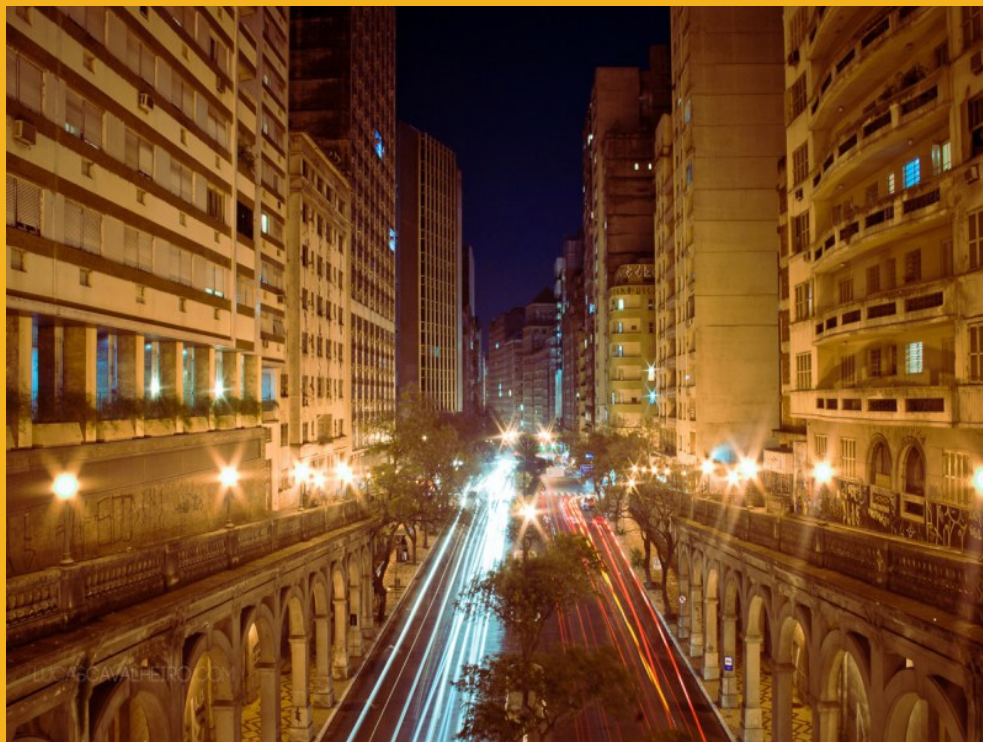


PENSAR A CIDADE ILUMINADA

A ILUMINAÇÃO PÚBLICA DA ÁREA CENTRAL DE PORTO ALEGRE
E SUA RELAÇÃO COM A POLUIÇÃO LUMINOSA



RACHEL SILVEIRA ADOLPHO

PENSAR A CIDADE ILUMINADA

A Iluminação Pública na Área Central de Porto Alegre e sua Relação com a Poluição Luminosa

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Arquitetura, pelo Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 23 de maio de 2018.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Betina Tschiedel Martau, Arq. – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Fausto Kuhn Barbosa, Físico – Instituto Federal de Educação do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Heitor da Costa Silva, Arq. PhD – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Isac Roizenblatt, Eng. – Centro Universitário Belas Artes de São Paulo

AGRADECIMENTOS

Toda a objetividade utilizada para escrever este trabalho se desfez no momento em que esta página começou a ser escrita, pois aqui o pragmatismo não tem espaço. Apenas meus melhores sentimentos a aqueles que, mesmo não tendo contribuído com palavras escritas, tiveram ações e gestos superiores a qualquer capítulo finalizado.

Vera Silveira (mamãe), Deborah Adolpho (mana), vocês são as pessoas que ainda procuro adjetivos para descrever, mas, na inexistência deles, vou utilizar alguns que soam adequadamente: incríveis, insubstituíveis e companheiras. O apoio incondicional de vocês foi, é, e sempre será fundamental, em qualquer aspecto da minha existência.

Carlos Adolpho (papai), a ausência física e o longo tempo decorrido não permitiram que tua dedicação profissional deixasse de ser um exemplo e inspiração para mim, de algum plano sei que olhas por mim.

Professora Betina Martau, a admiração inicial pela professora e pesquisadora que és, ganhou uma nova variável: a admiração pessoal devido ao teu caráter e tua força. Cada vez que eu te via assessorando, palestrando, enfrentando alguma “porventura”, era tomada pela vontade de desempenhar minha tarefa acadêmica da melhor maneira possível, para corresponder ao exemplo que tinha.

Outras mulheres incríveis: Jaiana Bortolli, considero-te, além de uma grande amiga, um suporte emocional, que me permitiu ter serenidade para escrever. Clarissa Meneguzzi e Fernanda Verri, a trajetória de vocês me inspirou e me mostrou caminhos que jamais imaginei trilhar, mas isto não seria suficiente sem todo o carinho que permeia este trio. Yasmin Bistrinsky, de todos meus achados de pesquisa, tu certamente foste um dos mais valiosos. Simone Foscarini, teu talento e carinho tornaram estes escritos gramaticalmente mais adequados e fizeram com que me sentisse especial ao teres topado esta empreitada. Caroline Dal Bosco, teus conhecimentos em biologia fizeram este trabalho mais florido.

Luís Bolfoni, o fato de acreditares na minha capacidade, quando eu não estava certa sobre ela, tem total relação com este trabalho produzido, teu incentivo foi essencial – e tuas correções também. Engenheiros Edson Rodrigo de Oliveira e Rodrigo de Oliveira, do Departamento de Iluminação Pública, o suporte técnico de vocês e a paciência possibilitaram os resultados encontrados.

Destino, meu mais sincero e emocionado obrigado por ter colocado seres tão especiais na minha trajetória.

RESUMO

A ocorrência da poluição luminosa foi detectada a partir de 1970 pela redução da visibilidade dos corpos celestes no período noturno, sendo posteriormente associada a implicações negativas relacionadas à fauna, à flora e aos indivíduos. É definida como os efeitos nocivos causados pela iluminação elétrica inadequada, sendo a iluminação pública responsável por grande parte do problema. Em Porto Alegre o fenômeno é confirmado por imagens de satélites que medem o brilho artificial do céu noturno e apontam níveis máximos na região central da cidade. Situação essa que pode ter sido agravada por grandes projetos de modificação da iluminação pública, desenvolvidos desde 2013, para aumentar o número de luminárias e iluminâncias na cidade. Iniciativas que não estão previstas no Plano Diretor de Iluminação Pública da cidade, embora esse seja um instrumento que deveria orientar a implantação do sistema e, que tem entre seus objetivos combater a poluição luminosa. Neste contexto, investigou-se como a iluminação pública do Centro Histórico de Porto Alegre pode estar contribuindo para a poluição luminosa, considerando as legislações vigentes e práticas de projeto. Essa investigação foi feita por meio de uma pesquisa qualitativa, desenvolvida a partir de revisão da literatura, pesquisa documental em Planos Diretores de Iluminação, no contexto nacional e internacional, e estudo de campo no Centro Histórico de Porto Alegre. Os resultados apontaram que na área de estudo o problema está relacionado principalmente à temperatura de cor do sistema empregado e à fotometria das luminárias que provocam iluminação intrusiva, ofuscamento e brilho do céu, que são componentes da poluição luminosa.

