



**METODOLOGIA DE ESTUDO E ANÁLISE DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA DE
ENGENHEIRO COELHO/SP**

Prefeitura de Engenheiro Coelho

Diretoria de Meio Ambiente



Sumário

1.	LEGISLAÇÃO SOBRE ILUMINAÇÃO PÚBLICA.....	3
2.	METODOLOGIA DAS SOLUÇÕES DE ENGENHARIA.....	11
2.1	Critérios luminotécnicos	11
2.1.1	Iluminância.....	11
2.1.2	Fator de uniformidade.....	11
2.1.3	Luminância	11
2.1.4	Temperatura de cor correlata	12
2.1.5	Índice de reprodução de cor	13
2.1.6	Poluição luminosa	13
3.	PRINCIPAIS COMPONENTES DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA	15
4.	REQUISITOS BÁSICOS PARA ILUMINAÇÃO DE VIAS PÚBLICAS.....	28
5.	PROJETOS DE SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA EFICIENTES	40
6.	A CIDADE DE ENGENHEIRO COELHO/SP	51
6.1	ORIGENS.....	Erro! Indicador não definido.
6.2	BAIRROS	52
6.3	GEOGRAFIA.....	53
6.4	RODOVIAS	Erro! Indicador não definido.
6.5	TAXA DE CRESCIMENTO VEGETATIVO ESTIMADO	53
7.	NECESSIDADES ESPECIAIS DO PROJETO	54
7.1	NIVEL BOLHA PREFERENCIALMENTE ACOPLADO OU TESTE FEITO POR FERRAMENTA EXTERNA E ANGULAÇÃO DAS LUMINÁRIAS.....	54
7.2	FATOR DE POTÊNCIA $FP \geq 0,97$	56
7.3	VIDA ÚTIL MÍNIMA DA LUMINÁRIAS EM 70.000H CONFORME CERTIFICADO	57
7.4	SOLICITAÇÃO DE LUMINÁRIA COM VIDRO TEMPERADO.....	58
7.5	SOLICITAÇÃO DE DPS COM MÍNIMO DE 20KA	59
7.5.1	SURTO ELÉTRICO.....	60
7.5.2	ANOMALIAS DA REDE ELÉTRICA – ANÁLISE DO SURTO ELÉTRICO.....	61
7.5.3	INCIDÊNCIA DE RAIOS ELÉTRICOS EM SÃO PAULO.....	62
7.5.4	NORMATIVA RESPONSÁVEL PELA CONFORMIDADE DOS ENSAIOS.....	64
7.6	PORQUE APÓS O PAGAMENTO DA ÚLTIMA PARCELA OS BENS SERÃO REVERTIDOS EM DOAÇÃO PARA A PREFEITURA.	65
8.	DA MEMÓRIA DE CÁLCULO DOS TEMPOS DE EXECUÇÃO	67



1. LEGISLAÇÃO SOBRE ILUMINAÇÃO PÚBLICA

INTRODUÇÃO

A iluminação pública é um serviço essencial para os centros urbanos, por contribuir para a segurança da população e para o tráfego de veículos. Além de iluminar ruas, avenidas, praças, monumentos históricos e demais logradouros públicos, se constitui num importante fator para melhoria da imagem das cidades, favorecendo o comércio, o turismo e o lazer.

Do ponto de vista constitucional, a prestação dos serviços públicos de interesse local - nos quais se insere a iluminação pública -, é de competência dos Municípios. Por se tratar, também, de um serviço que requer o fornecimento de energia elétrica, está submetido, nesse particular, à legislação federal.

Em dezembro de 2014 findou o prazo para que as empresas distribuidoras de energia elétrica transferissem todos os ativos da iluminação pública para os respectivos municípios (prefeituras municipais).

Apesar de haver ainda algumas disputas jurídicas sobre essa transferência, a grande maioria dos municípios brasileiros vem, de uma forma ou outra, se capacitando para poder gerir a iluminação pública. Infelizmente o que se vê, na maioria dos municípios brasileiros, é um verdadeiro caos. Falta preparo técnico e gerencial.

A ILUMINAÇÃO PÚBLICA COMO UM SERVIÇO DE COMPETÊNCIA MUNICIPAL

A Constituição Federal do Brasil, no seu artigo 30, inciso V, estabelece que compete aos Municípios “organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local”. Baseado nesse preceito, e considerando que a iluminação pública é um serviço público, predominantemente, de interesse local, a sua organização e prestação é, portanto, de competência do Município.

“O serviço de iluminação pública é de peculiar interesse do Município e a este compete, por não ter sido reservado à União, no nosso ordenamento jurídico”. (MEIRELLES, 1988, pg. 266).

Prefeitura de Engenheiro Coelho

Diretoria de Meio Ambiente



No caso da iluminação pública não se utiliza o contrato de concessão para sua exploração, considerando que a remuneração por meio da cobrança individual de tarifas aos usuários é impraticável, pelo fato de ser um serviço usufruído genérica e compulsoriamente por toda a população.

Entretanto, as atividades de projeto, implantação, expansão, operação e manutenção, podem ser prestadas diretamente por órgão ou empresa pública municipal, e mediante contrato administrativo, por concessionárias de energia elétrica ou empresas de engenharia.

Em muitos casos, as prefeituras instituem a cobrança de uma contribuição aos consumidores de energia elétrica e aos proprietários de terrenos urbanos, para cobertura dos custos de manutenção do sistema de iluminação pública. Mesmo se constituindo numa fonte específica de receita para o Município, a cobrança dessa taxa, geralmente conhecida como Contribuição para Custeio do Serviço de Iluminação Pública ou CIP/COSIP, tem enfrentado contestações jurídicas sobre sua legalidade.

Fiscalização do Serviço de Iluminação Pública

As prefeituras devem adotar um adequado sistema de fiscalização, estabelecendo métodos eficazes de controle para assegurar a qualidade do serviço de iluminação pública, tanto no caso de sua prestação direta, quanto nos casos de contratos com concessionárias de energia elétrica ou empresas de engenharia.

Ao Município, compete, também, definir a sua política de iluminação pública, planejar o sistema de iluminação pública, definir padrões técnicos e implementar programas de combate ao desperdício de energia elétrica com a utilização de equipamentos energeticamente eficientes.

“O Município não pode, validamente, abdicar dos seus poderes de definição da política de iluminação pública, e, em se tratando de contrato, não pode abster-se também do seu dever de orientar e fiscalizar a execução do serviço”. (MEIRELLES, 1988, pg. 268).

LEGISLAÇÃO SOBRE O FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA

Prefeitura de Engenheiro Coelho

Diretoria de Meio Ambiente



A Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, constituída em 06 de outubro de 1997, através do Decreto 2.335, é o órgão regulador e fiscalizador dos serviços de energia elétrica no Brasil. A ANEEL passou a funcionar a partir do dia 02 de dezembro de 1997, em substituição ao Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica – DNAEE.

A Resolução 456 da ANEEL regulamentou as condições de fornecimento de energia elétrica para iluminação pública, e as condições gerais de fornecimento e o relacionamento entre concessionárias de serviço público de energia elétrica e seus consumidores.

Essa Resolução, publicada em 29 de novembro de 2000 era, especificamente, o instrumento legal que estabelecia as condições a serem observadas no fornecimento de energia elétrica destinado a iluminação pública.

Ela apresentava vários artigos que envolviam o relacionamento entre as PMs e a concessionária de energia elétrica e sua publicação veio a revogar as antigas Portaria DNAEE Nº 158, de 17 de outubro de 1989 e a Portaria DNAEE Nº 466, editada em 12 de novembro de 1997, dentre outras.

Por meio do Artigo 218 da Resolução Normativa 414/2010, determinou-se a transferência do sistema de iluminação pública das concessionárias de energia elétrica para a pessoa jurídica de direito público competente, ou seja, as Prefeituras Municipais.

Atualmente os principais assuntos de interesse das prefeituras municipais no que diz respeito à iluminação pública, estão contidos na Resolução ANEEL 1000/2021, que substituiu a Resolução 414/2010.

CONCEITUAÇÃO DO SERVIÇO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA

Conceituando objetivamente, a classe de iluminação pública é definida no art. 189 da Resolução ANEEL 1000/2021 da seguinte forma:

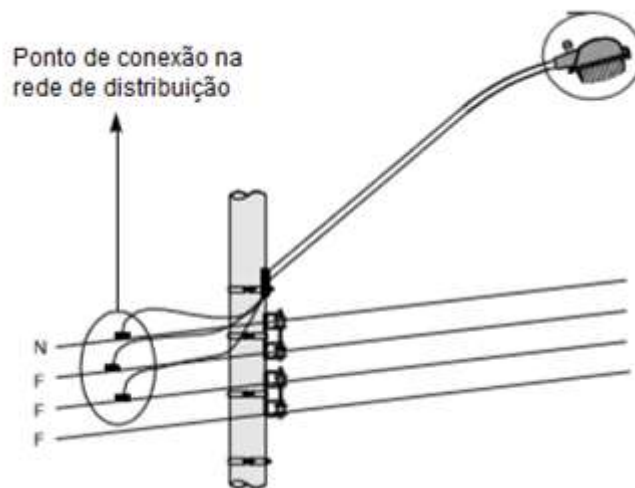
“Deve ser classificada na classe iluminação pública a unidade consumidora destinada exclusivamente à prestação do serviço público de iluminação pública, de responsabilidade do poder público municipal ou distrital ou daquele que receba essa

delegação, com o objetivo de iluminar: [...] vias públicas destinadas ao trânsito de pessoas e veículos [...] Bens públicos destinados ao uso comum do povo [...].”

PONTO DE CONEXÃO DE ENERGIA ELÉTRICA PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA

De acordo com a Resolução 1000/2021 o ponto de conexão quando se tratar de ativos de iluminação pública será a conexão da rede elétrica de distribuição da concessionária com as instalações elétricas de iluminação pública. A Figura 1.1 ilustra o local do ponto de conexão.

Figura 1.1 – Ponto de conexão para IP



Conforme os critérios apresentados pela ANEEL, as cargas de iluminação pública devem ser separadas das demais cargas para a aplicação tarifária, mediante instalação de medição exclusiva ou estimativa do consumo.

TARIFAS DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA

A aplicação das tarifas deve observar as classes e subclasses estabelecidas no Artigo 2º da Resolução 1000/2021. Essa resolução define que a Iluminação Pública participa da Classe Poder Público, do subgrupo B4, do grupo tarifário B.

A classe iluminação pública, de responsabilidade de pessoa jurídica de direito público ou por esta delegada mediante concessão ou autorização, caracteriza-se pelo fornecimento para iluminação de ruas, praças, avenidas, túneis, passagens subterrâneas, jardins, vias, estradas, passarelas, abrigos de usuários de transportes coletivos, logradouros de uso comum e livre acesso, inclusive a iluminação de monumentos, fachadas, fontes luminosas e obras de arte de valor histórico, cultural

Prefeitura de Engenheiro Coelho

Diretoria de Meio Ambiente



ou ambiental, localizadas em áreas públicas e definidas por meio de legislação específica, exceto o fornecimento de energia elétrica que tenha por objetivo qualquer forma de propaganda ou publicidade, ou para realização de atividades que visem a interesses econômicos.

Conforme disposto no artigo 190, o subgrupo ao qual a iluminação pública tem suas tarifas aplicadas é o subgrupo B4a.

Faturamento do Consumo de Energia Elétrica na Iluminação Pública

A concessionária não é obrigada a instalar equipamentos de medição no fornecimento para iluminação pública. Nesse caso, os valores de consumo de energia elétrica e/ou demanda de potência ativas serão estimados, para fins de faturamento, com base no período de consumo e na carga instalada, incluída a carga própria dos equipamentos auxiliares (reator/ignitor).

Para fins de faturamento da energia elétrica destinada à iluminação pública ou à iluminação de vias internas de condomínios, o tempo a ser considerado para consumo diário deve ser de 11 (onze) horas e 52 (cinquenta e dois) minutos, ressalvado o caso de logradouros que necessitem de iluminação permanente, em que o tempo é de 24 (vinte e quatro) horas por dia do período de fornecimento.

MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

O combate ao desperdício de energia elétrica é um programa prioritário no Brasil e, para incentivar ações nesse sentido, a legislação prevê a renegociação dos contratos de fornecimento dos consumidores que efetivamente as adotarem. Nesse sentido, o artigo 134 da Resolução 1000/2021 estabelece:

“A distribuidora deve ajustar o contrato em razão da implementação de medidas de eficiência energética e/ou da instalação de micro ou minigeração distribuída, observadas as seguintes condições”.

PARTICIPAÇÃO FINANCEIRA NOS INVESTIMENTOS

No contrato a ser firmado entre a prefeitura e a concessionária de energia elétrica, devem ser definidos, não só os critérios de participação financeira para atender o serviço de iluminação padronizada (ver item Ponto de Conexão de Energia Elétrica

Prefeitura de Engenheiro Coelho

Diretoria de Meio Ambiente



para Iluminação Pública), mas os de participação financeira para implantação e expansão das redes de distribuição que atendem os sistemas de iluminação pública.

Até o ponto de conexão de energia elétrica, é de responsabilidade da concessionária, elaborar os projetos, executar as obras necessárias ao fornecimento e participar financeiramente, nos termos da legislação específica, bem como operar e manter o seu sistema elétrico.

PRAZO PARA PAGAMENTO DA CONTA DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA

O prazo, para vencimento das contas de iluminação pública, contados da data da respectiva apresentação, é de 10 (dez) dias úteis.

RESPONSABILIDADES E OBRIGAÇÕES DA CONCESSIONÁRIA

De acordo com a legislação vigente, as concessionárias de energia elétrica devem:

- Fornecer energia elétrica com regularidade, continuidade, eficiência, segurança, atualidade (modernidade), generalidade, cortesia e modicidade das tarifas.
- Disponibilizar material informativo com os principais direitos e deveres, tal como desenvolver e implementar em caráter rotineiro campanhas para informar, divulgar, orientar, esclarecer e atualizar os consumidores.
- Realizar leitura para fins de faturamento de unidade consumidora e/ou distribuidora que se conecte a rede, sendo as leituras do grupo B realizadas em intervalos aproximados de 30 dias.

De acordo com a norma, há dois métodos de análise da potência consumida (kWh) pela iluminação pública, sendo a primeira através do uso de medidores em cada ponto de iluminação e a segunda através dos cálculos matemáticos para estimar o valor total, sendo esse o método mais utilizado pelas concessionárias. Nele temos que:

- Soma-se a potência das lâmpadas instaladas e as respectivas perdas nos reatores (quando houver);
- multiplica-se pelo número de horas em que a iluminação pública fica ligada no mês;
- o resultado daí obtido, dividido por 1.000 (mil), totaliza o consumo de energia elétrica, em kWh (quilowatt-hora).

Prefeitura de Engenheiro Coelho

Diretoria de Meio Ambiente



Vale salientar que nem todos as concessionárias incluem os valores das perdas dos equipamentos auxiliares no faturamento de energia elétrica da iluminação pública. Entretanto, esta questão deve ser definida no contrato de fornecimento a ser efetuado entre a Prefeitura Municipal e a concessionária. Geralmente, em virtude da existência de lâmpadas de várias potências nos sistemas de iluminação pública, é comum adotar-se como valor médio de perdas nos reatores, 10% da potência total instalada.

