casos de comando individual, utilizar a corrente nominal.

TABELAS

Tabela 1 - Características técnicas das lâmpadas a vapor de sódio (VS)

Potência (W)	Modelo do bulbo	Fluxo luminoso (lm)	Corrente (A) ⁽¹⁾		Vida Média (horas)
			Nominal	Partida	
70	Tubular	6.600	0,42	0,67	32.000
100		10.700	0,55	0,99	
150		17.500	0,81	1,24	
250		33.200	1,23	2,04	
400		55.000	2,24	3,58	

Notas: 1) Valores referidos para tensão de 220 volts e alto fator de potência ($p \geq 0,92$).

Tabela 2 - Características técnicas das lâmpadas a vapor de mercúrio (VM)

Potência (W)	Modelo do bulbo	Fluxo luminoso (lm)	Corrente (A) ⁽¹⁾		Vida Média (horas)
			Nominal	Partida	
80	Ovoide	3.800	0,45	0,63	10.000
125		6.300	0,69	0,97	12.000
250		13.000	1,33	1,86	
400		22.000	2,10	2,94	15.000

Notas: 1) Valores referidos para tensão de 220 volts e alto fator de potência ($p \geq 0,92$).

Tabela 3 - Características técnicas das lâmpadas a vapor metálico (VMT)

Potência (W)	Modelo do bulbo	Fluxo luminoso (lm)	Intensidade (cd)		Corrente (A) ⁽¹⁾		Vida Média (horas)
			$I_{max}^{(2)}$	$0,5 I_{max}^{(2)}$	Nominal	Partida	
35 - 10 ⁽³⁾	Refletora PAR 30 ⁽⁴⁾	---	44.000	22.000	0,53	0,8	12.000
35 - 30 ⁽³⁾			7.400	3.700			
70 - 10 ⁽³⁾			88.000	3.400	0,97	1,4	
70 - 40 ⁽³⁾			10.000	5.000			
70	Tg ⁽⁴⁾	6.700	---		0,41	0,81	
70	Tubular ⁽⁴⁾	6.300					
150	Ovoide ⁽⁴⁾	13.000			0,87	1,39	
150	Tubular ⁽⁴⁾	15.000					
400	Tubular	32.000					2,24

Notas: 1) Valores referidos para tensão de 220 volts e alto fator de potência ($p \geq 0,92$);

2) Valores de intensidade máxima (I_{max}) e meia intensidade máxima ($0,5 I_{max}$) em candelas p/ 1.000 lm;

3) Ângulo de abertura do fecho luminoso

4) Tubo de arco cerâmico com tratamento anti-UV.

Tabela 4 - Características técnicas dos reatores

Tipo de lâmpada (220 V - 60 Hz)	Potência do reator (W)	Perdas Máximas (W)	Fator de potência
VS	70	14	0,92
	100	17	
	150	22	
	250	30	
	400	38	
VM	80	11	
	125	14	
	250	20	
	400	26	
VMT	35	10	
	70	14	
	150	25	

Tabela 5 - Cabos de alumínio - f.p. = 0,92 - Condução de corrente e queda de tensão

Conductor de alumínio bitola (mm ²)	Capacidade de corrente nominal (A)		Coeficiente unitário de queda de tensão (V / A.km)	
	2 Condutores	3 Condutores	Sistema trifásico	Sistema monofásico
10	56	47	5,81	6,86
16	73	61	3,70	4,30
25	93	78	2049	2,70
50	132	112	1,32	1,51
70	163	138	1,09	1,08
120	220	186	0,67	0,65
240	321	272	0,39	0,38

Nota - Dados Aicoa - Cabo Forex XLPE / EPR - Sem Cobertura - 0,6 / 1 kV

Tabela 6 - Dimensionamento de eletroduto de aço conforme tipo e taxa de ocupação

Seção nominal (mm ²)	Seção final com isolamento (mm ²)	Diâmetro do eletroduto (pol)		
		Taxa de ocupação		
		2	3	4
10	43	3/4	1	1
16	55	1	1	1 1/2
25	72	1	1 1/2	1 1/2
50	132	1 1/2	1 1/2	2
70	165	1 1/2	2	2
120	269	2	2	3
240	452	3	3	3

Tabela 7 - Dimensionamento de caixas de inspeção conforme seção e número de condutores

Seção nominal dos condutores (mm ²)	Número de condutores	
	2 ou 3	4
10	ZA	ZB
16		
25		
50		
70	ZB	ZC
120		
240	ZC	ZC