Palavras-chave: Poluição Luminosa. Iluminação Pública. Plano Diretor de Iluminação. Porto Alegre.

ABSTRACT

Light pollution has been detected since 1970 due to the reduction of visibility of celestial bodies, it was associated to the consequences to the fauna, flora and human beings. It is conceptualized as the harmful effects given by electric lighting. Public lighting is responsible for the biggest part of the problem. In Porto Alegre the phenomenon is confirmed by satellite images that measure sky glow and shows the highest levels in downtown area. The situation could be intensified due to large projects of public lighting remodeling have been developed since 2013, in order to increase the number of light fixtures and the illuminances in the city. These initiatives haven't been on Porto Alegre's Public Lighting Master Plan, although it is a document that could guide the implantation of the system and help to fight against light pollution. With this, to propose research of how the public lighting of Porto Alegre's historic downtown can contribute to lighting pollution, considering the current laws and project actions. This study was organized through a qualitative research, developed from a literature review, documental research at Urban Lighting Master Plans, from international cities as well as in Brazil, and field study in Porto Alegre's downtown area. The results show that the main cause of lighting pollution is related to lighting fixtures' high color temperature and the equipment that allows the up light emission, causing light trespass, glare and sky glow.

Key-words: *Lighting Pollution. Street Lighting. Urban lighting Master Plan. Porto Alegre*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Mapa da Poluição Luminosa em Porto Alegre	14
Figura 2	Pôster para divulgação da instalação iluminação pública	14
Figura 3	Lanterna criada em 1744 para Paris	18
Figura 4	Lamp Lighters acendendo a luminária	19
Figura 5	Exemplo de luminária metálica	19
Figura 6	Lâmpada de arco voltaico	20
Figura 7	Paris iluminada no século XIX	22
Figura 8	Cidade de Campo dos Goytacazes século XIX	23
Figura 9	Planta baixa de Porto Alegre em 1772	23
Figura 10	Acendedores de postes a gás em Porto Alegre	24
Figura 11	Antiga iluminação vapor de sódio na Rua Duque de Caxias	26
Figura 12	Iluminação LED	26
Figura 13	Classificação das Luminárias de acordo com a fotometria	28
Figura 14	Mapa de Brilho do céu na cidade de Nova Iorque.	32
Figura 15	Brilho do céu na cidade de Nova Iorque.	32
Figura 16	Iluminação causando ofuscamento	33
Figura 17	Iluminação sem ofuscamento	33
Figura 18	Iluminação intrusiva	34
Figura 19	Desordem	34
Figura 20	Mapa brilho do céu nos EUA	37
Figura 21	Feixes de luz	40
Figura 22	Detalhe feixes de luz	40
Figura 23	Brilho do céu América Latina em 2011	43
Figura 24	Fachos de uma luminária total protegida	46
Figura 25	Observatório Roque de los Muchachos, Ilhas Canárias	47
Figura 26	Observatório del Teide, Ilhas Canárias	47
Figura 27	Luminosidade da cidade de Campinas	50
Figura 28	Imagem do Plano de Lyon	57
Figura 29	Parc de Gerland na cidade de Lyon, França	57

Figura 30	Poluição luminosa em Cingapura	57
Figura 31	Iluminação da cobertura	58
Figura 32	Exemplos de iluminação da cobertura.	58
Figura 33	Armadilhas para capturar insetos atraídos pelas luminárias	61
Figura 34	Parte do Plano de São Bernardo	61
Figura 35	Parte do Plano de Barbacena	63
Figura 36	Mapa iluminâncias propostas pelo Plano de Curitiba	66
Figura 37	Luminária decorativa com a parte superior coberta	75
Figura 38	Mapa do efeito das fontes de iluminação elétrica	76
Figura 39	Planta baixa da área central onde foi feita a pesquisa	76
Figura 40	Centro Histórico de Porto Alegre	77
Figura 41	Luminária modelo 1, durante o dia na Rua Duque de Caxias	77
Figura 42	Luminária modelo 2, durante o dia na Rua Duque de Caxias	77
Figura 43	Luminária modelo 2, durante a noite na Rua Duque de Caxias	77
Figura 44	Iluminação intrusiva na Rua Duque de Caxias	78
Figura 45	Iluminação intrusiva na Rua Duque de Caxias.	78
Figura 46	Planta baixa localização das luminárias modelo 1 e 2	78
Figura 47	Planta baixa largura vias	78
Figura 48	Posicionamento Luminária de LED	79
Figura 49	Efeitos da iluminação na vegetação elétrica	80
Figura 50	Largura passeio e leito da via	82
Figura 51	Conflito ente arborização e iluminação na Rua Duque de Caxias	83
Figura 52	Forma de medição da iluminação intrusiva	85
Figura 53	Detalhe em vermelho do levantamento com luxímetro preso	85
Figura 54	Planta baixa largura dos leitos (das vias)	88
Figura 55	Planta baixa largura vias	88
Figura 56	Pavimentação da Rua dos Andradas com paralelepípedo e asfalto	88
Figura 57	Pavimentação da Rua General Vasco Alves com paralelepípedo	88
Figura 58	Pavimentação da Rua Duque de Caxias com asfalto	89
Figura 59	Pavimentação da Rua General Bento Martins	89
Figura 60	Planta baixa com a localização do conflito da vegetação e iluminação	89

Figura 61	Ponto 1, na Rua General Canabarro.	90
Figura 62	Ponto 2, na Rua Riachuelo	90
Figura 63	Ponto 3: Rua Duque de Caxia	90
Figura 64	Ponto 4: Rua Duque de Caxias	90
Figura 65	Ponto 5: Rua Duque de Caxias	91
Figura 66	Luminária modelo 1 durante o dia, Rua Duque de Caxias	91
Figura 67	Luminária modelo 1 à noite, Rua Duque de Caxias	91
Figura 68	Luminária modelo 2 durante o dia, Rua Duque de Caxias	92
Figura 69	Luminária modelo 2 à noite, Rua Duque de Caxias	92
Figura 70	Planta baixa com a localização das luminárias modelo 1 e 2	92
Figura 71	Luminária modelo 3 durante o dia, Rua dos Andradas	93
Figura 72	Luminária modelo 3 durante a noite, Rua dos Andradas	93
Figura 73	Planta Baixa com a localização das luminárias modelo 3	93
Figura 74	Luminária modelo 4, Riachuelo Centro Histórico de Porto Alegre	94
Figura 75	Luminária modelo 4, Riachuelo Centro Histórico de Porto Alegre	94
Figura 76	Planta Baixa com a localização das luminárias modelo 4	94
Figura 77	Detalhe da Luminária tipo 4	95
Figura 78	Curva fotométrica da Luminária tipo 4	95
Figura 79	Luminária tipo 4, a qual causa iluminação intrusiva	95
Figura 80	Luminária tipo 4, a qual causa iluminação intrusiva	95
Figura 81	Planta baixa com a localização da iluminação intrusiva	96
Figura 82	Planta baixa com a localização da iluminação intrusiva	96