DA ELABORAÇÃO DOS PROJETOS

A elaboração de projeto, a implantação, expansão, operação e manutenção das instalações de iluminação pública são de responsabilidade do ente municipal ou de quem tenha recebido deste a delegação para prestar tais serviços

O CONSUMIDOR E A UNIDADE CONSUMIDORA

Consumidor é a pessoa física ou jurídica que solicite o fornecimento do serviço à distribuidora, assumindo as obrigações decorrentes desta prestação à sua unidade consumidora.

No caso da iluminação pública, quando não existe uma empresa municipal de iluminação pública, essa responsabilidade é atribuída a uma das Secretarias Municipais a que os serviços estejam ligados ou subordinados.

A unidade consumidora pode ser constituída pelo conjunto de lâmpadas de um subsistema de iluminação pública: rua, praça, bairro etc., o que pode ser constatado, na prática, pela forma de faturamento das próprias concessionárias, até mesmo nos casos em que não há medição.

O PEDIDO DE FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA

A Prefeitura Municipal deve efetuar formalmente à concessionária, o pedido de fornecimento de energia elétrica para os sistemas de iluminação pública. Para tanto, a Prefeitura Municipal deve assegurar que as instalações elétricas da iluminação pública estejam de acordo com as normas da ABNT, e com os padrões da rede de distribuição da concessionária.

O fornecimento de energia elétrica caracteriza negócio jurídico, sendo obrigatória a celebração, por escrito, do Contrato de Adesão ou Contrato de Prestação de Serviço Público de Distribuição de Energia Elétrica. Neste, são declarados e explícitos os

Prefeitura de Engenheiro Coelho

Diretoria de Meio Ambiente



termos do contrato, como: Objeto, Vigência, Tarifa, Direitos e Deveres do Consumidor, Interrupção etc.

O Esclarecimento de dúvidas, sugestões, reclamações, denúncias e/ou sugestões devem ser resolvidos junto a ouvidoria da distribuidora, se houver, à agência estadual conveniada ou, na inexistência dessa, devem ser resolvidos junto a ANEEL.



2. METODOLOGIA DAS SOLUÇÕES DE ENGENHARIA

Apresentam-se a seguir as metodologias que consubstanciaram as propostas descritas neste relatório.

2.1 Critérios luminotécnicos

Os critérios luminotécnicos tratados na presente seção estão relacionados com as principais definições técnicas que foram consideradas ao longo do desenvolvimento das soluções de engenharia.

2.1.1 Iluminância

A iluminância é o critério que avalia a quantidade de raios luminosos que incide sobre uma determinada área de análise, ou seja, a intensidade do fluxo luminoso (medido em lúmens ou lm) nesta mesma área, sendo mensurada em lux (lx ou lm/m²). A norma de iluminação pública ABNT NBR 5101:2018 estabelece níveis mínimos de iluminância média EMED (média das iluminâncias medidas entre dois postes) de acordo com a utilização das vias públicas por veículos e pedestres, os quais são abordados na seção 4.4.2 deste relatório.

2.1.2 Fator de uniformidade

O fator de uniformidade apresenta uma metodologia de avaliação em relação ao quão uniforme um ambiente está iluminado. Este fator é calculado pela razão entre a menor iluminância registrada ao longo das medições realizadas e a iluminância média EMED. Ressalta-se que quanto mais próxima a iluminância mínima estiver próxima de EMED, corresponde a ambientes mais uniformes e, conseqüentemente, com menores concentrações de áreas com sombreamento.

2.1.3 Luminância

A luminância se refere a uma intensidade luminosa que atinge o observador e que pode ser proveniente de reflexão de uma superfície ou de uma fonte de luz ou, simplesmente, de um feixe de luz no espaço. Não obstante, a luminância média LMED é dada pelo valor médio da luminância na área delimitada pelas malha de pontos considerada, ao nível da via. Sua unidade é em candelas por metro quadrado (cd/m²).

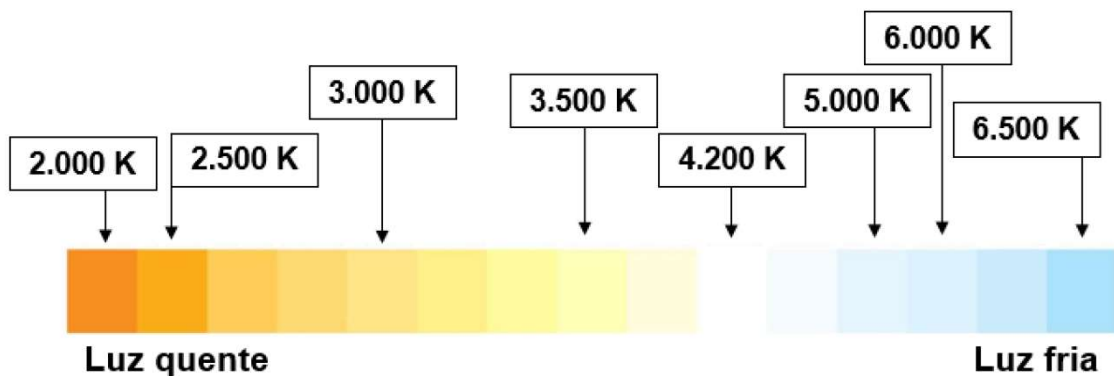
Assim como para iluminância existe a avaliação do fator de uniformidade, para a luminância existe a avaliação da uniformidade global, obtida pela razão entre a

luminância mínima e a luminância média LMED e, portanto, representando o quão uniforme a intensidade luminosa incide sobre o observador ao longo da área analisada.

2.1.4 Temperatura de cor correlata

A temperatura de cor correlata (TCC) de uma fonte de luz não está relacionada com a emissão de calor, mas com a sensação de conforto que essa proporciona em determinado ambiente. Usualmente é dada em Kelvin [K]. A figura a seguir apresenta uma escala das temperaturas de cor de fontes de luz.

Figura 2.1. Escala de temperatura de cor de fontes de luz.



Fonte: Elemental LED – Adaptado (2023) - Acessado em 14/05/2023. Disponível em: <
<https://www.elementaled.com/correlated-color-temperature-and-kelvin/>>

A definição adequada da TCC em determinado ambiente é fundamental sob uma série de aspectos, uma vez que pode modificar a sensação que as pessoas têm de um ambiente e interferir no índice de reprodução de cor, reproduzindo com mais ou menos fidelidade as cores de superfícies e objetos que compõem esse ambiente.

Ao longo do desenvolvimento das soluções propostas no presente relatório, ressalta-se que foram assumidas premissas em relação à classe de iluminação de cada uma das vias, conforme apresentado a seguir:

- Em vias com classe de iluminação V1 e V2, assume-se a utilização de luminárias LED com TCC menor ou igual a 5.000 K;
- Em vias com classe de iluminação V3 a V5, assume-se a utilização de luminárias LED com TCC menor ou igual a 4.000 K;



- Em locais públicos, conforme descrito pela definição de IAE, consideram-se luminárias LED com TCC menor ou igual a 4.000 K.

2.1.5 Índice de reprodução de cor

Conforme a Portaria nº 20 do INMETRO, o índice de reprodução de cor (IRC) de uma fonte de luz é um conjunto de cálculos que fornece a medida do quanto as cores percebidas do objeto iluminado por esta fonte se aproximam daquelas do mesmo objeto iluminado por uma fonte padrão (iluminante de referência). Corresponde à relação entre a cor real de um objeto ou superfície e a aparência percebida diante de uma fonte luminosa.

A quantificação é dada pelo índice de reprodução de cor geral (Ra), que varia de 0 a 100. O significado do Ra é uma medida do quanto a reprodução das cores por uma determinada fonte de luz se aproxima daquela reprodução obtida pela luz natural. Dessa forma, quanto maior o valor de Ra, melhor a reprodução da cor, ou seja, maior a fidelidade na percepção das cores de objetos ou superfícies. Além disso, apresentam-se classificação de reprodução fidedigna das cores, conforme a tabela a seguir.

Tabela 2.1 – Classificação do IRC

Nível	Classificação / nível	Reprodução
Nível 1	1a: $90 < IRC < 100$	Excelente
	1b: $80 < IRC < 90$	Muito boa
Nível 2	2a: $70 < IRC < 80$	Boa
	2b: $60 < IRC < 70$	Razoável
Nível 3	3a: $40 < IRC < 60$	Regular
	3b: $20 < IRC < 40$	Insuficiente

Fonte: Iluminação Elétrica (2015)

Cabe ressaltar que, em termos de reprodução fidedigna das cores, a Portaria N° 20 do INMETRO estabelece que as luminárias LED com padrão viário devem possuir, minimamente, um IRC de 70%. Dessa forma, utiliza-se essa premissa para propor soluções em vias de veículos.

2.1.6 Poluição luminosa

De acordo com ABNT NBR 5101:2018, a poluição luminosa é o brilho noturno no céu acima das áreas características de concentração urbana. Essa poluição é provocada

Prefeitura de Engenheiro Coelho

Diretoria de Meio Ambiente



pela luz artificial mal direcionada de casas, prédios e demais instalações, que é refletida na poeira, vapor de água e outras partículas dispersas na atmosfera. Pode ser entendida como desperdício de energia, provocada por luminárias, instalações e projetos ineficientes e mal elaborados.

No caso da iluminação pública, a poluição luminosa é traduzida em projetos com níveis de iluminância superdimensionados não condizentes com a iluminação recomendada pela referida norma ou por luminárias sem o correto controle de dispersão de luz, como luminárias de descarga de alta intensidade (vapor de mercúrio, vapor de sódio e vapor metálico). Para reduzir a parcela da iluminação pública na poluição luminosa, as luminárias devem possuir uma classificação que mantenha baixa a emissão de luz acima do eixo horizontal, possua alta eficiência luminosa e permita baixos ângulos de instalação. Nessa perspectiva, as luminárias LED são atualmente apontadas como a melhor solução para redução da poluição luminosa nas cidades, uma vez que geram fluxo luminoso com dispersão direta dos raios luminosos.

Na figura a 2.3 a seguir apresenta-se uma visualização noturna de regiões próximas à cidade de Engenheiro Coelho/SP para exemplificação da poluição noturna.

Figura 2.3. Visualização Luminosa das cidades próximas à Engenheiro Coelho.





3. PRINCIPAIS COMPONENTES DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA

INTRODUÇÃO

A utilização de equipamentos eficientes pode reduzir os gastos do Município com o consumo de energia elétrica e com a manutenção do sistema de iluminação pública, melhorando assim o seu desempenho. A eficiência de um sistema de iluminação pública depende de todos os seus componentes, principalmente, lâmpadas, luminárias e reatores.

As lâmpadas, geralmente classificadas de acordo com o fenômeno que produz o seu fluxo luminoso: incandescência, descarga elétrica, indução, dentre outros, se constituem num dos principais componentes para redução do consumo de energia elétrica nos sistemas de IP. As luminárias por sua vez, devem promover uma adequada distribuição do fluxo luminoso produzido pelas lâmpadas, com o seu máximo aproveitamento. Já os reatores, são equipamentos auxiliares utilizados em conjunto com as lâmpadas de descarga, e suas características têm significativa influência no rendimento do conjunto de iluminação.

LÂMPADAS DE DESCARGA A ALTA PRESSÃO

Lâmpadas a Vapor de Sódio Alta Pressão – VSAP

a) Características principais

Nas lâmpadas VSAP a luz é produzida pela passagem da corrente elétrica através de um vapor de gás sob pressão¹, em um tubo de descarga, tendo o sódio como principal elemento de radiação. A maioria das lâmpadas de descarga necessitam de equipamentos auxiliares para controlar a corrente de operação (reatores) e para iniciar o processo de descarga (ignitores). Esses dispositivos e suas características serão descritos no item Equipamentos Auxiliares.

A lâmpada VSAP é o tipo mais eficiente dentre as lâmpadas de descarga a alta pressão* e suas características são:

- alta eficácia luminosa: 83 a 125 lm/W;
- vida média muito longa: 16.000 a 24.000 horas;
- emprego obrigatório de equipamento auxiliar (reator e ignitor);
- tempo de acendimento: mínimo de 4 minutos;

Prefeitura de Engenheiro Coelho

Diretoria de Meio Ambiente



- tempo de reacendimento: mínimo de 1 minuto;
- boa resistência a choques, vibrações e intempéries.

*A denominação “alta pressão” não possui um sentido absoluto, servindo apenas para comparar com as lâmpadas de sódio “baixa pressão”, que funcionam com valores menores de pressão no seu tubo de descarga.

A tabela 3.1 apresenta as características principais das lâmpadas VSAP nas potências mais utilizadas em IP.

Tabela 3.1 – Características principais das lâmpadas VSAP

POTÊNCIA [W]	FLUXO LUMINOSO [lm]	EFICÁCIA [lm/W]	BASE	CORRENTE [A]**		VIDA MÉDIA [horas]
				Nominal	Partida	
70	6.000	83	E - 27	0,42	0,67	24.000
150	14.000	90	E - 40	0,87	1,39	24.000
250	25.000	100	E - 40	1,42	2,27	24.000
400	50.000	125	E - 40	2,24	3,58	24.000

*Valores médios a partir do catálogo de fabricantes.

**Valores referidos para tensão de 220V e alto fator de potência ($\phi \geq 92$).

Outra característica importante das lâmpadas VSAP é que, ao final de sua vida útil, devido a vários processos de desgaste natural dos gases internos ao tubo de descarga, elas podem apresentar apagamentos intermitentes, produção de luz avermelhada e baixo fluxo luminoso.

Além das lâmpadas citadas, utilizou-se, na década de 80, as lâmpadas intercambiáveis VSAP 350W/360W, que tiveram um papel importante como precursoras das lâmpadas de sódio a alta pressão. Para substituir uma lâmpada vapor mercúrio 400W, bastava trocá-la por uma daquelas lâmpadas, sem alterar nada mais na instalação. Porém, o reator para lâmpada vapor mercúrio 400W passava a operar fora de suas características nominais, implicando na redução de sua vida. Atualmente essas lâmpadas não são mais recomendadas para utilização em iluminação pública.

Na denominação para a base da lâmpada, E-27 ou E-40, a letra indica o tipo de rosca, neste caso, Edison, e os dígitos indicam o seu diâmetro em milímetros.

b) Depreciação do fluxo luminoso



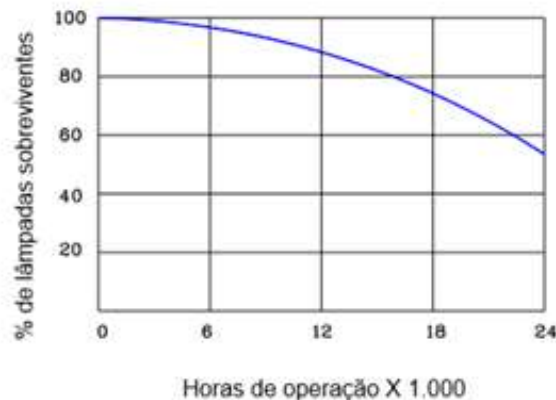
A lâmpada VSAP possui um excelente fator de manutenção do fluxo luminoso. Sua produção luminosa decresce gradualmente, chegando ao final de sua vida útil com um valor, em média, de 90% do valor inicial.

c) Curva média de mortalidade

O número de partidas (acendimentos) tem grande influência no tempo de vida de uma lâmpada: quanto maior o número de partidas, menor será a sua vida. Nesse aspecto, outros fatores influenciam, tais como variação da tensão da rede, qualidade do reator e temperatura ambiente.