Nota - Referência ND-2.3 - Instalações Básicas de Redes Subterrâneas

Tabela 8 - Critérios básicos para iluminação pública para vias

Tipo de localidade	Características	Vias de trânsito rápido (80 km/h) e arterial (60 km/h)				Vias coletora e central (40 km/h)				Via local (30 km/h)	
		Pista de Rolamento (metros)				Pista de Rolamento (metros)				Pista de Rolamento (metros)	
		<12	12-16	16-20	20-26	<8	8-12	12-16	16-20	20-26	<10
A > 100.000 ⁽¹⁾	Disposição			BA	BF	U					
	Luminária			VP		VP					VP
	Braço			Pesado		Médio		Pesado		Curto	Médio
	Lâmpada			250		100		150		250	100
B De 50.000 a 100.000	Disposição	U		BA	BF	U		BA	BF		U
	Luminária			VP		VP		VP			VP
	Braço			Médio	Pesado	Curto		Médio	Pesado	Curto	Médio
	Lâmpada			150	250	100		150		100	100
C De 10.000 a 50.000	Disposição	U		BA	BF	U		BA	BF		U
	Luminária			VP		VP		VP			VP
	Braço			Médio	Pesado	Curto		Médio	Pesado	Curto	Médio
	Lâmpada			150	250	100		150		100	100
D De 6.000 a 10.000	Disposição	U		BA	BF	U		BF			U
	Luminária	VP		VP		VP					VP
	Braço			Médio		Curto		Médio		Curto	
	Lâmpada			150		100				100	100
E De 2.000 a 6.000	Disposição	U		BA		U		BA			U
	Luminária			VP		VP					VP
	Braço	Curto		Médio		Curto		Médio		Curto	
	Lâmpada	100		150		100				100	100
F < 2.000	Disposição	U				U					U
	Luminária	VP				VP					VP
	Braço	Curto				Curto				Curto	
	Lâmpada	100				100				100	100

Notas:

- O tipo de localidade é classificada em função do número de consumidores
- A tabela acima é orientativa para os projetos IP convencionais.
- Nos projetos de convencionais de IP em vias com canteiro central de até 3 metros, considerar a soma das duas pistas como uma pista única de rolamento.
- Para projetos de loteamentos novos com vão máximo de 45 metros, devem ser utilizados braços médios e VS 100 W, conforme critérios descritos no relatório EG/PR-3009/2001 "Análise de Viabilidade do Aumento do Vão de Rede Urbana".
- Para os projetos de substituição de lâmpadas VM por VS com a troca das luminárias, observar as correspondências na tabela 9.1.
- Para os projetos de reforma ou manutenção de luminárias VS com reator externo, com a troca das luminárias observar as correspondências na Tabela 9.2 ao lado.

Tabela 9 – Projetos de substituição de lâmpadas VM por VS

VM	2x400 W	400 W	250 W	125 e 80 W
VS	250 W	150 ou 250 W	150 ou 70 W	100 ou 70 W

Tabela 10 – Projetos de reforma ou manutenção de lâmpadas VS

VS	2x400 W ou 2x350/360 W	400 W ou 350/360 W	70 W
VS	400 W ou 250 W	250 W	70 ou 100 W

Tabela 11 - Níveis de iluminância e uniformidade para vias

Tipo de Localidade	Vias rurais		Vias de trânsito rápido e arterial		Vias coletora e central		Via local	
	E_{med}	U	E_{med}	U	E_{med}	U	E_{med}	U
A	35	< 0,4	30	< 0,4	20	< 0,3	5	< 0,2
B			20	< 0,3	15	< 0,3	5	< 0,2
C			15	< 0,3	10	< 0,3	5	< 0,2
D	40	< 0,4	10	< 0,2	5	< 0,2	5	< 0,2
E			5	< 0,2	5	< 0,2	5	< 0,2
F			5	< 0,2	5	< 0,2	5	< 0,2

Legenda

E_{med} - Iluminância média em lux;
 U - Fator de uniformidade - $U = E_{min}/E_{med}$;
 E_{max} - Iluminância máxima em lux;
 E_{min} - Iluminância mínima em lux.

Tabela 12 - Níveis de iluminância e uniformidade para pedestres

Classe de Iluminação	Iluminância Horizontal Média (Lux) (E_{med})	Fator de Uniformidade Mínimo $U = E_{min}/E_{med}$
P1 - Uso noturno muito intenso por pedestres	20	0,3
P2 - Uso noturno intenso por pedestres	10	0,25
P3 - Uso noturno pouco ou moderado por pedestres	5	0,25

Tabela 13 - Níveis de iluminância e uniformidade para ciclovias e ciclo faixas

	Iluminância Horizontal Média (Lux) (E_{med})	Fator de Uniformidade Mínimo $U = E_{min}/E_{med}$
Pistas	5 lux	0,3
Cruzamentos com vias de tráfego motorizado	10 lux	0,3

Tabela 14 - Níveis de iluminância para fachadas e monumentos em função do entorno e da refletância da superfície