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Síntese Planos de Iluminação Internacionais	68
Quadro 2	Síntese das medidas apresentadas nos Planos Internacionais	69
Quadro 3	Síntese Planos de Iluminação Nacionais	70
Quadro 4	Síntese Planos de Iluminação Nacionais	71
Quadro 5	Síntese das medidas apresentadas nos Planos Nacionais	71
Quadro 6	Ocorrência de iluminação intrusiva	97
Quadro 7	Ocorrência de iluminação intrusiva	98
Quadro 8	Ocorrência de iluminação intrusiva	99
Quadro 9	Ocorrência de iluminação intrusiva acima	100
Quadro 10	Ocorrência de iluminação intrusiva acima	100

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ALAN	<i>Artificial Light at Night</i>
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
APA	Área de Preservação Ambiental
CEEE	Companhia Estadual de Energia Elétrica
CEERG	Companhia de Energia Elétrica Rio-Grandense
CLO	Constant Lumen Output
DIP	Divisão de Iluminação Pública
ELETROBRÁS	Centrais Elétricas Brasileiras
IDA	<i>International Dark-Sky Association</i>
IESNA	<i>Illuminating Engineering Society of North America (IESNA)</i>
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
OMS	Organização Mundial de Saúde
PDDUA	Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental
PDI	Plano Diretor de Iluminação
SMAM	Secretaria Municipal do Meio Ambiente
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
1.1 Justificativa	15
1.2 Objetivos	15
1.3 Estrutura do Trabalho	16
1.4 Delimitação da Pesquisa	16
ILUMINANDO AS CIDADES	18
2.1 Evolução da Iluminação Pública	18
2.2 Evolução da Iluminação Pública no Brasil	21
2.3 Panorama da Iluminação Pública em Porto Alegre	23
2.4 Norma Brasileira de Iluminação Pública e a Poluição Luminosa	26
2.5 Processo de Implementação da Iluminação Pública em Porto Alegre	28
O CONCEITO DE POLUIÇÃO LUMINOSA E SUAS IMPLICAÇÕES	31
3.1 Conceito de Poluição Luminosa	31
3.2 Mudanças nos Padrões de Claro e Escuro do Ambiente	35
3.3 Consequências da Poluição Luminosa	37
ESTUDO DE LEGISLAÇÕES E PLANOS DIRETORES DE ILUMINAÇÃO	46
4.1 Legislações para Controle da Poluição Luminosa: Legislações Internacionais	46
4.2 Plano Diretor de Iluminação Urbana	51
4.3 Plano Diretor de Iluminação Pública	53
4.4 Estudo de Planos Diretores de Iluminação Urbana e de Iluminação Pública	54
4.5 Planos Diretores de Iluminação Urbana no contexto nacional	60
4.6 Análise dos Planos Internacionais e Nacionais	66
METODOLOGIA	74
5.1 Estudo de Campo	74
RESULTADOS E DISCUSSÃO	87
6.1 Resultados do Estudo de Campo	87
CONCLUSÕES	108
REFERÊNCIAS	112

CAPÍTULO 1



Registro da iluminação em Porto Alegre no ano de 1900

INTRODUÇÃO

A iluminação pública é um elemento de composição urbana que, desde sua inserção, vem sendo modificada não apenas em relação aos progressos da tecnologia, mas também quanto à forma como é concebida.

Uma abordagem quantitativa predominou no século XX, voltada para garantir iluminâncias adequadas para o tráfego de veículos sem comprometer recursos financeiros (GODOY, 2009). Entretanto, novas perspectivas têm sido trazidas pela valorização da aparência do ambiente noturno e por evidências científicas dos impactos negativos do uso inadequado da iluminação elétrica na fauna, flora e em humanos (MEIER, HASENÖHRL, KRAUSE, POTTHARST, 2015). Esses impactos começaram a ser identificados na década de 1970, na astronomia, pela redução da visibilidade do céu noturno, efeito resultante dos inúmeros feixes de luz direcionados acima da linha do horizonte, com intensidades que superavam o brilho dos corpos celestes (ELSAHRAGTY e KIM, 2015).

Essas condições sinalizaram a ocorrência de uma nova forma de degradação, a poluição luminosa, definida por Rich e Longcore (2013) como o conjunto dos efeitos indesejados e não intencionais da iluminação elétrica que afetam o ambiente natural e construído urbano. O fenômeno pode ser causado por qualquer fonte inadequada; entretanto, estima-se que mais da metade seja oriundo da iluminação pública (INTERNACIONAL DARK-SKY ASSOCIATION, 2012). Devido aos seus índices ascendentes, há observatórios astronômicos perdendo a capacidade de funcionamento, porque o brilho artificial do céu está acima do limiar da visão noturna (CINZANO e FALCHI, 2001). Segundo a lei de Walker, referenciada por Elsahragty e Kym (2015), existe uma relação proporcional do brilho do céu com a proximidade do centro das cidades e a sua população¹.

Os efeitos nos indivíduos estão relacionados à necessidade biológica que temos da iluminação e também da escuridão (fase clara e escura). Fernandes e Coelho (2010) explicam que os humanos são seres diurnos e parte do sistema endócrino precisa de luz; entretanto, sua ausência também é essencial, pois há processos biológicos que só ocorrem na completa escuridão, como a produção de melatonina². Assim, a exposição constante a fontes de luz elétrica pode implicar danos crescentes à espécie humana, com efeitos significativos, a saber, alterações no ciclo circadiano, que é o período de aproximadamente 24 horas sobre o qual se baseiam processos biológicos como metabolismo, renovação celular e mudanças na temperatura corporal.

¹ Nesta teoria, o brilho do céu é estimado a partir da fórmula, $I = 0,01.P.d^{-2,5}$. Sendo: "I" o aumento do brilho do céu acima das condições naturais de iluminação, "d" distância do centro da cidade em Km, P população em habitantes, "e" 0,01, que é uma constante típica para a maioria das cidades que apresentam uma determinada quantidade de iluminação pública. Se "I" 1,0, o brilho do céu é o dobro do céu escuro natural, ou seja, há um aumento de 100% (GARGAGLIONI, ARDILA, DUPAS, 2012).