A vida da lâmpada VSAP diminui acentuadamente se a tensão em seus terminais for aumentada além de suas condições nominais de operação. Aumentos de tensão podem ser causados por variações na rede de distribuição do Concessionária ou por perdas de parte do vapor de sódio presente no tubo de descarga. A figura 3.1 apresenta a curva média de mortalidade para lâmpada VSAP.

Figura 3.1 – Curva média de mortalidade para lâmpadas VSAP.



Conforme pode ser observado, ao final de sua vida - 24.000 horas, aproximadamente 50% das lâmpadas permanecem acesas.

d) Índice de reprodução de cor – IRC

O Índice de Reprodução de Cor – IRC, é um número de 0 a 100 que classifica a qualidade relativa de reprodução de cor de uma fonte de luz artificial, identificando e descrevendo a aparência da cor do objeto iluminado. Para as lâmpadas VSAP esse índice é 20, valor considerado razoável para iluminação de vias públicas, onde não é tão importante o compromisso com a reprodução fiel das cores.



e) Locais recomendados para sua instalação

Nos projetos de reforma, melhoria ou extensão de rede, recomenda-se a utilização da lâmpada VSAP.

Considerando sua alta eficácia luminosa e longa vida útil, as lâmpadas VSAP devem ser consideradas como a primeira opção para utilização na iluminação de vias públicas, túneis, trevos, rodovias, vias especiais, praças, calçadões etc.

Lâmpadas a Vapor de Mercúrio – VM

a) Características principais

A lâmpada VM também produz luz através da passagem da corrente elétrica através de um vapor de gás sob pressão e necessita de um reator para operar. Suas características são:

eficácia luminosa mediana: 48 a 55 lm/W;

- vida média: 16.000 horas;
- emprego obrigatório de equipamento auxiliar (reator e ignitor);
- tempo de acendimento: mínimo de 4 minutos;
- tempo de reacendimento: mínimo de 1 minuto;
- boa resistência a choques, vibrações e intempéries.

A Tabela 3.2 apresenta as características principais das lâmpadas VM ovóides de bulbo fosco.

Tabela 3.2 – Características Principais das lâmpadas VM

POTÊNCIA [W]	FLUXO LUMINOSO [lm]*	EFICÁCIA [lm/W]	BASE	CORRENTE [A]**		VIDA MÉDIA [horas]
				Nominal	Partida	
80	3.500	44	E - 27	0,45	0,63	9.000
125	7.000	56	E - 27	0,69	0,97	12.000
250	12.500	59	E - 40	1,33	1,86	12.000
400	22.000	55	E - 40	2,10	2,94	15.000

*Valores médios a partir do catálogo de fabricantes.

**Valores referidos para tensão de 220V e alto fator de potência ($\phi \geq 92$).

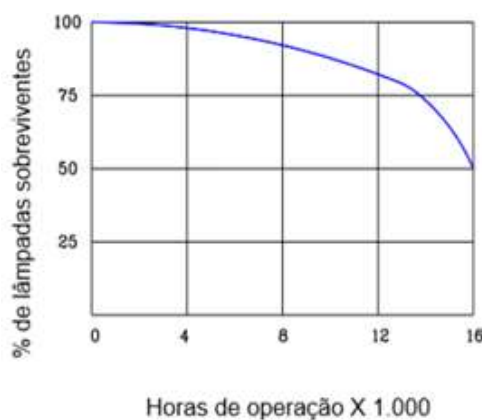
b) Depreciação do fluxo luminoso

A exemplo do que ocorre com toda fonte de luz artificial, a lâmpada VM sofre, ao longo de sua vida, uma depreciação no seu fluxo luminoso. Entretanto, quando comparada à lâmpada VSAP, essa depreciação ocorre de maneira mais acentuada, chegando ao final de sua vida útil com um valor médio de 80%.

c) Curva média de mortalidade

O gráfico apresentado na Figura 3.2 mostra a curva média de mortalidade para lâmpadas VM

Figura 3.2 – Curva média de mortalidade para lâmpadas VM.



d) Índice de reprodução de cor

Para as lâmpadas VM o IRC é 40, valor considerado bom para iluminação de vias públicas.

e) Locais recomendados para sua instalação

As lâmpadas VM devem ser utilizadas apenas para manutenção das existentes. Quedas de tensão na rede de distribuição acima de 5% do seu valor nominal, podem comprometer o acendimento das lâmpadas VM.

Lâmpadas Multivapores Metálicos – MVM

a) Características principais

As lâmpadas MVM são uma das mais eficientes fontes em termos de reprodução de cores e necessitam de equipamentos auxiliares (reator e ignitor) para sua operação. Suas características são:

- eficácia luminosa razoável: 70 a 100 lm/W;

Prefeitura de Engenheiro Coelho

Diretoria de Meio Ambiente



- vida média longa: 15.000 horas;
- emprego obrigatório de equipamento auxiliar (reator e ignitor);
- tempo de acendimento: mínimo de 3 minutos;
- tempo de reacendimento variável em função do tipo: 5 a 8 minutos;
- boa resistência a choques, vibrações e intempéries.
- excelente reprodução de cores.

A tabela 3.3 apresenta as características principais das lâmpadas multivapores metálicos tubulares e com bulbo claro, nas potências de 70 a 400 W.

Tabela 3.3 – Características principais das lâmpadas MVM.

POTÊNCIA [W]	FLUXO LUMINOSO [lm]*	EFICÁCIA [lm/W]	BASE	CORRENTE [A]**		VIDA MÉDIA [horas]
				Nominal	Partida	
70	4.900	70	E - 27	0,42	0,67	15.000
150	10.500	70	E - 27	0,87	1,39	15.000
250	20.500	82	E - 40	1,42	2,27	15.000
400	40.000	100	E - 40	2,24	3,58	15.000

*Valores médios a partir do catálogo de fabricantes.

**Valores referidos para tensão de 220V e alto fator de potência ($\phi \geq 92$).

b) Índice de reprodução de cor

A lâmpada MVM possibilita excelente reprodução de cores com índices variando entre 60 e 93.

A maioria das lâmpadas multivapores metálicos é fabricada para posição de funcionamento vertical, o que deve ser verificado no momento de sua especificação e aquisição.

c) Locais recomendados para sua instalação

As lâmpadas MVM são recomendadas para iluminação de campos de futebol, monumentos, áreas verdes e sempre que se desejar alto índice de reprodução de cores e excelente nível de iluminância, destacando-se os locais onde há televisionamento ou filmagens em cores.

Lâmpadas Mistas – LM

a) Características principais

Prefeitura de Engenheiro Coelho

Diretoria de Meio Ambiente



As lâmpadas mistas também pertencem à família das lâmpadas de descarga a alta pressão. Em série com seu tubo de descarga encontra-se um filamento de tungstênio, que além de servir como um dispositivo limitador de corrente, substituindo o reator, é responsável por transformar essa lâmpada em uma fonte de cor quente², contribuindo para um aumento da saída luminosa total. Assim, essa lâmpada pode ser conectada à rede diretamente, sem necessidade do uso de reator. Suas características são:

baixa eficácia luminosa: 20 a 27 lm/W;

- vida média curta: 6.000 horas;
- não necessita de equipamento auxiliar;
- tempo de acendimento: mínimo de 3 minutos;
- tempo de reacendimento: 3 a 5 minutos;
- baixa resistência a choques e vibrações.

O Tabela 3.4 apresenta as características principais das lâmpadas mistas nas potências mais utilizadas em IP.

Tabela 3.4 – Características principais das lâmpadas mistas.

POTÊNCIA [W]	FLUXO LUMINOSO [lm]*	EFICÁCIA [lm/W]	BASE	CORRENTE [A]** Nominal	VIDA MÉDIA [horas]
160	3.150	20	E - 27	0,76	6.000
250	5.500	22	E - 40	1,20	6.000
500	13.500	27	E - 40	2,32	6.000

*Valores médios a partir do catálogo de fabricantes.

**Valores referidos para tensão de 220V e alto fator de potência ($\phi \geq 92$).

Toda fonte de luz Artificial pode ser classificada em função de sua aparência quando acesa, em quente, neutra ou fria. Essa classificação é conhecida como temperatura de cor correlata, ou TCC e sua unidade é expressa em graus Kelvin – K.

As lâmpadas de 250W e 400W podem funcionar em qualquer posição, enquanto as de 160W são recomendadas para a posição vertical ou $\pm 30^\circ$. Entretanto, para cada fabricante a posição recomendada de funcionamento pode variar.

b) Índice de reprodução de cor, as lâmpadas mistas possuem um IRC igual a 60, valor considerado muito bom para iluminação pública.



c) Locais recomendados para sua instalação

Mesmo podendo ser alojadas em luminárias para lâmpadas incandescentes, apresentando maior vida útil, menor custo de manutenção e maior eficácia luminosa, quando comparadas com estas, as lâmpadas mistas não se constituem numa boa opção para iluminação pública tendo em vista, principalmente, sua pequena vida útil e baixa eficiência energética.

Tensões na rede de distribuição inferiores a 10% do valor nominal, podem dificultar a partida da lâmpada, enquanto tensões excessivas reduzem sua vida.

Lâmpadas Incandescentes – LI

A lâmpada incandescente produz luz pela emissão de radiação de seu filamento, que é levado à incandescência devido à elevação de sua temperatura através da passagem da corrente elétrica. A lâmpada incandescente não necessita de equipamento auxiliar para o seu funcionamento, podendo ser conectada diretamente à rede de distribuição.

a) Características principais

Apesar de não serem recomendadas para iluminação pública, serão apresentadas algumas características das lâmpadas incandescentes, apenas para efeito comparativo.

As características das lâmpadas incandescentes são:

- baixa eficácia luminosa: 14 a 17 lm/W;
- vida média muito curta: 1.000 horas;
- acendimento e reacendimento instantâneos;
- baixa resistência a choques e vibrações.

O Tabela 3.5 apresenta as características principais das lâmpadas incandescentes de 100, 150, 200, 300 e 500 W.

Tabela 3.5 – Características Principais das lâmpadas incandescentes

POTÊNCIA [W]	FLUXO LUMINOSO [lm]*	EFICÁCIA [lm/W]	BASE	CORRENTE [A] **	VIDA MÉDIA [Horas]
100	1.380	14	E -27	0.8	1.000
150	2.220	15	E -27	1.2	1.000
200	3.150	16	E -27	1.6	1.000
300	5.000	17	E -27 / E - 40	2.4	1.000
500	8.400	17	E -27 / E - 40	3.9	1.000

*Valores médios a partir do catálogo de fabricantes.

**Valores referidos para tensão de 220V e alto fator de potência ($\phi \geq 92$).

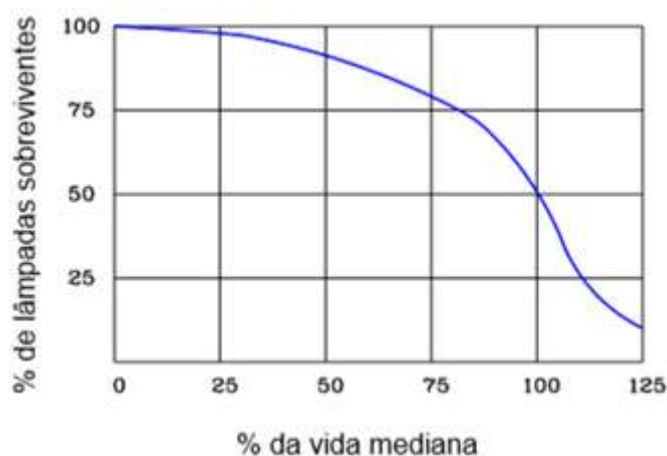
b) Depreciação do fluxo luminoso

O fluxo luminoso de uma lâmpada incandescente decresce ao longo de sua vida, sobretudo devido a diminuição de temperatura no seu filamento, causada pelo aumento da resistência provocado pela evaporação do tungstênio. Esse processo causa também o escurecimento do bulbo, contribuindo para diminuição do fluxo luminoso emitido. Contudo, através da introdução de gases inertes no interior do bulbo, consegue-se minimizar a evaporação do tungstênio do filamento dessas lâmpadas, melhorando a sua eficácia.

c) Curva média de mortalidade

A Figura 3.3 apresenta a curva de mortalidade para as lâmpadas incandescentes.

Figura 3.3 – Curva média de mortalidade das lâmpadas incandescentes



Conforme pode ser observado, ao final de sua vida, 50% das lâmpadas permanecem acesas.



Aumentos de tensão nas lâmpadas incandescentes além dos valores nominais especificados, ocasionam o aumento de corrente no seu filamento e, conseqüentemente, da temperatura. Com isso o fluxo luminoso também aumenta, mas a vida da lâmpada diminui consideravelmente.

d) Índice de reprodução de cor

As lâmpadas incandescentes possuem um IRC de aproximadamente 100, sendo uma das fontes de luz artificial que melhor reproduz as cores.

RESUMO COMPARATIVO ENTRE OS TIPOS DE LÂMPADAS

A Tabela 3.6 apresenta um resumo comparativo das principais características das lâmpadas mais utilizadas em sistemas de iluminação pública.

Tabela 3.6 - Principais características das lâmpadas de IP

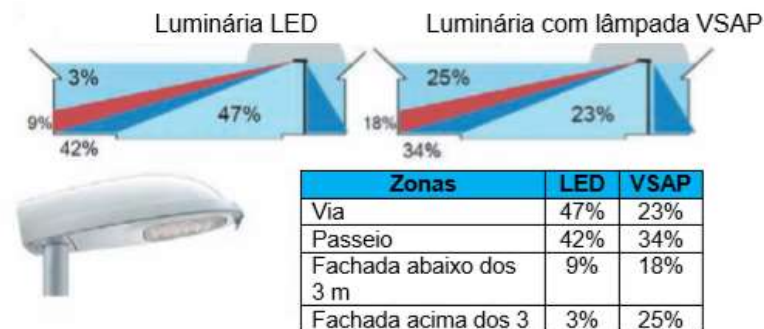
CARACTERÍSTICA	TIPOS DE LÂMPADAS				
	VSAP	VM	MVM	MISTA	INCANDESCENTE
Potência [W]	70, 150, 250 e 400	80, 125, 250 e 400	70, 150, 250 e 400	160, 250 e 500	100, 150 e 200
Eficácia Luminosa [lm/W]	83 a 125	44 a 55	86 a 100	20 a 27	14 a 17
Vida Mediana [h]	16.000 a 24.000	9.000 a 15.000	9.000 a 15.000	6.000	1.000
Equipamento Auxiliar	Reator e ignitor	Reator	Reator e ignitor	Não é necessário	Não é necessário
Reprodução de Cor	Razoável	Boa	Ótima	Muito boa	Excelente

Luminárias LED

Introdução A utilização da tecnologia LED na IP vem crescendo gradativamente em razão de apresentar características técnicas melhores que as lâmpadas de descarga. Para exemplificar, a vida mediana de um módulo LED é de 1,5 a 3 vezes maior que as das lâmpadas vapor de sódio, o que proporciona menores custos de manutenção. As luminárias com LEDs além de produzirem uma luz mais branca, também proporcionam menores índices de ofuscamento e de poluição luminosa e (quando instaladas corretamente) possuem elevada eficácia luminosa (lm/W), se constituindo numa opção tecnicamente viável para iluminação pública.

Projetando com uso de luminárias LED As luminárias LED são projetadas com uma ótica que permite direcionar a luz produzida diretamente para as zonas que se deseja iluminar, reduzindo a poluição luminosa e a luz intrusiva. A Figura 3.4 apresenta, comparativamente, a distribuição do fluxo luminoso da luminária VSAP e LED.