Refletância predominante da superfície		Iluminação do entorno		
		Baixo Áreas rurais pouco iluminadas	Médio Áreas urbanas iluminadas	Alto Áreas urbanas centrais muito iluminadas
Alta	Mármore ou pastilhas	20 lux	30 lux	60 lux
Média	Concreto, pedra ou pintura clara	40 lux	60 lux	120 lux
Baixa	Tijolo vermelho ou pintura escura	80 lux	120 lux	240 lux

Tabela 15 - Características construtivas das lâmpadas padronizadas

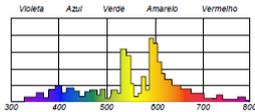
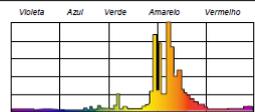
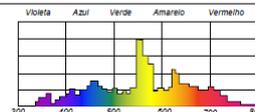
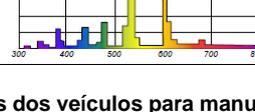
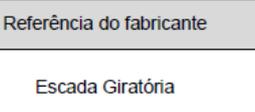
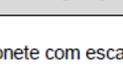
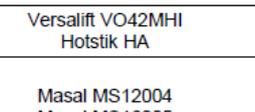
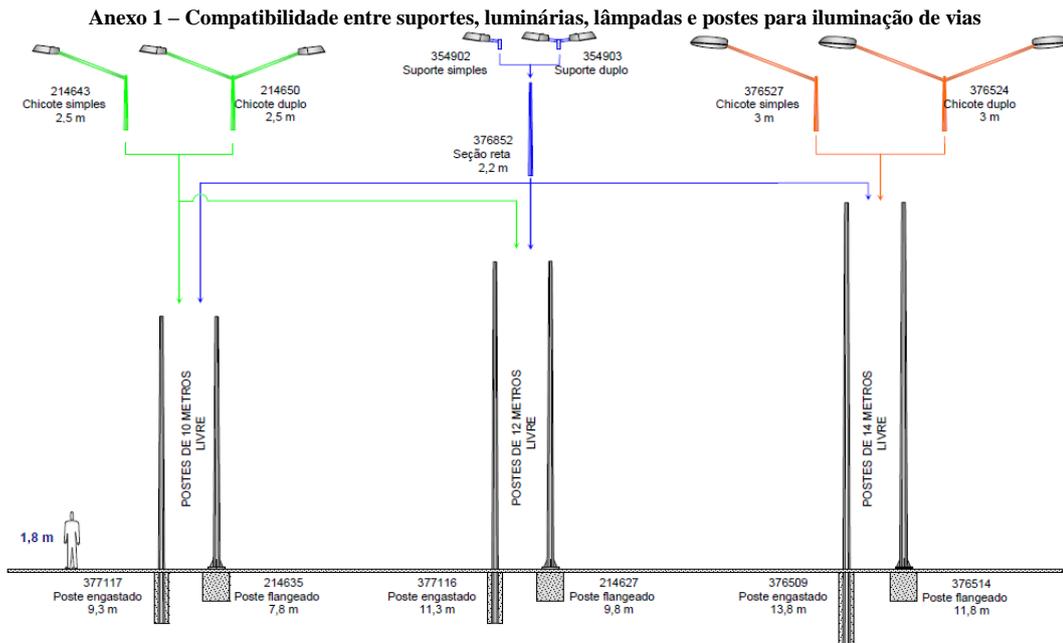
Tipo	W	Base	Formato do Bulbo	Posição de funcionamento	IRC	TCC (%)	Distribuição espectral	Aplicação
Vapor de mercúrio	80 125	E-27		Universal	45 - Bom	4.500		Devem ser utilizadas na manutenção da iluminação pública a vapor de mercúrio existente.
	250 400	E-40						
Vapor de sódio	70	E-27		Universal	23 - Funcional	2.100		Devem ser instaladas em projetos novos, reforma, melhoramento, extensões, trevos, rotatórias, passagens em nível, túneis, rodovias, vias especiais. Podem ser instaladas na iluminação pública decorativa de praças, em segundo nível, calçadas, fachadas e monumentos.
	100 150 250 400	E-40						
Vapor metálico	35 70	E-27		Universal	85 - Muito bom	3.000		Devem ser utilizadas na iluminação de praças, áreas verdes, em segundo nível, calçadas, ciclovias bem como na iluminação decorativa de fachadas, monumentos e árvores.
	70	G-12						
	150	E-40						
	400					4.500		Devem ser utilizadas na iluminação decorativa de fachadas, monumentos e árvores