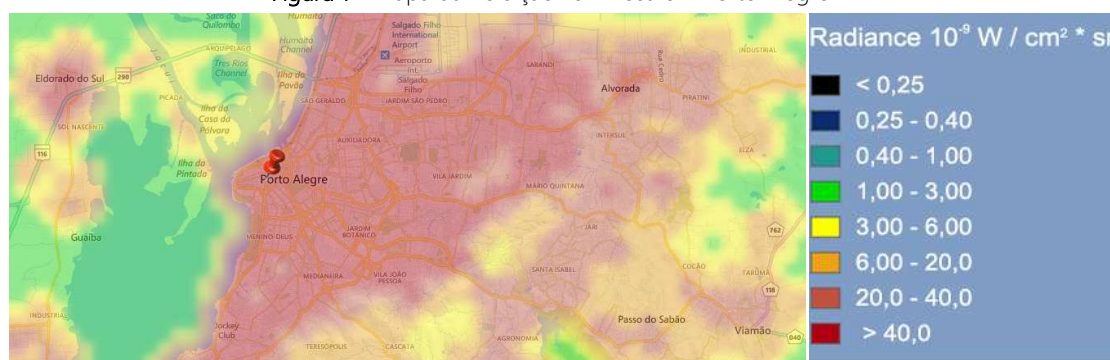
² A melatonina é um hormônio produzido pela glândula pineal, cuja secreção está diretamente relacionada ao ciclo claro-escuro. Tem ação antioxidante e papel fundamental na regulação do estado sono/vigília, do ritmo de vários processos fisiológicos, participando do controle do relógio biológico (MAGANHIN, 2008).

Além do que foi exposto em relação à saúde humana, os animais têm seus ciclos de migração alterados e o senso de orientação prejudicado, entre outros problemas, pois não conseguem diferenciar iluminação natural e elétrica, confundindo-se entre a noite e o dia. Os reflexos financeiros também são impactantes, nas Ilhas Canárias, por exemplo, a instituição de medidas contra o excesso de iluminação reduziu o fluxo de luz para o céu em 84,8%, diminuindo os gastos públicos com energia elétrica em 65% (NARISADA, SHREUDER, 2004).

A consciência sobre esses efeitos fez com que surgissem legislações para controlar a poluição luminosa, sendo as primeiras implantadas na década de 1980, voltadas inicialmente para a proteção dos observatórios astronômicos. Entre os formatos de legislações existentes, salienta-se o papel dos Planos Diretores de Iluminação (PDI), que são instrumentos fundamentais para orientar a configuração do uso da luz nas cidades, de modo a considerar suas necessidades quantitativas e qualitativas. Podem ser associados à metodologia de iluminação de origem francesa *L'Urbanisme Lumière*, que recomenda seu uso para direcionar as intervenções luminotécnicas, visando uma aplicação contextualizada da iluminação (JUNQUEIRA e YUNES, 2016).

Os planos são instrumentos presentes no cenário internacional em cidades como Lyon, Viena, Paris, Toronto, mas pouco desenvolvidos nacionalmente, não havendo obrigatoriedade da sua elaboração por parte dos municípios. Embora a cidade de Porto Alegre – RS possua um Plano Diretor de Iluminação Pública, a capital registra índices elevados de poluição luminosa³, representados pelas áreas vermelhas, conforme Figura 1. Concomitantemente, há iniciativas da prefeitura para ampliar a iluminação da cidade, por meio de dois projetos que englobam vias e parques públicos, intitulados “Porto Alegre + Luz” e “Parque Iluminado: eu curto, eu cuido”⁴. Sendo este, desde 2013, o responsável pelas instalações de 6.502 novas luminárias, mesmo que não exista previsão no mencionado Plano Diretor de Iluminação Pública.

Figura 1 – Mapa da Poluição Luminosa em Porto Alegre



Fonte: Light Pollution Map (2017)

³Estas medições foram feitas a partir de satélite e estão disponíveis em: <http://www.lightpollutionmap.info>. A unidade de medida é Radiância, conforme está explicitado no Capítulo 3.

⁴ “Porto Alegre + Luz foi um projeto desenvolvido entre 2009 e 2012, em parceria com o Governo Federal, para renovar a iluminação pública de vias da cidade, introduzindo mais fontes e modernizando as existentes. Já o “Parque Iluminado: eu curto, eu cuido” envolve a renovação da iluminação de praças e parques (PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 2009).

Nesse contexto, a ocorrência da poluição luminosa em Porto Alegre, a mencionada Lei de Walker e a implantação de projetos que aumentarão o quantitativo de fontes de luz no Centro Histórico da cidade, e que potencialmente pode agravar problema, faz com que emerja a questão:

Como a iluminação pública da área central de Porto Alegre pode contribuir para a poluição luminosa?

1.1 Justificativa

A pesquisa foi orientada pelo entendimento da relação entre poluição luminosa e iluminação pública, e também pela compreensão de que a luz deve ter propósitos e critérios que vão muito além de aspectos quantitativos, o que frequentemente é desconsiderado. Entre esses aspectos estão a qualidade do ambiente urbano noturno e os efeitos indesejados associados à luz elétrica inadequada.

Além disso, a iluminação pública à qual humanos estão expostos é resultado da atuação de diferentes categorias profissionais – arquitetos, engenheiros, fabricantes e agentes públicos –, que precisam compreender de maneira ampla os impactos que suas decisões podem causar. Embora a poluição luminosa seja resultado de variadas fontes de luz disseminadas mundialmente e com efeitos globais, sua análise em um contexto local é essencial, pois sua redução se inicia em pequenas escalas.

Ademais, a abordagem dada ao trabalho é pouco explorada por estudos já desenvolvidos no contexto nacional, uma vez que relaciona a ocorrência do problema com instrumentos que colaborariam para seu controle – os Planos Diretores de Iluminação Pública e Urbana. Com isso, desenvolveu-se uma reflexão sobre o processo que contribui para a ocorrência da poluição luminosa, partindo dos instrumentos que podem orientar a implantação da iluminação pública, as medidas que estabelecem e de que forma se refletem na cidade vivenciada.

1.2 Objetivos

Objetivo Geral:

Verificar como a iluminação pública do Centro Histórico de Porto Alegre contribui para a poluição luminosa, considerando as práticas de projeto e as legislações vigentes.

Objetivos Específicos:

- Identificar as soluções de iluminação pública que contribuem para a poluição luminosa, a partir das configurações já comprovadas como influenciadoras da questão;
- Levantar as condições de iluminação quanto às iluminâncias, temperatura de cor e fotometria das fontes e as relacionar com a poluição luminosa;
- Analisar como Planos Diretores de Iluminação Pública e Urbana de diferentes contextos abordam o controle da poluição luminosa.

1.3 Estrutura do Trabalho

O estudo está dividido em sete capítulos. No primeiro são expostos os aspectos introdutórios, por meio da contextualização e justificativa do trabalho, apresentação da pergunta de pesquisa e seus objetivos. Os segundo, terceiro e quarto capítulos embasam a revisão da literatura, expondo os aspectos que condicionam e sustentam a pesquisa.