Figura 3.4 – Comparação da distribuição de fluxo luminoso nas zonas



Conforme apresentado na figura acima, 47% do fluxo luminoso produzido pelas luminárias a LED são aproveitados para iluminação da via, o que corresponde a mais do que o dobro do fluxo direcionado para a mesma área quando comparado com as luminárias VSAP. Assim sendo, recomenda-se um cuidado maior do projetista no momento de se definir qual será o ângulo de inclinação da luminária no braço ou poste da IP. Na grande maioria dos casos a luminária deverá ser instalada a 0 graus (a utilização de softwares de cálculos, como por exemplo o DIALux evo, poderá ser de grande valia nessa definição).

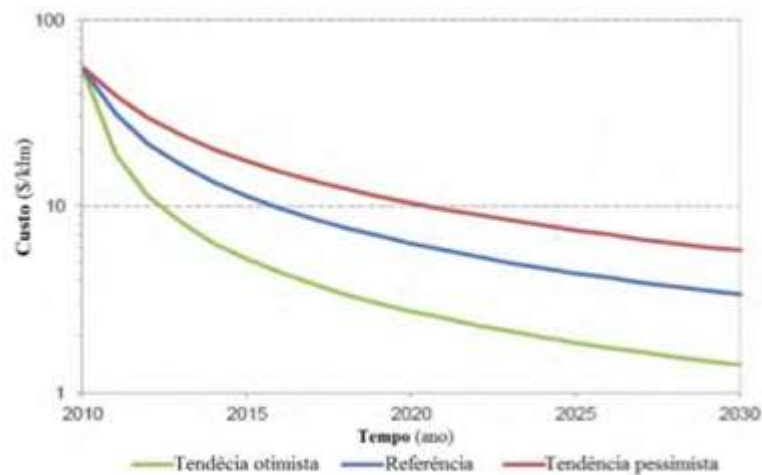
Características técnicas de maneira resumida, as características básicas das luminárias LED mais utilizadas na IP são as seguintes:

- Tensão: 100 a 270 V;
- Potência de 30 a 300 W;
- Temperatura de cor: de 4.000 K;
- IRC igual ou superior a 70 %;
- Grau de proteção: IP igual ou superior a IP66;
- Corpo em alumínio injetado a alta pressão;
- Eficácia luminosa igual ou superior a 140 lm/W;
- Fator de potência igual ou superior a 0,97;
- Distorção harmônica total (THD) de corrente inferior a 10%.

Investimento

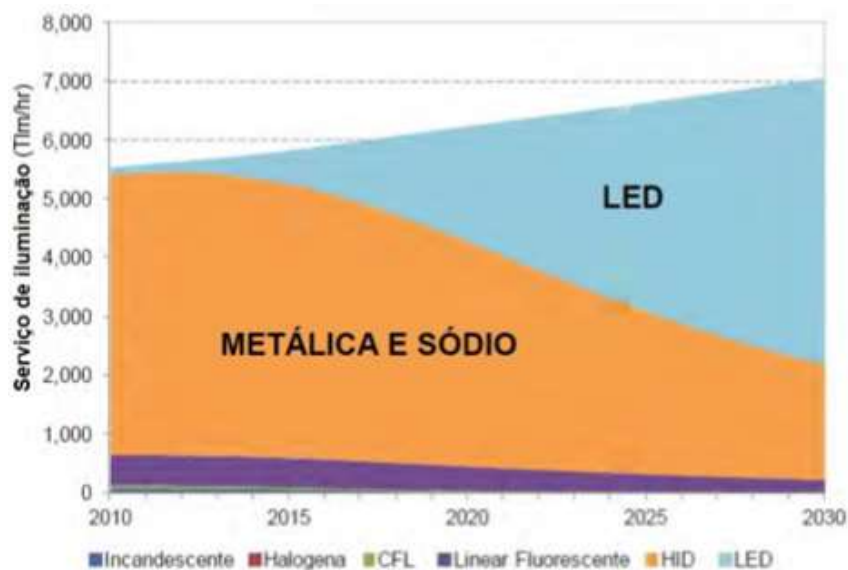
Conforme pode ser verificado nas Figuras 3.5 e 3.6, estudos realizados pelo Departamento de energia dos Estados Unidos – DOE, mostram que valores de investimento para a inserção da tecnologia LED tendem a cair ao longo do tempo o que levará os LEDs a substituir as tecnologias convencionais, a exemplo das lâmpadas de descarga, em um espaço de tempo relativamente curto.

Figura 3.5 – Curvas de estimativa de tendência de custo



Fonte: Departamento de segurança de energia dos Estados Unidos (DOE)

Figura 3.6 – Curvas de tendências de substituição de tecnologia



Fonte: Departamento de segurança de energia dos Estados Unidos (DOE)

Efetividade de Iluminação Sódio x LED

EFETIVIDADE



O gráfico mostra que mesmo com um fluxo declarado, a efetividade de iluminação, contando todas as perdas energéticas, fotométricas e dissipativas, para o caso de Sódio é de 25%, enquanto a do LED é de 75%, desta forma, existe um comparativo que pode se utilizar para determinar comparativos mais próximos.



4. REQUISITOS BÁSICOS PARA ILUMINAÇÃO DE VIAS PÚBLICAS

INTRODUÇÃO

Um sistema de iluminação pública deve satisfazer a um conjunto de requisitos fotométricos para atender as necessidades visuais dos seus usuários, de acordo com o tipo e as características peculiares de cada logradouro.

Na iluminação de vias para veículos motorizados, o principal objetivo é produzir uma rápida, precisa e confortável visão no período noturno, permitindo o trânsito com segurança. No caso de áreas residenciais e vias exclusivas para pedestres, é necessário obter-se níveis específicos de iluminância de modo a orientar o deslocamento das pessoas durante a noite, favorecendo a segurança dos cidadãos.

BREVE HISTÓRICO

A iluminação de vias públicas remonta ao Império Romano, onde já se utilizava lampiões fixados ao lado das portas para iluminar as ruas. Com o crescimento das cidades e o advento da eletricidade, a importância da iluminação na sociedade aumentou e, com ela, a proliferação e o refinamento das fontes luminosas.

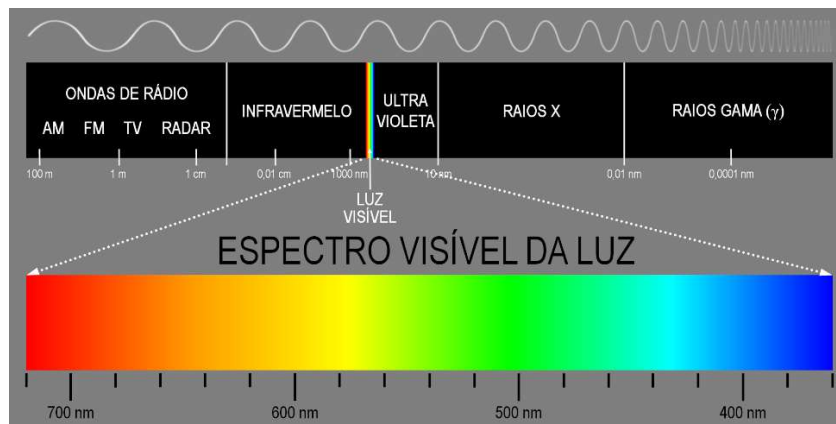
Historicamente, a iluminação pública de ruas começou baseada em conceitos de segurança individual e da propriedade; posteriormente, na necessidade de identificação do cidadão dentro da comunidade e de sua participação em atividades públicas. Finalmente, com a invenção do automóvel, a iluminação pública veio contribuir para a sinalização e orientação do tráfego automobilístico.

CONCEITOS BÁSICOS DA LUZ E VISÃO

A luz é um atributo indispensável a todas as percepções e sensações que são peculiares ao sistema visual e que existe independentemente de que nós a vejamos. Como um fenômeno físico, apresenta propriedades muito particulares e está relacionada com as ondas eletromagnéticas e seus comprimentos.

Quando se trata de luminotécnica, interessa conhecer as radiações eletromagnéticas capazes de causar uma sensação visual direta, ou seja, as radiações visíveis, que são representadas graficamente no espectro eletromagnético mostrado na Figura 4.1.

Figura 4.1 – Espectro da luz visível



Fonte: Portal Furnari (2022)

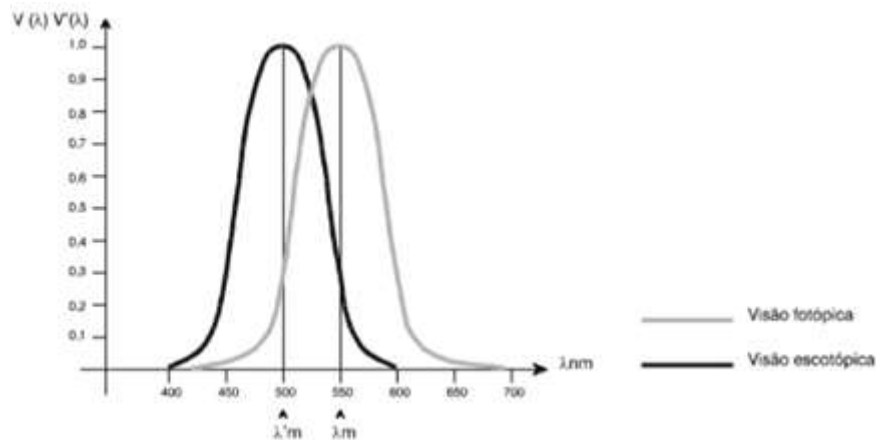
Observa-se que as radiações visíveis compreendem uma pequena faixa de ondas do espectro eletromagnético com comprimento, aproximadamente, entre 380 e 780 nanômetros [nm], [1 nm = 10⁻⁹ m]. Para que ocorra o fenômeno da visão, é necessário que o olho absorva a luz e transmita ao cérebro a informação captada. A VISÃO, portanto, pode ser definida como a apreciação de imagens produzidas pelas radiações visíveis recebidas pelos olhos.

CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA VISUAL

Curvas de Sensibilidade Espectral

O conhecimento de determinadas características do sistema visual é necessário aos projetistas de iluminação pública, considerando que a sensibilidade do olho humano varia de acordo com as intensidades luminosas e com as impressões de cor. Essas variações dependem do comprimento de onda de cada radiação visível, e podem ser representadas através das Curvas de Sensibilidade Espectral, conforme ilustrado na Figura 4.2.

Figura 4.2 – Curvas de sensibilidade espectral



A curva da visão fotópica, representa a resposta do olho humano à luz em níveis de iluminância altos ou diurnos. Nesse caso, o pico de sensibilidade visual se dá na região de 550 nm, na cor amarelo esverdeado. A curva da visão escotópica, representa a resposta do olho humano à luz em níveis de iluminância baixos ou noturnos.

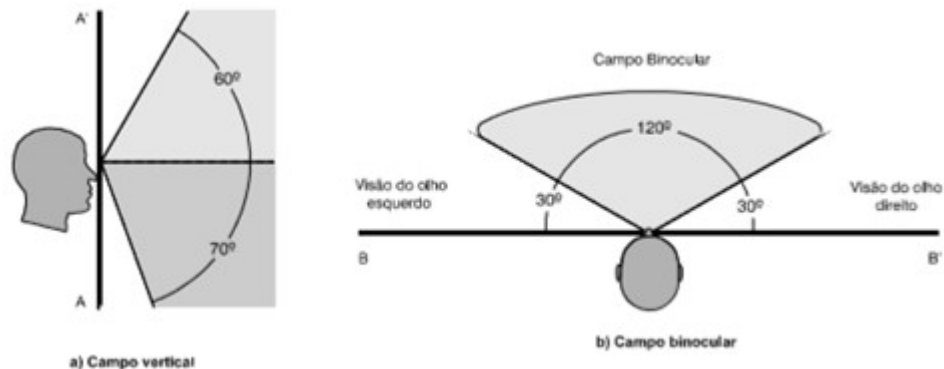
É importante notar, na mudança de altos para baixos níveis de iluminância, o deslocamento do pico de sensibilidade visual da região amarelo esverdeado (curva fotópica), para a região esverdeada de 500 nm (curva escotópica), e vice-versa. O conhecimento desse fenômeno, denominado efeito “*Purkinje*”, é de peculiar interesse nos projetos de iluminação pública, conforme será visto no item Funções Desempenhadas pela Visão.

Campo Visual

Na iluminação pública deve-se evitar situações em que o foco de luz incida diretamente na visão dos usuários, provocando o ofuscamento. Isso pode ser evitado através do controle dos níveis de iluminância no campo visual.

Campo visual pode ser definido como a extensão angular do espaço no qual um objeto pode ser percebido, quando a cabeça e os olhos estão parados. Em outras palavras, é o limite do alcance da visão de cada olho e do campo binocular, relativo a ambos os olhos. A Figura 4.3 ilustra esses limites.

Figura 4.3 – Campo visual



Observa-se que a visão humana alcança num plano vertical (AA'), paralelo e na altura dos olhos, 60 graus acima e 70 graus abaixo, e, num plano horizontal (BB'), no campo binocular, aproximadamente 120 graus.

Funções Desempenhadas pela Visão

O sistema visual humano é capaz de desempenhar ajustes para melhorar o seu desempenho. Para os projetistas de iluminação pública, em particular, o conhecimento de três funções é importante:

a) Adaptação

Adaptação é o processo pelo qual o estado do sistema visual modifica-se quando exposto a estímulos com luminosidade e distribuição espectral variáveis. Em outras palavras, se refere à maneira como o olho humano acostuma-se às contínuas e diferentes intensidades de luz e de cor.

Considerando que a visão necessita de certo tempo para se adaptar a diferentes níveis de luminosidade, na passagem da visão fotópica para escotópica e vice-versa, a existência de sucessivas regiões claras e escuras em uma via, o “zebramento”, pode causar fadiga visual ao motorista, constituindo-se em risco de acidentes. Um exemplo de iluminação de via apresentando “zebramento” é mostrado na Figura 4.4.

Figura 4.4 – Iluminação de via apresentando “Zebramento”



O “zebramento”, ou “efeito zebra”, é a existência de zonas com grandes diferenças de luminosidade em uma via. Além da aparência estética indesejável, pode acarretar fadiga visual ao motorista.

A iluminação de túneis é outro exemplo clássico para consideração do fenômeno de adaptação. Devido a acentuada diferença de luminosidade que pode existir dentro e fora de um túnel, é necessário implantar um sistema de iluminação adequado, para que tanto no período diurno quanto no noturno, essa diferença seja a mínima possível, de modo a não causar fadiga visual nem ofuscamento ao motorista.

b) Acomodação

Acomodação é o processo de ajustamento do sistema visual para permitir a visão nítida (foco) de objetos situados a distâncias diferentes. Com o avanço da idade, a capacidade de acomodação diminui, sendo necessário maiores distâncias e níveis de iluminância para focalizar um objeto.

c) Acuidade Visual

Acuidade visual ou resolução visual é a capacidade de distinguir detalhes finos nos objetos visualizados, com maior ou menor facilidade e rapidez. Essa característica é um fator importante para a visualização de sinais de trânsito ou obstáculos durante a condução de um veículo. Portanto, o estabelecimento de níveis de iluminâncias e fatores de uniformidade adequados em estradas para o tráfego motorizado, propiciará um discernimento mais rápido e preciso ao motorista.