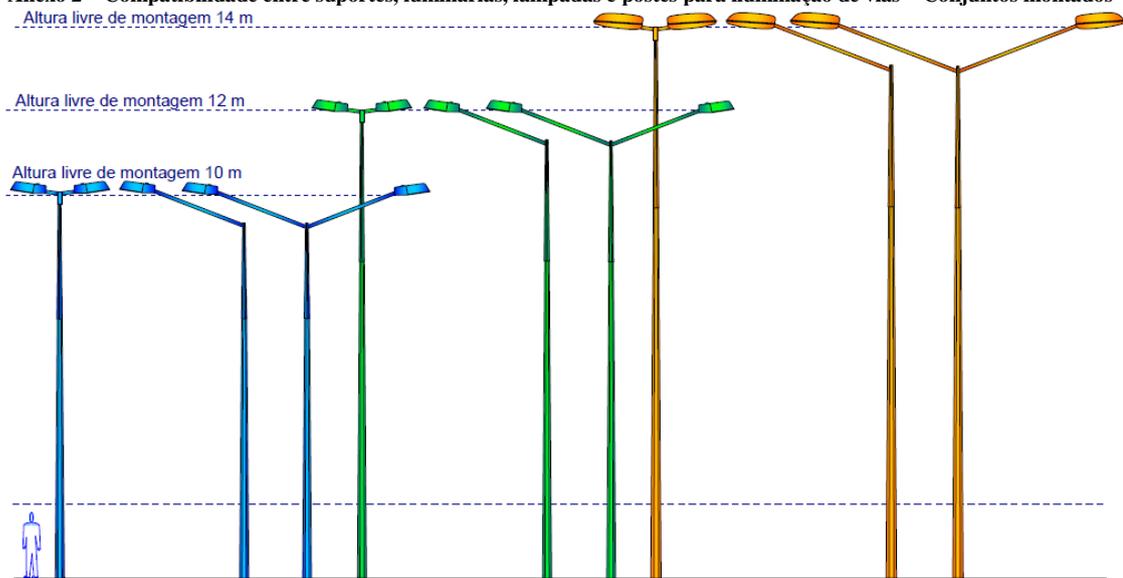
Tabela 16 – Características dos veículos para manutenção da IP

Configuração	Referência do fabricante	Altura de Trabalho ⁽¹⁾
Caminhonete com escada giratória	Escada Giratória	8,5 m
Cesta Aérea Leve (Caminhonete)	SkyRitz 10L Hidrogrubert Hidrauguincho	10,0 m
Cesta aérea isolada 01 caçamba (Caminhão Leve – Tipo 3/4)	SkyRitz 13L	13,0 m
Cesta aérea isolada 02 caçambas (Caminhão Médio)	Versalift VO42MHI Hotstik HA	14,4 m 15,0 m
Guindauto equipado com caçamba (Caminhão Médio)	Masal MS12004 Masal MS16005	12,4 m 16,5 m

(1)- A altura de trabalho corresponde à distância do solo à borda da caçamba, com o caminhão posicionado ao lado do poste.



Anexo 2 – Compatibilidade entre suportes, luminárias, lâmpadas e postes para iluminação de vias – Conjuntos montados



Anexo 3 – Compatibilidade entre suportes, luminárias lâmpadas, e postes para iluminação decorativa

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-5413** – Iluminância de Interiores. Rio de Janeiro, 1992.

CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais. Manual de Distribuição: Projetos de Iluminação Pública. Belo Horizonte, 2012.

COPEL - Companhia Paranaense de Energia. Manual de iluminação pública. Curitiba, 1998.

COTRIM, Ademaro A. M. B. **Instalações Elétricas**. Revisão e adaptação técnica em conformidade com a NBR 5410 de Geraldo Kindermann. 4. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2006. 678 p.

FINOCCHIO, Marco Antonio Ferreira. **Higiene do Trabalho Agentes Físicos: Iluminação**. Apostila do Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho. Publicação interna, UTFPR-CP, 2007.

FINOCCHIO, Marco Antonio Ferreira. Apostila: Luminotécnica e lâmpadas elétricas. Disciplina Engenharia de iluminação. Cornélio Procópio: Publicação Interna UTFPR/CP, 2013.

FONSECA, Rômulo Soares. **Iluminação Elétrica**. McGraw-Hill do Brasil. 6. MOREIRA, Vinicius de Araújo. **Iluminação e Fotometria** – Teoria e Aplicação. 3. ed. rev. e amp. Edgard Blucher.

PHILIPS. **Iluminação** – Noções Básicas de Iluminação. Informação de produto – Informação de Aplicação.

PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Manual de Iluminação. Rio de Janeiro, 2011.

OSRAM. **Manual Luminotécnico Prático**. 2000.

RODRIGUES, Pierre. **Manual de Iluminação Suficiente**. PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, 2002.

SILVA, Mauri Luiz da. **Luz Lâmpadas & Iluminação**. 3. ed. Ciência Moderna.