Ressalta-se que o segundo capítulo trata do desenvolvimento da iluminação pública através do tempo, demonstrando a evolução da tecnologia de iluminação e como a luz tem servido a diferentes propósitos ao longo da história. O terceiro capítulo discute o conceito de poluição luminosa, seus reflexos e as questões relacionadas às alterações nos padrões naturais de luminosidade. Enquanto que no quarto capítulo é feita uma análise de legislações voltadas para o controle da poluição luminosa, considerando os Planos Diretores de Iluminação Pública e Urbana como instrumentos fundamentais.

O quinto capítulo apresenta a metodologia de pesquisa, as variáveis consideradas e a forma como foram tratadas, embasando os resultados apresentados e discutidos no sexto capítulo. Por fim, o sétimo capítulo traz as conclusões do estudo, respondendo aos objetivos propostos na pesquisa.

1.4 Delimitação da Pesquisa

Esta pesquisa foi elaborada para analisar a influência da iluminação pública na poluição luminosa. Apesar disso, salienta-se que o fenômeno é resultado de qualquer fonte elétrica inadequada, inclusive oriunda de luminosos publicitários, elementos de fachadas e residências.

As variáveis verificadas foram selecionadas por influenciarem na ocorrência da poluição luminosa. Porém, enfatiza-se que a concepção da iluminação pública de qualidade é resultado de inúmeros fatores, como percepção urbana, uniformidade da luz, eficiência do sistema, depreciação, entre outros. Além disso, o estudo de campo intentou fazer o levantamento apenas da ocorrência de iluminação intrusiva, por ser um dos componentes da poluição luminosa com grande interferência no ciclo circadiano e que pode ser detectado por observação.

CAPÍTULO 2



Centro histórico de Porto Alegre

ILUMINANDO AS CIDADES

2.1 Evolução da Iluminação Pública

A concepção inicial de iluminação pública difere muito da que temos atualmente. A primeira tentativa de organizar esse sistema ocorreu na cidade de Londres, em 1471, quando o prefeito, Sr. Henry Barton, ordenou que todas as casas deveriam ter lanternas na parte exterior, durante as noites de inverno, para garantir a segurança e a orientação dos indivíduos (BERNARDO, 2005; ELLIOT, 2014; SANTOS, 2005).

Apesar dessa iniciativa, a iluminação das ruas, espaços abertos e fachadas permaneceu praticamente inexistente até meados do século XVII, sendo impensável àqueles que tinham que carregar sua própria luz para caminhar à noite, a possibilidade de dispor de iluminação pública. Situação que começou a mudar em 1667, quando Paris foi pioneira ao implantar o sistema (Figura 2), com uso de lampiões apoiados em troncos de madeira, constituindo as primeiras luminárias públicas. O combustível utilizado era o óleo de baleia, escolhido pela chama estável e brilho que produzia, além de ser um recurso abundante (DERZE, 2014; MASCARÓ, 2014). Com a intenção de desenvolver maneiras de iluminar a cidade com mais qualidade, o tenente de polícia Charles-Marie-Antoine de Sartine propôs um concurso. O resultado foi apresentado em 1744: uma lanterna criada pelo engenheiro Bourgeois de Châteaublanc, com desempenho equivalente a 30 velas (Figura 3).

Figura 2 – Pôster para divulgação da instalação iluminação pública.



Fonte: Costa (2006)

Figura 3 – Lanterna criada em 1744, para Paris.



Fonte: Costa (2006)

Posteriormente, a pressão econômica e social da Revolução Industrial por uma iluminação melhor e mais barata impulsionou inovações nas fontes de luz e nos métodos de produção de energia. Nesse cenário, a figura de William Murdoch tem grande importância, pois desenvolveu um sistema de iluminação a gás, utilizado pela primeira vez em 1802, no interior de uma fábrica inglesa de algodão (MASCARÓ, 2004; WEIGL, 2010).

Como consequência, em 1807, Londres teve a primeira rua iluminada a gás, que era transportado por tubulações até luminárias metálicas, ocas para o combustível fluir pelo seu interior. O sistema apresentava o entrave de depender de encarregados, os *lamp lighters*, para acender e apagar manualmente cada uma com o uso de uma vara (Figura 4). Entre as fontes possíveis de obtenção de gás, a hulha⁵ foi a mais utilizada, por ser considerada uma solução satisfatória para a iluminação pública (BERNARDO, 2005; DERZE, 2004; VICTORIAN LIGHTING, 2015).

O método baseado no gás foi uma revolução, pois retirou as cidades do ostracismo noturno, permitindo que as ruas fossem vivenciadas à noite e aos que tivessem como arcar com os custos iluminassem suas casas e comércio. Diferentemente do óleo de baleia, o gás era um combustível invisível e que proporcionava uma iluminação uniforme, pelo jato constante, trazendo um componente estético à iluminação (Figura 5). Entretanto, a possibilidade de explosões e o mau cheiro do sistema orientaram a busca por inovações (ESTRELLA e CORDEIRO, 2007; RYBCZYNSKI e VON STAA, 1986).

Figura 4 – *Lamp Lighters* acendendo a luminária.



Fonte: Daily Mail (2014)

Figura 5 – Exemplo de luminária metálica.



Fonte: Ferreira (2009)

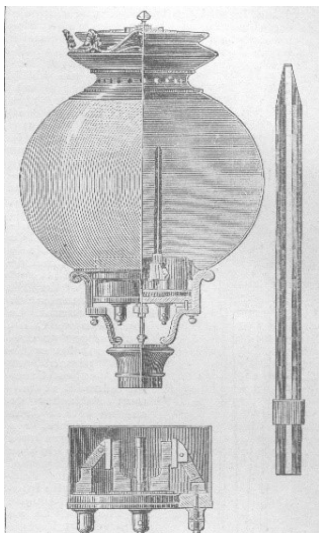
A iluminação elétrica, sucessora desse sistema, começou a ser estudada de modo totalmente experimental em 1654, por um cientista alemão que eletrizou, através do atrito, uma esfera de

⁵ Hulha: espécie de carvão mineral, que fornece gás a partir do seu aquecimento em recipientes fechado para o recolhimento dos gases provenientes (ESTRELLA e CORDEIRO, 2007).

vidro recoberta com enxofre e sais minerais. Entre esse evento e o efetivo uso na iluminação pública, houve inúmeras tentativas e se passaram mais de dois séculos, pois Paris foi a primeira cidade no mundo a iluminar suas ruas com lâmpadas de arco voltaico, em 1878, mas em três anos já contava com 4.000 pontos (Figura 6). Como a luz produzida era mais intensa que o sistema anterior – o gás –, a altura das luminárias, que variava entre 2,5 m e 3,5 m, teve que ser aumentada (Figura 7), mudando a percepção visual do espaço urbano noturno (BERNARDO, 2005).