OFUSCAMENTO

Prefeitura de Engenheiro Coelho

Diretoria de Meio Ambiente



A NBR 5101:2012 define qualitativamente o fenômeno do ofuscamento causado pelas fontes de luz artificiais. Por se tratar de um fator importante na iluminação pública, serão apresentados os seus principais conceitos, de acordo com as definições dessa Norma.

O ofuscamento é a sensação desagradável na qual há desconforto visual, causado por uma luminância excessiva no campo visual (ofuscamento direto) ou pelo posicionamento inadequado de luminárias quando as imagens refletidas aparecem na mesma direção ou numa direção próxima do objeto observado (ofuscamento por reflexão).

Situações de ofuscamento podem comprometer a performance visual do motorista, e sua intensidade depende do tamanho da fonte de luz, de sua posição relativa ao observador e do brilho do entorno e do fundo da região onde está essa fonte.

Existem dois tipos de ofuscamento que influenciam diretamente na qualidade da iluminação de vias: o psicológico ou desconfortável e o fisiológico ou inabilitador. Ambos podem ser minimizados pelo posicionamento adequado das luminárias e/ou através da utilização de refratores. A sua limitação efetiva é um importante critério para obter-se uma iluminação pública adequada e para evitar riscos de acidentes.

ofuscamento também é conhecido como “cegueira momentânea”.

a) Ofuscamento Psicológico ou Desconfortável - GR

O ofuscamento psicológico (ou desconfortável) altera o grau de conforto do motorista, influenciando na sua disposição para a tarefa de dirigir. Esse ofuscamento é representado pela letra G, e a sua intensidade é associada com um valor numérico de 1 a 9.

- G = 1 - ofuscamento inaceitável;
- G = 3 - ofuscamento perturbador;
- G = 5 - ofuscamento aceitável;
- G = 7 - ofuscamento satisfatório;
- G = 9 - ofuscamento imperceptível.

b) Ofuscamento Fisiológico ou Inabilitador -TI

O ofuscamento fisiológico ou inabilitador, expresso em porcentagem e representado pela sigla TI, causa deficiência da capacidade visual do motorista, com redução do contraste, da acuidade visual, e da velocidade de percepção. A Figura 4.5 ilustra a situação em que esse tipo de ofuscamento ocorre.

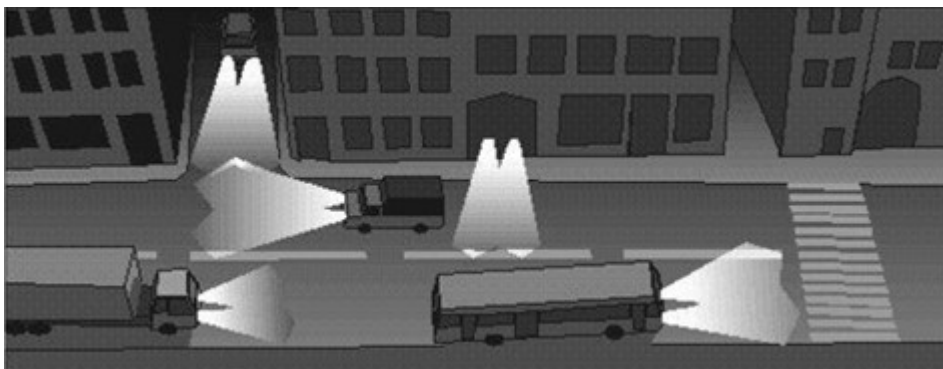
Figura 4.5 – Ofuscamento Fisiológico



Em situações de ofuscamento fisiológico, a fonte de luz se espalha internamente ao globo óptico reduzindo o contraste das imagens projetadas contra a retina (ponto F), podendo comprometer o desempenho visual.

Experiências realizadas em alguns países da Europa, revelaram que o índice de acidente em estradas durante à noite é três vezes maior do que no período diurno, sobretudo pelos reduzidos níveis de luminosidade naquele período, e o ofuscamento causado pelos faróis dos automóveis, conforme ilustrado na Figura 4.6.

Figura 4.6 – Ilustração que demonstra o ofuscamento causado pelos faróis dos automóveis



Nas vias de mão dupla, de tráfego intenso e que não há iluminação, os faróis dos automóveis podem causar sérios problemas de ofuscamento aos motoristas.

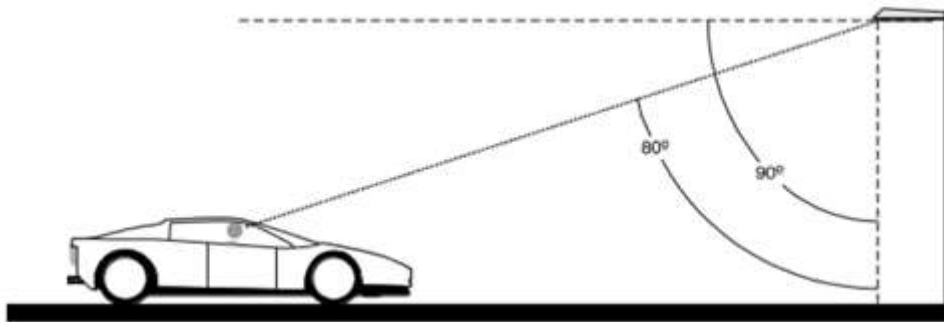
Prefeitura de Engenheiro Coelho

Diretoria de Meio Ambiente



A Figura 4.7 apresenta a zona de ofuscamento para os condutores de veículos devido ao posicionamento das luminárias.

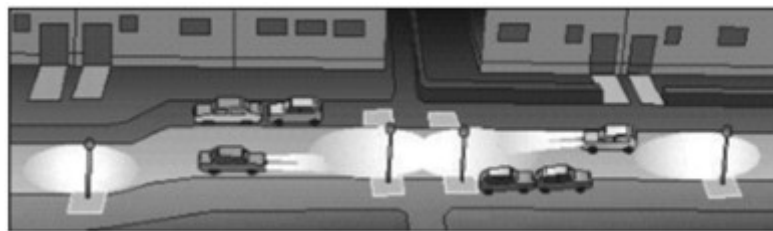
Figura 4.7 – Ângulos que geram ofuscamento



Para limitar esse ofuscamento devem ser utilizadas luminárias com reduzida intensidade luminosa entre 80 à 90 graus.

A Figura 4.8 ilustra duas situações de iluminação pública adequada de vias para o tráfego de veículos e cruzamento de pedestres.

Figura 4.8 – Iluminação de via de tráfego motorizado.



Estatísticas comprovaram que em alguns países europeus, a iluminação pública adequada reduziu os índices de acidentes em 30% no período noturno.

O problema de ofuscamento é de maior importância para os motoristas do que para os pedestres. Tendo em vista sua baixa velocidade de deslocamento, este possui mais tempo para se acostumar com variações de brilho ou reconhecer um objeto em seu caminho. Uma regra importante para manter o ofuscamento em níveis aceitáveis é que as fontes de luz estejam fora da linha de visão do pedestre, devendo localizar-se, portanto, em até 1 (um) ou acima de 3 (três) metros do solo.

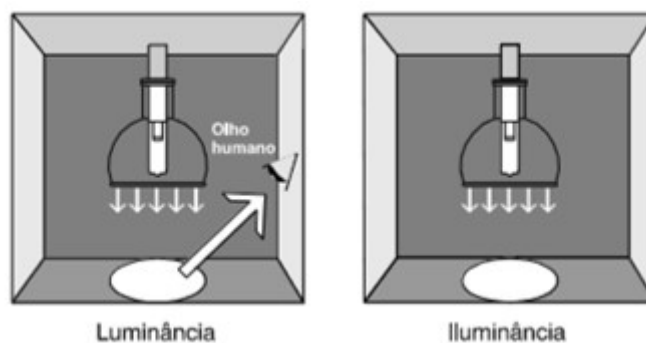
LUMINÂNCIA E ILUMINÂNCIA

Numa definição resumida, luminância é a medida quantitativa da aparência brilhante de uma superfície quando iluminada por uma fonte de luz, ou seja, é a relação entre a intensidade luminosa com a qual irradia uma superfície, em uma determinada

direção, e a área dessa superfície. A unidade de luminância é expressa em candela por metro quadrado [cd/m^2].

E a iluminância é a medida da quantidade de luz incidente em uma superfície por unidade de área, ou seja, é a quantidade de fluxo luminoso incidente por unidade de área iluminada. Sendo esse conceito expresso em lux [lx]. A Figura 4.9 ilustra os dois conceitos.

Figura 4.9 – Representação dos conceitos de luminância e iluminância



Simplificando cada um dos conceitos, podemos defini-los como:

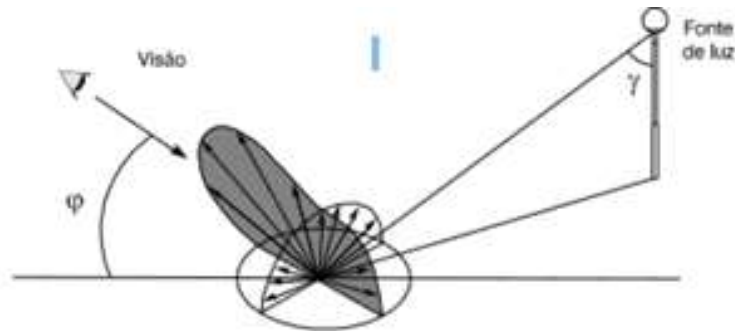
- Luminância: Quantidade de luz que chega ao olho humano após ser refletida por uma superfície.
- Iluminância: quantidade de luz que incide sobre uma superfície.

Ambas são conceitos cruciais na concepção de projetos luminotécnicos. A luminância e iluminância desempenham papéis fundamentais em áreas como fotometria, psicologia, percepção visual, avaliação de visibilidade e projetos de iluminação. Esses conceitos contribuem diretamente para uma melhor acuidade visual e são indispensáveis, em se tratando de iluminação pública, para melhorar a qualidade de vida de todas as pessoas.

Dada a importância e complexidade desses conceitos, é aplicável que em superfícies perfeitamente difusoras, a iluminância E se relaciona com a luminância através da fórmula $L = q.E$, sendo: L a luminância e q o coeficiente de luminância. Nas vias públicas, devido ao fato de que os materiais utilizados no pavimento (paralelepípedos, asfalto etc.), apresentam característica de reflexão não difusa, a luminância num ponto

vista a partir de certa direção, depende do ângulo de incidência da luz γ (gama) e do ângulo de observação π (phi), conforme ilustrado na Figura 4.10.

Figura 4.10 – Iluminância em um piso não difusor.



Observa-se que a luminância num ponto pode apresentar valores totalmente diferentes, dependendo do ângulo a partir do qual está sendo visualizado.

O cálculo e a medição da luminância são pouco práticos. Assim, a NBR 5101 recomenda valores de iluminância para projetos de iluminação pública.

ILUMINAÇÃO DE VIAS PARA TRÁFEGO MOTORIZADO

Nas vias para o tráfego de veículos motorizados, o sistema de iluminação deve proporcionar uma rápida verificação e análise de obstáculos e objetos estranhos na pista, permitindo ao motorista tomar decisões precisas, tais como freadas e ou manobras com segurança.

Os parâmetros de qualidade para vias de tráfego motorizado adotados pela NBR 5101, são níveis e fatores de uniformidade de iluminâncias, para os quais são estabelecidos valores médios mínimos, de acordo com a classificação da via pública, segundo sua importância, tipo e volume de tráfego de veículos. Quanto aos critérios para evitar o ofuscamento, são apresentadas algumas recomendações para controle do ângulo vertical de intensidade luminosa máxima das luminárias.

A NBR 5101 também faz recomendações especiais para vias que apresentam tráfego complexo, tais como: cruzamentos de níveis, curvas e elevações e pistas convergentes.

Prefeitura de Engenheiro Coelho

Diretoria de Meio Ambiente



Já a norma CIE 115/95, dentre outras, utiliza como critério para iluminação de vias para tráfego motorizado o conceito de luminância, ao contrário do caso brasileiro, que adotado o conceito de iluminância. Entretanto, para os que desejam conhecer esses critérios, referências de normas internacionais são importantes para auxiliar na elaboração de projetos de sistemas de iluminação pública eficientes.

Os principais critérios de qualidade considerados nessa norma são: uniformidade de luminância da superfície da via e controle do ofuscamento. Os valores de luminância média a serem determinados para um tipo de via, levam em consideração o tipo de distribuição das luminárias de acordo com a lâmpada utilizada, as características de reflexão do pavimento da via, e a manutenção de índices mínimos até o final da vida útil da instalação.

ILUMINAÇÃO DE VIAS PARA PEDESTRES

A iluminação pública de áreas para pedestres deve facilitar o reconhecimento facial a partir de uma distância que torne possível uma atitude de defesa numa situação de perigo. Normalmente essa distância varia entre 4 (1 lux no nível do rosto) e 10 metros (3 lux no nível do rosto).

As normas brasileiras adotam o critério de iluminância para iluminação pública de vias para pedestres. Neste caso, são recomendados os níveis mínimos de iluminância de acordo com o volume de pedestres cruzando vias com tráfego motorizado.

Na iluminação de vias para pedestres, a norma CIE 115/95 também adota o critério de iluminância. Neste caso são estabelecidos níveis de iluminâncias horizontal e vertical para identificar obstáculos e facilitar o deslocamento do pedestre com segurança e para possibilitar o reconhecimento de pessoas. É utilizado ainda o critério de controle do ofuscamento, mesmo que essa situação não seja tão crítica no caso de pedestres.



5. PROJETOS DE SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA EFICIENTES

INTRODUÇÃO

Projetar um sistema de iluminação pública eficiente significa satisfazer diversos critérios qualitativos para atender as necessidades visuais dos seus usuários, utilizando de forma adequada as tecnologias disponíveis no mercado.

Isso requer o conhecimento das principais características dos equipamentos eficientes utilizados para iluminação pública, os parâmetros básicos de qualidade mais importantes na iluminação de logradouros públicos.

METODOLOGIA PARA ELABORAÇÃO DE UM PROJETO DE IP

O primeiro passo para a elaboração de um projeto de IP eficiente é classificar o tipo de via que será iluminada, para definição dos parâmetros luminotécnicos apropriados.

Os parâmetros de qualidade para vias de tráfego motorizado adotados pela NBR 5101, são níveis e fator de uniformidade de iluminâncias, cujos valores médios mínimos são estabelecidos de acordo com a classificação da via pública, segundo sua importância, tipo e volume de tráfego de veículos e de pedestres.

Os tipos de vias públicas, a classificação segundo o volume de tráfego de veículos e pedestres, e os níveis de iluminâncias recomendados pela NBR 5101, são apresentados nas tabelas 5.1, 5.2, 5.3 e 5.4, respectivamente.

O segundo passo, refere-se à escolha de lâmpadas e luminárias mais adequadas, para em seguida, determinar-se a respectiva altura de montagem, o espaçamento e o melhor posicionamento para os postes.

O passo final é realização dos cálculos luminotécnicos buscando otimizar o projeto, tendo como base os valores mínimos exigidos pelas normas.

Tipos de Vias para Iluminação Pública

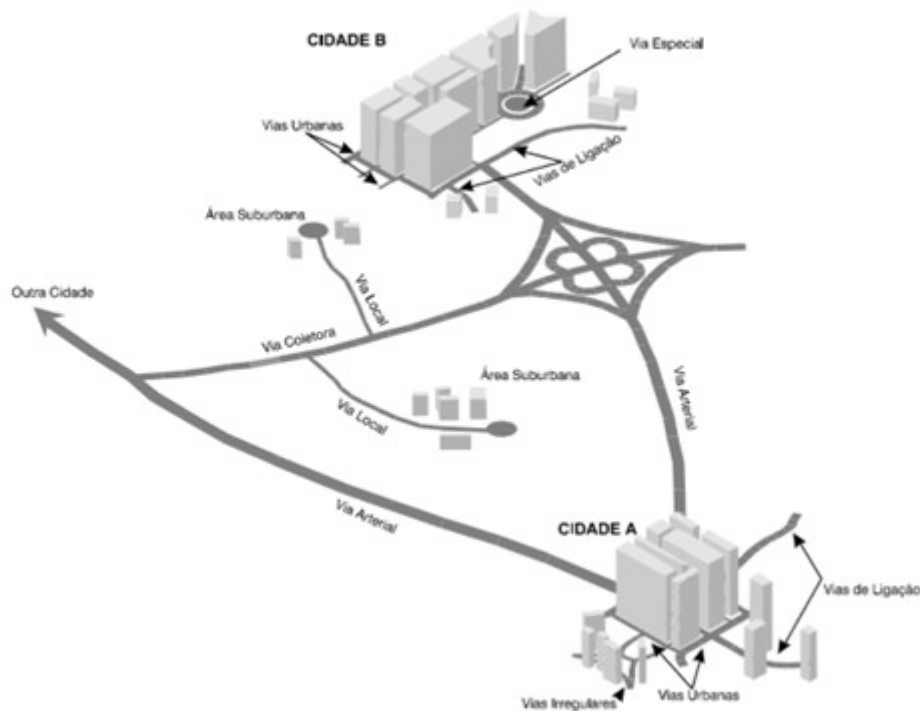
A NBR 5101 – Iluminação Pública – Procedimento, estabelece os tipos de vias públicas de acordo com a sua natureza e função. Assim, as vias públicas podem ser definidas como:

Vias urbanas: - via de trânsito rápido; - via arterial; - via coletora; - via local.

Vias rurais: - rodovias; - estradas.

A Figura 5.1 ilustra os tipos de vias, segundo os critérios da NBR 5101.

Figura 5.1 – Tipos de vias públicas



Fonte: Fábrica de projetos

Classificação do Volume de Tráfego em Vias Públicas

A NBR 5101 também estabelece a classificação das vias públicas de acordo com o volume de tráfego noturno de veículos e/ou de pedestres que passam nessa via num período de 1 hora. As Tabelas 5.1 e 5.2 apresentam essas classificações.

Tabela 5.1 – Classificação de uma via em função do tráfego motorizado.

CLASSIFICAÇÃO	NÚMERO DE VEÍCULOS POR HORA*
Leve (L)	150 a 500
Médio (M)	501 a 1.200
Intenso (I)	Acima de 1.200

*Esses valores se referem ao trânsito em pista única e de mão dupla medidos entre 18h e 21h.

**Valores para velocidades Regulamentadas por lei.

Fonte: ABNT NBR 5101:2018 – Iluminação pública. Rio de Janeiro, 2018.

Prefeitura de Engenheiro Coelho

Diretoria de Meio Ambiente



Tabela 5.2 – Classificação de uma via em função do tráfego de pedestres

CLASSIFICAÇÃO	PEDESTRES CRUZANDO VIAS COM TRÁFEGO MOTORIZADO*
Sem (S)	Como nas vias arteriais
Leve (L)	Como nas vias residenciais médias
Médio (M)	Como nas vias comerciais secundárias
Intenso (I)	Como nas vias comerciais principais

Fonte: ABNT.NBR 5101:2018 – Iluminação pública. Rio de Janeiro, 2018.

A NRB 5.101 define também 5 classes de iluminação (V1 a V5) conforme apresentado na tabela 5.3 a seguir.

Tabela 5.3 – Classes de Iluminação para vias públicas.

Descrição da via	Classe de iluminação
Vias de trânsito rápido; vias de alta velocidade de tráfego, com separação de pistas, sem cruzamentos em nível e com controle de acesso; vias de trânsito rápido em geral; Auto-estradas	
Volume de tráfego intenso	V1
Volume de tráfego médio	V2
Vias arteriais; vias de alta velocidade de tráfego com separação de pistas; vias de mão dupla, com cruzamentos e travessias de pedestres eventuais em pontos bem definidos; vias rurais de mão dupla com separação por canteiro ou obstáculo	
Volume de tráfego intenso	V1
Volume de tráfego médio	V2
Vias coletoras; vias de tráfego importante; vias radiais e urbanas de interligação entre bairros, com tráfego de pedestres elevado	
Volume de tráfego intenso	V2
Volume de tráfego médio	V3
Volume de tráfego leve	V4
Vias locais; vias de conexão menos importante; vias de acesso residencial	
Volume de tráfego médio	V4
Volume de tráfego leve	V5

Fonte: ABNT.NBR 5101:2018 – Iluminação pública. Rio de Janeiro, 2018.

Níveis de Iluminância em Vias Públicas

Experiências realizadas na Europa e EUA constataram que, visando assegurar uma boa visão a pedestres e motoristas, devem ser utilizados níveis de iluminância variando de 3 lux a 60 lux. Dentro desta faixa, o poder de percepção do condutor de

um veículo aumenta consideravelmente, mas para valores acima de 60 lux o ganho é pequeno.

Com base nesses resultados, a ABNT, através da norma NBR 5101, fixou os níveis mínimos de iluminância necessários à iluminação de vias públicas, de acordo com sua importância, tipo e volume de tráfego, os quais são destinados a propiciar segurança a pedestres e veículos.

A Tabela 5.4 apresenta os valores de iluminância média mínima para vias públicas recomendados pela NBR 5101.

Tabela 5.4 - Níveis de iluminância para vias públicas.

CLASSE DE ILUMINAÇÃO	ILUMINÂNCIA MÉDIA MÍNIMA	FATOR DE UNIFORMIDADE MÍNIMO
V1	30	0,4
V2	20	0,3
V3	15	0,2
V4	10	0,2
V5	5	0,2

Fonte: ABNT.NBR 5101:2018 – Iluminação pública. Rio de Janeiro, 2018.

Fator de Uniformidade de Iluminância

O fator de uniformidade (U) é um parâmetro utilizado para avaliar o quão uniformemente distribuída está a iluminação de uma determinada área, como por exemplo na Figura 5.2 a demonstração de um ambiente com a uniformidade correta e incorreta.

Figura 5.2 – Demonstrativo de boa e má uniformidade.



Prefeitura de Engenheiro Coelho

Diretoria de Meio Ambiente



Fonte: LedMaster. What's Light Uniformity (editado). Disponível em: <<https://www.ledsmaster.com/what-is-light-uniformity-how-to-calculate-lux-level-lighting-uniformity.html>>. Acesso em: 05/08/2022.

Para calcular a uniformidade são utilizados dois valores: a Iluminância média (Emed) e a iluminância mínima (Emin) registradas na área de estudo. O fator de uniformidade é obtido a partir da divisão da iluminância mínima (Emin) pela iluminância média (Emed)

Os valores mínimos para o fator de uniformidade de iluminância recomendados pela NBR 5101, em função da classe de iluminação foram apresentados anteriormente na Tabela 5.4. Quanto mais próximo de 1, mais uniforme será a iluminação da via.

Escolha de Lâmpadas e Luminárias

Nos projetos de iluminação pública, a escolha das lâmpadas e das luminárias a serem utilizadas em determinado logradouro público deve ser feita em função de critérios luminotécnicos, econômicos e de manutenção. Algumas dicas nesse sentido, são apresentadas a seguir:

Se for necessário utilizar lâmpadas de descarga, recomenda-se a utilização das lâmpadas VSAP, pois apresentam uma série de vantagens técnicas e econômicas quando comparadas com as outras lâmpadas de descarga. As lâmpadas a vapor de mercúrio devem ficar restritas à manutenção da iluminação existente. A luminária adequada depende das características do logradouro no qual vai ser instalada e do tipo de lâmpada a ser utilizada, sendo importante verificar o seu grau de proteção (IP) e sua viabilidade econômica. Utilizar luminárias com equipamento incorporado, considerando a facilidade de manutenção, pois os principais equipamentos estão em um mesmo ponto, evitando que o electricista tenha que se deslocar no poste durante o trabalho de substituição.

Distribuição de Montagem (Am)

O próximo passo na elaboração de um projeto luminotécnico, após a determinação dos níveis de iluminância e escolha da lâmpada e da luminária, é a determinação da altura de montagem (Am), do espaçamento ou vão (e), e do posicionamento de

postes. A seguir serão apresentados alguns critérios para a especificação desses valores.

Para definição da altura de montagem da luminária e da distância entre os postes, o projetista pode adotar as seguintes regras práticas (recomenda-se aqui a utilização de programas de cálculo como o DIALux para otimizar essa regra):

$$Am \geq L \quad e \quad e \leq 3 \cdot Am$$

sendo:

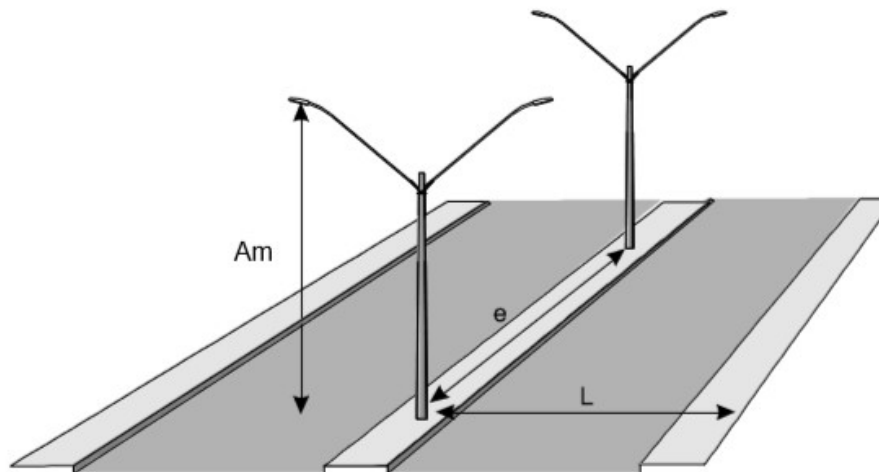
Am = altura de montagem da luminária;

L = largura da pista mais acostamento;

e = espaçamento entre postes.

A Figura 5.3 ilustra a representação desses parâmetros.

Figura 5.3 – Representação dos parâmetros e , L e Am .



É importante lembrar que a utilização de lâmpadas de fluxo luminoso elevado em baixas alturas de montagem pode comprometer todo o projeto luminotécnico de uma via. Nesse caso, é comum observar-se o efeito de “zebramento” (fator de desuniformidade elevado, ou fator de uniformidade baixo), e, no caso de iluminação ornamental, ofuscamento excessivo.

Com a utilização de luminárias mais eficientes, o espaçamento (e) poderá chegar a até 5 vezes a altura de montagem (Am).



Para evitar que isso ocorra, devem ser observadas as relações entre fluxo luminoso e altura de montagem apresentadas na Tabela 5.5.

Tabela 5.5 – Altura de montagem em função do fluxo luminoso

ALTURA DE MONTAGEM (Hm)	FLUXO LUMINOSO MÁXIMO [lm]
> 3 e até 4 m	6.500
> 4 e até 8 m	14.000
> 8 e até 12 m	25.500
Acima de 12 m	46.500

Altura dos Postes e Manutenção

Na escolha da altura de montagem para uma luminária deve ser prevista a disponibilidade de veículos adequados à sua manutenção. A utilização de postes com altura de montagem superior a 14 metros poderá, eventualmente, impossibilitar a manutenção através de veículos convencionais, utilizados pela maioria das empresas de manutenção.

O projetista deverá também verificar determinadas características das vias, tais como volume de tráfego de veículos, importância para o comércio e turismo, considerando os transtornos que os serviços de manutenção podem acarretar nesses casos.

DISPOSIÇÃO DE POSTES E LUMINÁRIAS

O Projetista também deverá especificar qual o tipo de posteação dos pontos de iluminação pelo logradouro. São quatro os tipos básicos de posteação que podem ser adotados/representados em função da via iluminada:

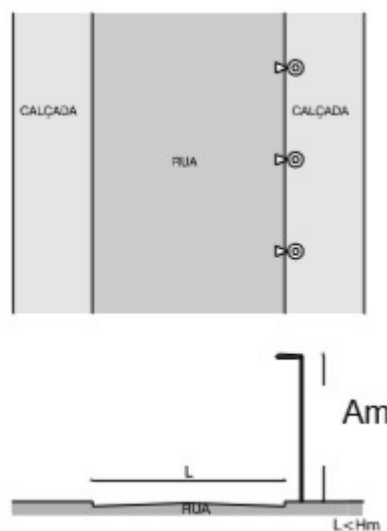
- Posteação Unilateral;
- Posteação Bilateral Alternada;
- Posteação Bilateral ou Frente a Frente;
- Posteação central.

A partir destes quatro tipos básicos de posteação, o projetista deverá obter os níveis mínimos de iluminância apresentados no QUADRO 12, observados os critérios de disposição de luminárias, tipo de lâmpadas e altura de montagem recomendados.

Posteação Unilateral

Neste, os postes de iluminação são instalados em apenas um lado da via, normalmente ao longo do meio fio, esse tipo de distribuição é comum em vias de mão única ou em áreas com restrição de espaço. É recomendável que a Posteação Unilateral seja utilizada quando a largura da pista (L) for igual ou menor que a altura de montagem (Hm) da luminária, conforme Figura 5.4.

Figura 5.4 – Posteação Unilateral

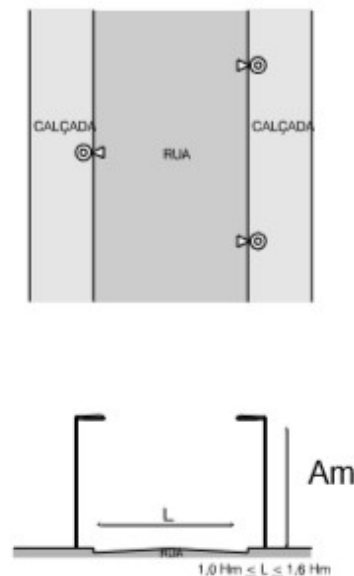


Neste caso, é de se esperar que a iluminância da parte oposta da pista em relação à posição das luminárias seja menor do que a do lado das luminárias.

Posteação Bilateral Alternada

Geralmente implementado quando há o objetivo de fornecer uma iluminação uniforme em ambas as faixas da via, permitindo uma melhor visibilidade e segurança. A recomendação é de que seja implementado quando a largura da pista estiver entre 1,0 e 1,6 vezes a altura da montagem da luminária deve ser utilizada a posteação bilateral alternada. A Figura 5.5 apresenta esse posicionamento.