Esse sistema de iluminação consistia em dois polos, um positivo e outro negativo, que eram energizados e colocados próximos, produzindo uma luz semelhante a um raio. Suas limitações estavam relacionadas ao brilho excessivo, que causava ofuscamento, e ao fato de serem ligadas em série, o que impedia o desligamento individual das unidades (BRYSON, 2011).

Figura 6 – Lâmpada de arco voltaico.



Fonte: Costa (2006)

Figura 7 – Paris iluminada no século XIX.



Fonte: Costa (2006)

Concomitantemente ao desenvolvimento das lâmpadas de arco voltaico, estudou-se o uso das incandescentes, entretanto sua fabricação em escala comercial iniciou apenas em 1880, quando Thomas Edson comprou a patente do produto e criou seu modelo próprio de lâmpada. Posteriormente, desenvolveram-se as fluorescentes, na década de 1940, e as de vapor de mercúrio, na década de 1960. Estas últimas dominaram a iluminação pública na década de 1980, quando foram substituídas pelas lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão, caracterizadas pela maior eficiência energética e cor amarelada.

Atualmente, o *light emitting diode* (LED)⁶, em português, diodo emissor de luz, é a primeira opção quando se trata de iluminação pública, devido à grande eficiência energética, alto fluxo

⁶ LED: dispositivo eletrônico que transforma eletricidade em luz através do movimento dos elétrons. A tecnologia foi criada na Rússia na década de 1920, utilizada inicialmente em pequenos dispositivos como calculadoras. Posteriormente, com a invenção do LED azul, foi possível obter luz branca para ser aplicada na iluminação arquitetônica (BERNARDO, 2005).

luminoso e elevada vida útil. Embora desde o fim da década de 1950 já houvesse o LED vermelho, e na década de 1970 tivesse sido desenvolvido o verde, somente com a criação do LED azul foi possível combinar as cores e produzir lâmpadas de luz branca, de alta luminosidade; descoberta que rendeu o prêmio Nobel aos cientistas⁷.

O primeiro uso dessa tecnologia para iluminação pública ocorreu em 2003, nos Estados Unidos, devido ao desempenho energético superior a qualquer outra fonte. Seu uso é crescente e, em 2014, estimava-se que, dos 140 milhões de pontos de iluminação pública distribuídos no mundo, 19 milhões eram de LED. Hoje, espera-se que até 2020 existam 155 milhões de pontos, sendo 100 milhões de LED (ALMEIDA, 2005; FORBES, 2014).

2.2 Evolução da Iluminação Pública no Brasil

O desenvolvimento da iluminação pública no Brasil teve uma trajetória semelhante ao dos países europeus em relação à sucessão de tecnologias, mas com a particularidade de ter sido influenciado pela relação entre colônia e colonizador – Portugal. Até o século XVIII, a iluminação de exteriores se restringia à fixação de luminárias alimentadas com óleo de baleia e suportadas por armações metálicas nas fachadas de igrejas ou das casas, restrita à classe mais nobre, pois as despesas eram divididas entre os moradores (DERZE, 2014; ROSITO, 2009).

Cenário que começou a mudar com a transferência da capital da colônia para o Rio de Janeiro, em 1763. As modificações foram graduais e o serviço de iluminação só se desenvolveu após 1794, quando passou a ser subsidiado pelos cofres públicos, motivado, principalmente, pela necessidade de segurança, tanto que o serviço era controlado pela Superintendência de Polícia. Com isso, foram instalados 100 lampiões em um trecho do centro do Rio de Janeiro, número insuficiente para uma cidade que já contava com 40 mil habitantes (FERREIRA, 2009).

A vinda da família real para o Brasil, em 1808, incentivou a instalação de outros lampiões no Rio de Janeiro, reforçando a relação da iluminação com a segurança, uma vez que a prioridade era evitar a proliferação de marginais. Anos mais tarde, entre 1830 e 1833, os primeiros lampiões públicos de óleo de baleia foram instalados, respectivamente, em São Paulo e em Porto Alegre. Assim como na Europa, esse combustível necessitava de acendedores de lampião para o funcionamento e foi substituído pelo gás de hulha. Essa transição das fontes de abastecimento foi considerada fundamental para a mudança nos rumos da iluminação pública (ELETROBRÁS, 2009; DERZE 2014; MASCARÓ, 2004).

Embora a primeira tentativa de desenvolver um sistema de iluminação a gás tenha ocorrido em 1828, no Rio de Janeiro, somente 20 anos mais tarde foi possível implantá-lo, tendo o Barão de Mauá como figura importante no processo, pois era proprietário da companhia que realizou a obra. O sistema se expandiu rapidamente e seu uso não se limitou à iluminação, visto que também alimentava fogões e fornos de uso doméstico, o que aumentava sua demanda. A expansão do sistema era complexa e cara, porque dependia de uma rede subterrânea de ferro

⁷ Os cientistas japoneses Isamu Akasaki, Hiroshi Amano e o japonês naturalizado americano Shuji Nakamura foram os vencedores do prêmio Nobel de Física de 2014 (RUGE, 2014).

fundido, o que implicava altos custos; logo, a iluminação a gás predominou no Brasil somente por meio século (FERREIRA, 2009).

A sucessora desse sistema foi a iluminação elétrica, que teve como marco o ano de 1879, quando foram instaladas, no interior de uma das estações da ferrovia D. Pedro II (atual Central do Brasil), seis lâmpadas a arco voltaico alimentadas por dois dínamos⁸. Já no espaço externo, a iluminação elétrica foi utilizada pela primeira vez em 1881, em um trecho correspondente à atual Praça da República, onde foram instaladas 16 lâmpadas a arco voltaicos, também alimentadas por dínamos. Apesar dessas iniciativas, considera-se que o início da iluminação pública elétrica no Brasil ocorreu com a instalação das mesmas lâmpadas na cidade de Campo dos Goytacazes (RJ), no ano de 1883, ilustrado na Figura 8 (DERZE, 2004; MASCARÓ, 2004; SILVA, 2006).

Figura 8 – Cidade de Campo dos Goytacazes, século XIX.



Fonte: Ferreira (2009)

A disseminação da iluminação elétrica foi gradual, pois o país tinha dificuldade de gerar e distribuir energia, mas a celebração de um contrato entre o governo do Distrito Federal e a empresa *Light*⁹, em 1905, deu um grande impulso ao sistema. A companhia passava a ser responsável pela produção, transmissão e distribuição da energia elétrica gerada a partir da força hidráulica. Já em São Paulo, a administração contratou a *São Paulo Tramway, Light and Power Company*, possibilitando a introdução da iluminação elétrica, mas sem eliminar o uso do gás, tanto que a cidade conservou lampiões nas ruas até 1930.