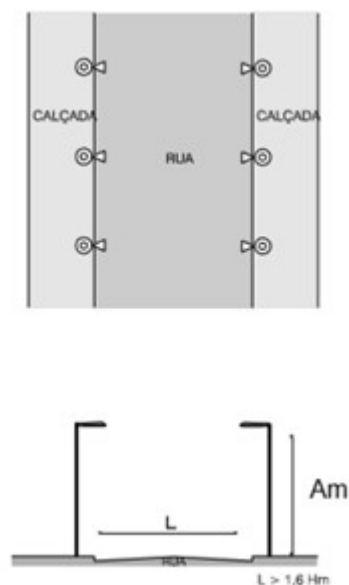
Figura 5.5 – Posteação Bilateral Alternada



Posteação Bilateral Frente a Frente

Tal qual a anterior, essa posteação é recomendável quando há a necessidade de iluminação de ambos os lados, sendo comumente implementado para proporcionar uma iluminação mais intensa, porém, é necessário avaliar com cuidado sua implementação pode gerar desequilíbrio da intensidade luminosa em certas áreas. Recomendável quando a largura da pista for superior a 1,6 vezes a altura de montagem da luminária, conforme mostrado na Figura 5.6.

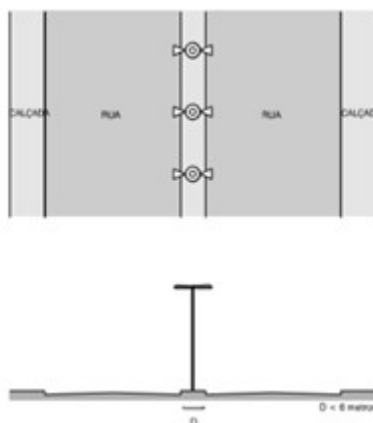
Figura 5.6 – Posteação Bilateral Frente a Frente



Posteação Central

Esse tipo de posteação é caracterizado pela distribuição de postes no canteiro central da via. Sua principal função é iluminar tanto a via quanto os espaços adjacentes, proporcionando uma uniformidade mais ampla, sendo muito comum em avenidas largas. É recomendável quando a largura da pista é maior que 1,6 vezes a altura de montagem das luminárias e a largura do canteiro central (D) não ultrapasse a 6 metros, conforme ilustrado na Figura 4.6.

Figura 5.7 – Posteação Central

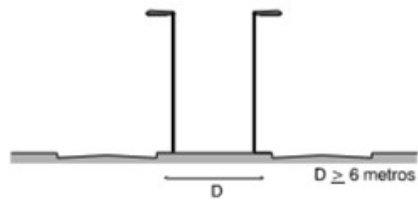
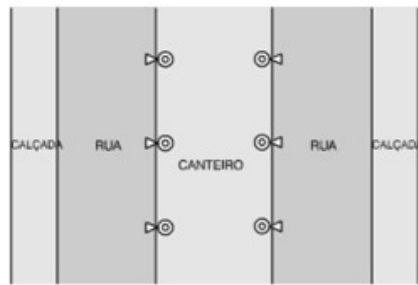


Para canteiros centrais com largura igual ou superior a 6 metros, recomenda-se utilizar a alternativa apresentada na Figura 5.8.

Figura 5.8 – Posteação central em canteiros ≥ 6 metros.

Prefeitura de Engenheiro Coelho

Diretoria de Meio Ambiente



6. A CIDADE DE ENGENHEIRO COELHO/SP



6.1 HISTÓRICO

O atual município de Engenheiro Coelho, antigamente denominado povoado de Guaiquica, estava inserido como parte da fazenda do mesmo nome, de propriedade de Júlio Cardoso de Moraes. Através da chegada dos primeiros imigrantes oriundos da Bélgica, em 1891, foi instalada a Usina Ester por iniciativa de Artur Nogueira e companhia e adquiriu-se a fazenda São Pedro nos anos seguintes (IBGE, 2022).

Visando o escoamento da produção da usina e dos produtos agrícolas gerados na região, foi implantada a Estrada de Ferro Funilense no ano de 1891.

Passados 21 anos, em 1912, para ver a produção de sua fazenda ser escoada, Pedro Hereman inicia a construção de uma estação e a obra foi entregue ao engenheiro José Luiz Coelho, este sendo influente na escolha do nome do povoado, Engenheiro Coelho.

O crescente desenvolvimento do povoado o fez se transformar em distrito, com sede no bairro do mesmo nome, do município de Artur Nogueira. O desmembramento desse município ocorreu em 14 de maio de 1980, no qual após 11 anos, foi elevado à categoria de município, em 30 de dezembro de 1991.

Localização

O município de Engenheiro Coelho está localizado na latitude 22°29'18" sul e na longitude 47°12'57" oeste, estando a uma altitude de 655 metros. Possui sua área na parte leste do estado de São Paulo, pertencendo a Região Metropolitana de Campinas (RMC), limitando-se com os municípios de Arthur Nogueira, Conchal, Araras, Limeira e Mogi Mirim (Figura 2).

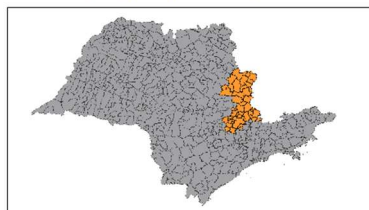
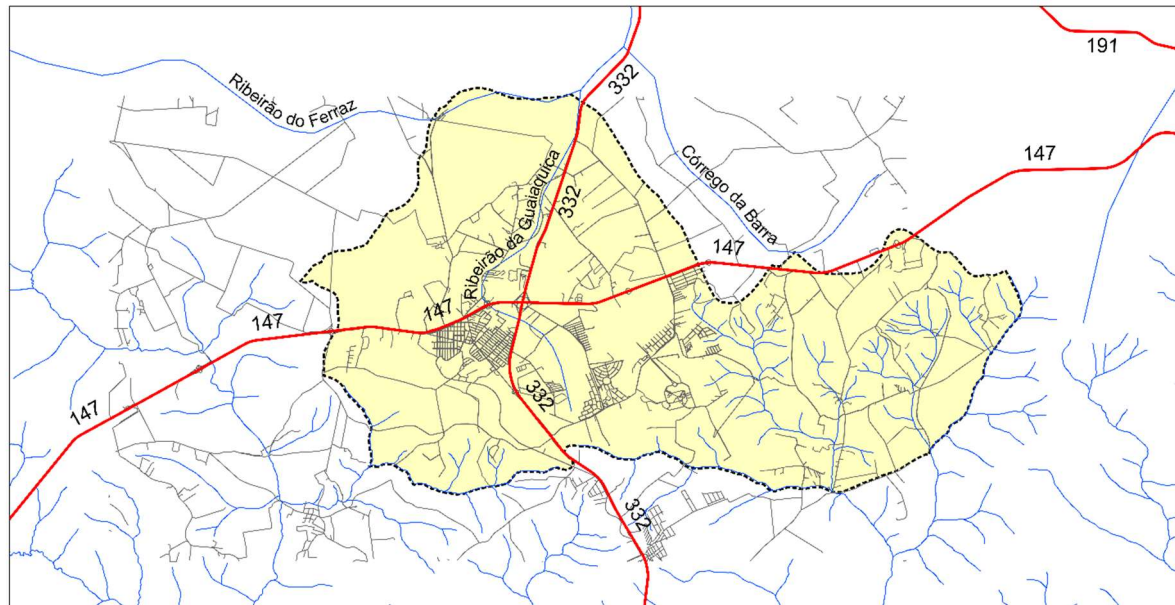
Prefeitura de Engenheiro Coelho

Diretoria de Meio Ambiente

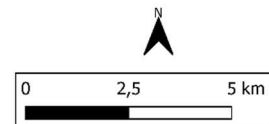


Encontra situado a 159 km da capital, posicionada entre as rodovias:

- SP-147 - Rodovia Engenheiro João Tosello;
- SP-332 - Rodovia Zeferino Vaz.



- Rodovias Estaduais
- Logradouros (IBGE, 2020)
- Principais drenagens
- - - Município de Engenheiro Coelho
- Região Metropolitana de Campinas
- Estado de São Paulo



BAIRROS

- Área Rural de Engenheiro Coelho
- Residencial Lagoa Bonita
- Residencial Jacarandá
- Residencial Portal do Lago
- Residencial Michelangelo
- Residencial Lagoa Azul
- Residencial Recanto dos Pássaros
- Residencial João Favero
- Jardim das Acácias
- Eldorado I
- Nobreville

Prefeitura de Engenheiro Coelho

Diretoria de Meio Ambiente



- Jardim Luiz Fávero
- Jardim do sol
- Jardim Mercedes Maria de Moraes
- Jardim Minas Gerais
- Jardim Brasil
- Jardim São Paulo
- Jardim América
- Jardim Amália
- Vila São Pedro
- Jardim Angelo Forner
- Jardim do Lago
- Jardim do Lago II
- Residencial Forner II
- Residencial Forner I
- Parque das indústrias
- Centro

GEOGRAFIA

Localiza-se a uma latitude 22°29'18" sul e a uma longitude 47°12'54" oeste,

- Área total: 109,8 km²;
- População total (IBGE/2023): 19.566.
- Densidade: 179,5 hab./km²
- Clima: tropical de altitude
- Altitude: 655 m
- Fuso horário: Hora de Brasília (UTC-3)

1.1 TAXA DE CRESCIMENTO VEGETATIVO ESTIMADO

O sistema viário municipal apresenta um crescimento vegetativo ao longo dos anos, soma-se a este crescimento as novas obras de infraestrutura urbana. Para suprir esta nova demanda de Pontos de Iluminação Pública, ao longo do período de locação, deverão ser executados serviços de ampliação da Rede de Iluminação Pública, desde

Prefeitura de Engenheiro Coelho

Diretoria de Meio Ambiente



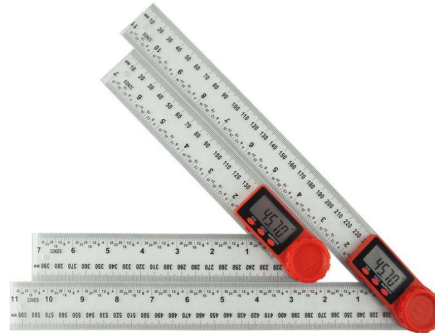
que os custos sejam assumidos pelo poder Concedente. Estes serviços compreendem basicamente o desenvolvimento de projetos e a instalação de novos pontos de iluminação. Esses novos projetos deverão ser apresentados ao Poder Concedente para fins de - Não Objeção.

O locador, assim como os munícipes, também poderá apontar e sugerir ao Poder Concedente os locais onde haja demanda reprimida, crescimento vegetativo e os projetos de iluminação especial e de destaque, para que se promova o seu atendimento nos termos do Contrato.

Além do crescimento vegetativo, a locadora deverá atender às demandas reprimidas, ou seja, complementar a Rede Municipal de Iluminação Pública em logradouros existentes na área da abrangência do município, em todo ou em parte, ainda não contemplados com esses serviços. A expansão nestes locais deve ocorrer ao longo da locação, sendo atendido pela planilha de Reserva Técnica, independentemente das demais obrigações e demandas da locadora, sendo observados os termos do Contrato para fins de contabilização de Pontos de Iluminação Pública adicionais e eventual recomposição do equilíbrio econômico financeiro da locação.

2. NECESSIDADES ESPECIAIS DO PROJETO

2.1 NIVEL BOLHA PREFERENCIALMENTE ACOPLADO OU TESTE FEITO POR FERRAMENTA EXTERNA E ANGULAÇÃO DAS LUMINÁRIAS



Suporte regulável com angulação



Luminária em ângulo Reto



Luminária em ângulo

Quando se trata de um parque de iluminação, onde os braços só serão trocados caso realmente haja a necessidade, e todo arranjo de fixação e angulações existentes serão aproveitados, a luminária fica como único ponto de acerto de inclinações para atendimento ao projeto concebido.

Seguindo a concepção de Projeto, a necessidade de orientação através de instrumentos deve ser obrigatória, e não a olho nu, para que as angulações e inclinações sejam totalmente atendidas, tanto para situações de grau negativo, como

também para graus positivos, para que não se tenha as seguintes situações demonstrada abaixo:



Situação de uma instalação recente de LED em uma mesma avenida, sem ser obedecido uma altura padrão, sem as correções de posicionamento dos braços e ajustes de angulação correto da luminária, ocasionando diversas distorções na iluminação da via.

2.2 FATOR DE POTÊNCIA $FP \geq 0,97$

O fator de potência de uma luminária LED, indica a eficiência do uso da energia. Um alto **fator de potência** indica uma eficiência alta e inversamente, um **fator de potência** baixo indica baixa eficiência energética. Todo projeto é criado na base de eficiência energética e luminosa, sendo desta forma e após uma pesquisa ao site do INMETRO a diversas marcas, para que não houvesse restrições a concorrência, ficou estabelecido que o fator de potência mínimo do projeto, comprovado por certificado em de 0,97.

Quando realizada pesquisa, verificou-se a existência de luminárias em LED de iluminação pública aprovadas pelo INMETRO, onde verificamos a existência de 524 modelos de luminárias de 29 fabricantes diferentes que adotam fator de potência maior ou igual a 0,97

<http://registro.inmetro.gov.br/consulta/Default.aspx?pag=1&acao=pesquisar&NumeroRegistro=&ctl00%24MainContent%24ControlPesquisa1%24Situacao=&dataConcessaoInicio=&dataConcessaoFinal=&ObjetoProduto=Lumin%C3%A1rias+para+Ilumin%C3%A7%C3%A3o+P%C3%BAblica+Vi%C3%A1ria&MarcaModelo=&CodigoBarra=&Atestado=&Fornecedor=&CNPJ=&ctl00%24MainContent%24ControlPesquisa1%24SelectUF=&Municipio=>



Fonte da pesquisa

2.3 VIDA ÚTIL MÍNIMA DA LUMINÁRIAS EM 70.000H CONFORME CERTIFICADO

As Luminárias em LED atuais são muito melhores que as produzidas a partir de fevereiro de 2017, quando do início da certificação do INMETRO, que previa que a partir daquele mês e ano só podiam ser produzidos ou importados produtos que fossem ensaiados e aprovados conforme os requisitos técnicos estabelecidos na Portaria.

A tecnologia do LED evoluiu muito em dois anos, continua em evolução e vai evoluir ainda mais com os estudos e o desenvolvimento de novos materiais, que têm eficácia e produtividade cada vez maiores.

Novos produtos LED disponíveis no mercado produzem mais luz com menos potência, portanto são mais eficientes e por isso muitas vezes passam por novos processos e usam novas matérias-primas (chip de LED).

Fabricantes de várias marcas têm conseguido atingir maiores valores de lúmens por watt, ou seja, o fluxo luminoso cada vez maior para cada watt de potência consumido.

Em 2016, os valores nas luminárias estavam em 60 lúmens/watt e 2018 estavam em 90 lúmens/watt e até um pouco mais, e atualmente chegando a valores superiores a 170 lúmens/watt.

Considerando que houve uma evolução em torno de 183% nos últimos 5 anos, e que a tecnologia encurta cada vez mais esses espaços de evolução, onde uma luminária de 100w iluminava 6.000L em 2016, e que em 2021 uma luminária de 36w tem o mesmo efeito luminoso, onde vamos parar?

Quando imaginamos apenas a manutenção do fluxo luminoso, esquecemos de ver que a luminária em led é um conjunto formado por diversas peças, onde cada uma ao apresentar defeito, deixa a luminária apagada, pensando dessa maneira, qual a vida útil devemos utilizar para as luminárias?

Considerando que a questão da vantajosidade da administração pública, passa sempre pela questão aquisição e benefícios a longo prazo, olhando o exemplo acima da luminária de 100w a 6.000L e de 36w aos mesmos 6.000L em um espaço de 5

Prefeitura de Engenheiro Coelho

Diretoria de Meio Ambiente



anos, já justificaria uma nova troca por questões de eficiência energética, imaginemos ela por 10, 15 ou 20 anos?