O poder dessas companhias era alvo de críticas, pois detinham o monopólio de fornecimento de energia, gás e água para o Rio de Janeiro e São Paulo no século XX, chegando ao patamar

⁸ Dínamo: equipamento utilizado para gerar eletricidade. Funciona através da conversão da energia mecânica dos cursos de água, vento ou vapor quente em energia elétrica, através da indução do fluxo de elétrons (DERZE, 2004).

⁹ Em 1904, o Grupo Light fundou, no Canadá, a empresa *The Rio de Janeiro Tramway, Light and Power Co. Ltd.*, que em 1905 recebeu autorização do governo brasileiro para funcionar no Rio de Janeiro. Foi pioneira no abastecimento de energia elétrica na cidade e investiu na construção de usinas hidrelétricas, contribuindo para a disseminação da energia elétrica e para o processo de industrialização do Brasil (LIGHT, 2012).

de se tornarem donas de 30% do território urbano paulistano para a prática de especulação imobiliária e expansão os serviços (MASCARÓ, 2004).

Esse cenário de modificações também foi marcado pela introdução das lâmpadas incandescentes, que substituíram as de arco voltaico, e pela evolução na geração de energia elétrica. Com isso, o número de fontes de iluminação era crescente no Rio de Janeiro. Até a metade do século XX, houve um acréscimo de 10 mil por década, foi intensificado a partir de 1960, quando iniciou a utilização em larga escala das lâmpadas de descarga – vapor de mercúrio, vapor de sódio e multivapores metálicos (ROSITO, 2009).

Atualmente, o Brasil conta com aproximadamente 18 milhões de pontos de iluminação pública, sendo a maioria de vapor de sódio da alta pressão e, em menor escala, vapor de mercúrio. Convergindo com o movimento global, desde 2009, observa-se um processo de renovação do parque luminotécnico, e o LED tem sido a primeira opção. As motivações são majoritariamente econômicas, devido à alta eficiência energética, já que o segundo maior gasto dos municípios é com energia elétrica para iluminação pública, sendo o primeiro com folha de pagamento (BANCO MUNDIAL, 2016).

2.3 Panorama da Iluminação Pública em Porto Alegre

Porto Alegre foi fundada em 1772, mas somente após ser elevada à categoria de cidade passou a contar com um sistema de iluminação pública, no ano de 1822. O serviço era incipiente, havendo somente um lampião por esquina no centro urbano da época, Rua da Praia, Rua da Igreja, Rua do Arvoredo, Rua da Figueira, Rua da Margem, implantados a partir de 1832, conforme Figura 9.

Figura 9 – Planta baixa de Porto Alegre em 1772



Fonte: Prefeitura Municipal de Porto Alegre (2013)

Nesse período, a iluminação pública não era vista como um elemento necessário, já que existia toque de recolher – o sino da Catedral tocava às 22h –, indicando que apenas poderia circular na rua quem tivesse autorização ou quem precisasse de atendimento médico. Em 1838, esse cenário começa a mudar, com a instalação de 250 lampiões oriundos do Rio de Janeiro, alimentados a óleo de peixe, combustível que mais tarde foi substituído pelo

querosene. Posteriormente a iluminação pública é impulsionada pela construção da Usina do Gasômetro, em 1874, quando a cidade passa a contar com 500 lampiões, tendo como combustível o gás hidrogênio-carbono produzido (PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 2009).

Os últimos registros desse sistema a gás são de 1929, pois foi substituído pela energia elétrica, pois conforme mencionado anteriormente, o sistema necessitava de acendedores (Figura 10). Essa substituição permitiu que Porto Alegre assumisse um papel importante no contexto nacional, porque foi pioneira em contar com um serviço municipal de iluminação pública elétrica, originado com a instalação da usina da Sociedade Fiat Lux¹⁰, no ano de 1887, na área central. O sistema comportava o acendimento de 800 lâmpadas, sendo cada uma correspondente a 10 velas, e seu funcionamento era por máquina a vapor (FRANCO, 2012).

Figura 10 – Última equipe de acendedores de postes a gás em Porto Alegre, no ano de 1901.



Fonte: Derze (2014)

Em 1906, é criada a Companhia Força e Luz, com sede na Rua dos Andradas, e tem início a construção de uma usina elétrica, localizada na Rua Voluntários da Pátria, com o intuito inicial de fornecer energia para suprir os bondes elétricos. Tanto a Sociedade Fiat Luz como a Companhia Força e Luz foram incorporadas, em 1923, pela Companhia de Energia Elétrica Rio-Grandense (CEERG), com sede no Rio de Janeiro.

No ano de 1947, é criada a Companhia Estadual de Energia Elétrica (CEEE), que até 1970 foi a responsável por instalar e manter o sistema de iluminação em Porto Alegre, ano em que atividade passou a ser realizada pela Secretaria de Obras e Viação (SMOV). Em 1974, foi instituída a Divisão de Iluminação Pública (DIP), órgão vinculado à SMOV, que se tornou a primeira divisão de iluminação pública do país a concentrar integralmente o processo de projeto, instalação e manutenção da iluminação pública, e até hoje mantém esta atividade. O foco inicial do órgão

¹⁰ A companhia Fiat Lux foi fundada pelo francês Aimble Jouvin, que iniciou as primeiras experiências da iluminação elétrica em Porto Alegre, em 1887, em um jantar para comerciantes em que foram ligadas duas lâmpadas (FRANCO, 2012).

foi padronizar os materiais e procedimentos, criando um Manual de Operações, em 1976, que foi revisado em 1984.

Outra medida primordial foi a divisão da cidade em setores que, de acordo com a densidade de tráfego, largura da via e posição geográfica, entre outros aspectos, receberiam determinado tipo de luminária. Atualmente, a DIP é dividida em dois grandes núcleos: Técnico e Administrativo, sendo o primeiro referente a projetos, obras e conservação; e o segundo ligado a orçamentos, atendimento ao público e licitações (DIP, 2017).

Após o ano de 2000, as medidas mais impactantes relacionadas à iluminação pública foram referentes a dois projetos, sendo que um está finalizado e outro em andamento, já mencionados no Capítulo 1. O projeto “Porto Alegre + Luz”¹¹, iniciado em 2009 e terminado em 2012, renovou 80,5 mil pontos de iluminação, com a troca das luminárias de vapor de mercúrio e mista por vapor de sódio e vapor metálico – mais eficientes e menos poluentes. Para isso, foi feita uma parceria com a CEEE e as Centrais Elétricas Brasileiras (ELETROBRAS), tendo como objetivo a redução de aproximadamente 40% no consumo de energia e melhoria dos níveis de iluminação entre 30% e 50% (SADENCO, 2012)¹².