Por questões de curiosidade, as vidas úteis dos materiais colocam da seguinte maneira:

- as luminárias com 50.000hs não devem perder mais de 30% do seu fluxo no período equivalente a 11 anos e 5 meses;
- as luminárias com 70.000hs não devem perder mais que 30% do seu fluxo no período equivalente a 15 anos e 11 meses;
- as luminárias com 100.000hs não devem perder mais que 30% do seu fluxo no período equivalente a 22 anos.

Considerando os argumentos evolutivos das luminárias em LED, utilizamos 15 anos como tempo mais que suficiente para realizar uma nova troca de luminária em todo parque de IP.

2.4 SOLICITAÇÃO DE LUMINÁRIA COM VIDRO TEMPERADO

Luminárias dotadas de vidro plano (lente terciária) protegem as lentes em policarbonato (lentes secundárias) de amarelamento precoce em função da menor exposição das mesmas dos raios ultravioleta refletidos no piso, pela luz do sol, nas luminárias.

As Luminárias dotadas de vidro, contém uma camada a mais de proteção contra vandalismo.

O vidro plano permite fácil e eficiente manutenção (Limpeza) ao longo de sua vida útil, principalmente em áreas litorâneas, por mais que estejamos exigindo IP (Índice de Proteção) IP 66 total para as Luminárias, ainda sim evitaremos que poeira, poluição e sujeiras em geral que são comuns em suspensão nas cidades se agreguem nas lentes em policarbonato, assim como ocorre nas Luminárias Integradas HID dotadas destas lentes.

Caso ocorra o amarelamento das lentes em policarbonato precoce, entendemos que restará ao município um prejuízo grande de perda de transparência do mesmo com prejuízos inequívocos ao fluxo luminoso emitidos pelas luminárias, onde as lentes em vidro não possuem o mesmo coeficiente de dilatação do policarbonato, o que não

Prefeitura de Engenheiro Coelho

Diretoria de Meio Ambiente



ocasiona às mesmas a agregação de partículas o que ocorre nas de policarbonato quando submetidas a calor e frio. (dilatação e contração).

A perda de eficiência irrisória que ocorre nas Luminárias dotadas de vidro plano, além da lente em policarbonato, não é o mais importante para o município e sim a sua distribuição luminosa nas vias públicas.

As Luminárias que não têm vidro refrator, são em geral são luminárias modulares, reconhecidamente de muito inferior distribuição luminosa.

2.5 SOLICITAÇÃO DE DPS COM MÍNIMO DE 20kA

Segundo o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), cerca de 78 milhões de descargas atmosféricas caem em nosso país por ano e o dano desse fenômeno natural é percebido em vários setores, principalmente público, onde podemos destacar os problemas na iluminação de nossas cidades.

Como a engenharia das luminárias em LED é composta por eletroeletrônica embarcada, a descarga (direta ou indireta), eleva a intensidade de energia no circuito, causando danos significativos, como falhas no funcionamento ou queimas instantâneas de equipamentos não protegidos.

As tecnologias aplicadas a iluminação passaram por várias transformações e embora o LED seja conhecido a mais de meio século, somente a partir dos aprimoramentos tecnológicos e da queda persistente nos custos dos componentes, a tecnologia passou a ser substituída às soluções empregadas na iluminação em geral. Aliando alta eficiência energética a um maior tempo de duração, a iluminação por LED ainda dispõe de versatilidade e qualidade que, associada a sistemas de controle eletrônicos, permite ajustes na intensidade, brilho e cor da iluminação e a proteção de todo o sistema das luminárias, para que sejam preservados os equipamentos e a vida útil de todos os seus componentes.

Outro importante ponto é a relação direta entre o aquecimento global e o aumento das descargas atmosféricas.

Estudos mostram que para cada grau de temperatura a mais no planeta, há o crescimento de aproximadamente 10% na incidência de raios, sendo as zonas

Prefeitura de Engenheiro Coelho

Diretoria de Meio Ambiente



tropicais as mais afetadas. O que reforça ainda mais a necessidade de um trabalho contínuo por melhorias nos equipamentos de proteção!

O DPS (dispositivo de proteção de surtos) é um equipamento de proteção elétrica essencial nas instalações elétricas. Ele é utilizado para proteger a instalação na ocorrência de surtos causados nas redes elétricas.

Em tensão nominal, o DPS é um contato aberto com impedância muito grande, permitindo que a corrente flua pelo sistema normalmente.

Então ao perceber um surto, o DPS entra em curto-circuito reduzindo sua impedância para quase zero. Assim ele desvia o surto para o aterramento, protegendo o sistema desse distúrbio. Quanto maior for o surto de tensão, maior será a corrente drenada por conta da menor impedância.

De acordo com as normas da ABNT, o DPS é um complemento importante à proteção interna de um sistema.

2.5.1 SURTO ELÉTRICO

O surto elétrico é um efeito transitório ou uma onda transitória de tensão que ocorre na rede elétrica e aumenta a taxa de variação de energia durante algumas frações de segundo. O aumento na tensão da rede chega a aproximadamente 100% do valor normal, gerando um curto-circuito que pode atingir todos os aparelhos conectados às fontes de energia.

Ou seja, são aumentos radicais de tensão/corrente de curta duração. Esse evento é muito mais comum que imaginamos nas instalações elétricas.

Abaixo verificamos a estatísticas das redes e causas de queimas e redução de vida útil dos materiais:



Fonte: Allen - Segal IBM Study

2.5.2 ANOMALIAS DA REDE ELÉTRICA – ANÁLISE DO SURTO ELÉTRICO

Os surtos elétricos podem acontecer em qualquer tipo de sistema elétrico e por vários motivos, seja por causa de raios ou por manobras de rede causadas pelas redes de energia elétrica.

Surtos elétricos são ondas transitórias de tensão, corrente ou potência que variam bastante por um período curtíssimo, podendo se propagar ao longo de sistemas elétricos causando danos aos equipamentos do sistema.

Esses surtos elétricos podem ser causados por descargas atmosféricas, manobras de rede ou a partida brusca de máquinas de grande porte no sistema. Confira mais sobre cada uma delas abaixo:



2.5.3 INCIDÊNCIA DE RAIOS ELÉTRICOS EM SÃO PAULO

O raio é uma descarga elétrica bem visível que ocorre, principalmente, em dias de tempestade.

O raio acontece quando a diferença de potencial entre as nuvens ou mesmo entre as nuvens e o solo é capaz de ionizar o ar, assim os átomos do ar perdem elétrons dando origem às descargas elétricas, as descargas elétricas de grande intensidade que conectam o solo e as nuvens de tempestade na atmosfera.

A intensidade típica de um raio é de 30 mil Ampères, cerca de mil vezes a intensidade de um chuveiro elétrico. A descarga percorre distâncias da ordem de 5 km.

As altas temperaturas combinadas com a umidade e fortalecidas pela brisa marítima e ilha de calor urbana, são os maiores responsáveis pelas tempestades severas.

Devido ao fato de São Paulo ter uma quantidade grande de incidência de raios, a proteção da luminária precisa ser maior, por esse motivo, é necessário um DPS bem montado, ensaiado e robusto com no mínimo 20kA de proteção.



Capa > Notícias

Climatempo

SP ocupa 3º lugar na maior incidência de raios neste ano

Com 767 mil descargas elétricas, o estado de SP assume a terceira posição de maior incidência de raios. Descubra o líder deste ranking!

21 jan 2022 - 16h16 (atualizado às 16h28)

[Compartilhar](#)

[Ver comentários](#)

Número de raios aumenta até 24% em maiores cidades da região de Piracicaba

Janeiro com aumento de 48,3% de raios no estado de São Paulo

[Compartilhar](#)

Na metrópole, já foram 6,5 mil. Pes

Fabiene Casamento

7 min de leitura

04/02/2023 às 15:31 | Atualizado 04/02/2023 às 21:33

Por EPTV e g1 Piracicaba
15/02/2023 20h06 · At

Houve um aumento de 48,3% de ocorrência de raios no estado de São Paulo janeiro de 2023, se comparados com janeiro de 2022. Foram um total de 327.952 raios em janeiro de 2023 e 221.186 raios em janeiro de 2022, segundo dados dos sensores do Earth Network.

Prefeitura de Engenheiro Coelho

Diretoria de Meio Ambiente



São definidas características de desempenho, métodos normalizados de ensaio e valores nominais aplicáveis. Estes dispositivos contêm pelo menos um componente não linear e são utilizados para limitar os surtos de tensão e para escoar as correntes de surto.

Os ensaios mínimos para um DPS ser robusto, funcional e em conformidade a norma citada são:

Itens de teste IEC 61643-11		
Test sequence 1		
Identification and marking	Identificação e marcação	7.1.1/7.1.2/8.2
Mounting	Montagem	7.3.1
Terminals and connections	Terminais e conexões	7.3.2/7.3.3/8.4.2
Testing for protection against direct contact	Teste de proteção contra contato direto	7.2.1/8.3.1
Environment, IP code	Ambiente, código IP	7.4.1 / 8.5.1
Residual current	Corrente residual	7.2.2 / 8.3.2
Operating duty test	Teste de ciclo de operação	7.2.4/8.3.4
Operating duty test for test classes I, II or III	Teste de ciclo de operação para as classes de teste I, II ou III	8.3.4.2 / 8.3.4.3/ 8.3.4.5
Thermal stability	Estabilidade térmica	7.2.5.2 / 8.3.5.2
Air clearances and creepage distances	Folgas de ar e distâncias de escoamento	7.3.4 / 8.4.3
Ball pressure test	Teste de pressão de esfera	7.4.2 / 8.5.3
Resistance to abnormal heat and fire	Resistência ao calor anormal e fogo	7.4.3 / 8.5.4
Tracking resistance	Resistência de trilhamento	7.4.4 / 8.5.5
Test sequence 2		
Voltage protection level	Nível de proteção de tensão	7.2.3/8.3.3
Residual voltage	Tensão residual	8.3.3.1
Front of wave sparkover voltage	Tensão de descarga disruptiva na frente da onda	8.3.3.2
Test sequence 3		
Insulation resistance	Resistência de isolamento	7.2.6 / 8.3.6
Dielectric withstand	Rigidez dielétrica	7.2.7 / 8.3.7
Mechanical strength	Força mecânica	7.3.5/8.4.4
Temperature withstand	Suportabilidade a temperatura	7.2.5 / 8.3.5.1b
Test sequence 4		
Heat resistance	Resistência ao calor	7.4.2 / 8.5.2
TOV tests (Temporary Over Voltage)	Testes TOV (Sobretensão Temporária)	7.2.8 / 8.3.8
TOVs by faults or disturbances in the LV system	TOVs por falhas ou distúrbios no sistema de BT	7.2.8.1/8.3.8.1b
TOVs by faults in the high (medium) voltage system	TOVs por falhas no sistema de alta (média) tensão	7.2.8.2/8.3.8.2 b
Additional tests for two-port SPD and one-port with separate input/output terminals		
Rated load current	Corrente de carga nominal	7.5.1.1 / 8.6.1.1
Overload behaviour	Comportamento de sobrecarga	7.5.1.2 / 8.6.1.2b
Load side short-circuit current behavior	Comportamento da corrente de curto-circuito no lado de carga	7.5.1.3/8.6.1.3b
Additional tests if declared by the manufacturer		
Voltage drop	Queda de tensão	7.6.2.1/8.7.2
Load side surge withstand	Suportabilidade ao surto do lado da carga	7.6.2.2/8.7.3b
Additional tests for SPDs with separate isolated circuits		
Isolation between separate circuits	Isolação entre circuitos separados	7.5.3/8.3.6/8.3.7

2.6 PORQUE APÓS O PAGAMENTO DA ÚLTIMA PARCELA OS BENS SERÃO REVERTIDOS EM DOAÇÃO PARA A PREFEITURA.

As Luminárias em LED atuais são muito melhores que as produzidas a partir de fevereiro de 2017, quando do início da certificação do INMETRO, que previa que a partir daquele mês e ano só podiam ser produzidos ou importados produtos que fossem ensaiados e aprovados conforme os requisitos técnicos estabelecidos na Portaria.

Prefeitura de Engenheiro Coelho

Diretoria de Meio Ambiente



A tecnologia do LED evoluiu muito em dois anos, continua em evolução e vai evoluir ainda mais com os estudos e o desenvolvimento de novos materiais, que têm eficácia e produtividade cada vez maiores.

Novos produtos LED disponíveis no mercado produzem mais luz com menos potência, portanto são mais eficientes e por isso muitas vezes passam por novos processos e usam novas matérias-primas (chip de LED).

Fabricantes de várias marcas têm conseguido atingir maiores valores de lúmens por watt, ou seja, o fluxo luminoso cada vez maior para cada watt de potência consumido.

Em 2016, os valores nas luminárias estavam em 60 lúmens/watt e 2018 estavam em 90 lúmens/watt e até um pouco mais, e atualmente chegando a valores superiores a 170 lúmens/watt.

Considerando que houve uma evolução em torno de 183% nos últimos 5 anos, e que a tecnologia encurta cada vez mais esses espaços de evolução, onde uma luminária de 100W iluminava 6.000L em 2016, e que em 2021 uma luminária de 36w tem o mesmo efeito luminoso, onde vamos parar?

Sua evolução rápida, faz com que ao final de 10(dez) anos não seja mais interessante para a empresa inclusive por não estar mais em garantia de fábrica, e os custos de retirada, armazenamento e reinstalação das luminárias retiradas tem um custo maior do que o próprio repasse sem custo, sendo estabelecido pela empresa com os menor custos a doação ao município, para que a partir do momento de sua doação, a própria gestão realize através de equipes próprias ou terceirizados, a manutenção preventiva e corretiva de cada ponto.



Prefeitura Municipal de Engenheiro Coelho

Estado de São Paulo

3. DA MEMÓRIA DE CÁLCULO DOS TEMPOS DE EXECUÇÃO

Entendendo que os serviços prestados estarão em conformidades com tempos já pré-estabelecidos em tabelas de referência, abaixo listamos as atividades que devem ser seguidas pela empresa vencedora.

Os Serviços de Instalação serão seguidos das seguintes atividades:

- Posicionamento do veículo e montagem dos EPC's e EPI's;
- Retirar Foto do material existente;
- Ensaiar os materiais existentes para separar em Servíveis e Inservíveis;
- Retirar material existente no poste;
- Catalogar material;
- Cadastrar o ponto através de Software;
- Montar material em LED;
- Instalar Luminária em LED;
- Retirar Foto do material instalado;
- Retirada do EPC's e EPI's.

A Composição Espelho para implantação de Luminária para Iluminação Pública SINAPI 74231/1 e ORSE 11998

Equipamento: 0,4h (mensurado)

Eletricista: 1h

Auxiliar de Eletricista: 1h

A Composição Espelho para implantação de Braço para Iluminação Pública SINAPI 83400

Equipamento: 0,1737h

Eletricista: 1,20h

Auxiliar de Eletricista: 1,63h

A Composição Espelho para implantação de relé na Iluminação Pública SINAPI 83399

Eletricista: 0,35h



Prefeitura Municipal de Engenheiro Coelho

Estado de São Paulo

Engenheiro Coelho, 02 de setembro de 2023

EMPRESA RESPONSÁVEL
VIVERCON SERVIÇOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL LTDA
CNPJ: 11.076.813/0001-81
CREA: 0894555