Segundo informações da DIP (2017), houve redução no consumo de energia, pois as lâmpadas instaladas eram menos potentes que as anteriores. Entretanto, não foram obtidos valores referentes à real economia de energia, uma vez que o consumo da iluminação pública é feito por estimativa, com raras exceções em que há medição. Essa forma de apuração segue a resolução normativa 456/2010 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2010).

Já o projeto “Parque Iluminado. Eu curto. Eu cuido”¹³ foi iniciado em 2015, com o objetivo de modernizar a iluminação em 130 parques e praças, visto que os sistemas existentes tinham em média 30 anos. A iniciativa englobou a inserção de novos pontos e a substituição dos existentes por LED ou vapor metálico. Até o ano de 2018, 107 parques e praças passaram por essa renovação, incluindo grandes espaços da cidade: Parque Marinha do Brasil, Parque Farrroupilha (Redenção), Parque Moinhos de Vento (Parcão) e Praça Carlos Simão Arnt (Praça da Encol).

Essa modernização na iluminação de Porto Alegre tem mudado profundamente o cenário noturno da cidade, pois se observa o uso de luzes brancas e intensas, ao contrário da antiga iluminação em tom amarelado, típico das luminárias de vapor de sódio (Figuras 11 e 12). O uso de alta temperatura de cor é associado à sensação de segurança, entretanto pesquisa realizada

em uma das praças renovadas, Praça Adair Figueiredo, demonstrou que os usuários do local preferem baixas temperaturas de cor quando se trata de conforto visual (SOUZA, 2017).

¹¹ Projeto feito com financiamento da Eletrobrás - no valor de R\$ 19.225.000,00 - e recursos da Prefeitura - R\$ 14.274.446,00 -, implementado por ser uma exigência do Programa Nacional de Eficiência na Iluminação, o RELUZ (PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 2015).

¹² A execução ficou a cargo de um consórcio entre as empresas Sadenco e Mercúrio. Não é possível afirmar que objetivo de economia tenha sido alcançado, pois os únicos dados encontrados são da própria empresa que executou o projeto, o que torna a informação frágil.

¹³ O projeto conta com recursos do Fundo Municipal de Iluminação Pública e tinha uma previsão inicial de gastos de R\$ 6,5 milhões (PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 2015).

Figura 11 – Nova iluminação em vapor de sódio na Rua Duque de Caxias, Centro Histórico – Porto Alegre



Fonte: autora (2016)

Figura 12 – Nova iluminação em LED na Rua Duque de Caxias, Centro Histórico – Porto Alegre.



Fonte: autora (2017)

2.4 Norma Brasileira de Iluminação Pública e a Poluição Luminosa

A Norma Brasileira de Iluminação Pública, NBR 5101: 2012 (ABNT 5101, 2012) apresenta os requisitos mínimos para a iluminação de vias públicas, estabelecidos a partir da classificação dessas de acordo com o tráfego de veículos e pedestres e da velocidade permitida.

Como ponto de partida dos projetos, classifica-se o tráfego noturno motorizado em leve (até 500 veículos por hora), médio (de 501 a 1200 veículos por hora) e intenso (acima de 1200 veículos por hora). Já o volume de pedestres é classificado como: sem tráfego (vias arteriais), leve (vias residenciais médias), médio (vias comerciais secundárias) e intenso (vias comerciais principais). Essas categorias de vias definem a iluminância média e o fator de uniformidade¹⁴ a serem alcançados nos projetos de iluminação. Sendo as vias de veículos classificadas em:

- vias de trânsito rápido (V1): alta velocidade tráfego, com separação e sem cruzamentos;
- vias arteriais (V2): vias de mão dupla com cruzamentos e travessias de pedestres em pontos definidos, e vias rurais de mão dupla com separação por canteiros;
- vias coletoras (V3): vias radiais e urbanas de interligação entre bairros;
- vias locais: vias de acesso residencial.

Com isso, os valores recomendados são demonstrados na Tabela 1:

¹⁴ A uniformidade (U) é a razão entre a iluminância mínima e a iluminância média de um plano, onde $U = E_{\text{mín}} / E_{\text{méd}}$ (ABNT 5101, 2012).

Tabela 1 – Padrões de Iluminância Média e Fator de Uniformidade nas diferentes vias, segundo a NBR 5101, 2012

Classe da Via	Iluminância Média Mfínima (E med, min) em lux	Fator de Uniformidade Mfínimo U= Emín/Eméd
V1	30	0,40
V2	20	0,3
V3	15	0,2
V4	10	0,2
V5	5	0,2

Fonte: Adaptado de ABNT (2012)

Já as vias de pedestres são classificadas de acordo com o uso do entorno:

- vias de uso noturno intenso por pedestres apresentam grande atividade comercial e social (P1);
- vias de grande tráfego noturno: áreas de lazer, praças e avenidas (P2);
- vias de uso noturno moderado: passeios e acostamentos (P3);
- vias de pouco uso: passeios de bairros residenciais (P4).

Tabela 2 – Padrões de Iluminância Média e Fator de Uniformidade nas diferentes vias, segundo a NBR 5101, 2012

Classe da Via	Iluminância Média Mfínima (E med, min) em lux	Fator de Uniformidade Mfínimo U= Emín/Eméd
P1	20	0,3
P2	10	0,25
P3	5	0,2
P4	3	0,2

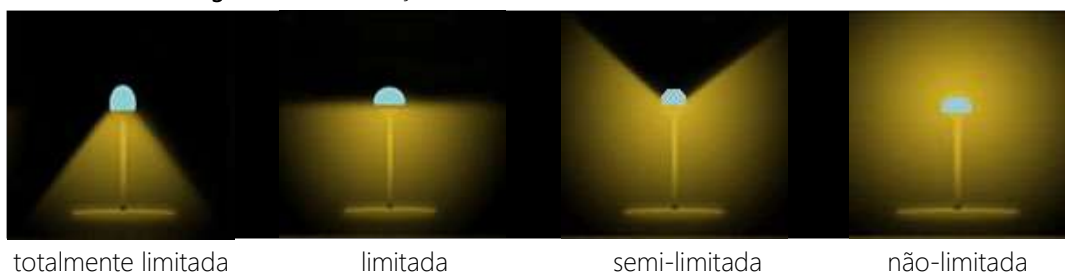
Fonte: Adaptado de ABNT (2012)

Em relação às variáveis de projeto estabelecidas e que influenciam na poluição luminosa, têm-se os modelos de luminárias e respectiva fotometria (totalmente limitada, semi-limitada, e não-limitada), a altura de montagem e, como mencionado, as iluminâncias.

A classificação das luminárias em relação à fotometria é feita de acordo com a distribuição da intensidade luminosa, ou seja, como os feixes de luz são emitidos. Nas luminárias totalmente limitadas, a intensidade luminosa acima de 90° é nula, e a acima de 80° não excede os 10% dos lúmens nominais da fonte empregada. Nas luminárias limitadas, a intensidade luminosa acima de 90° não excede 2,5%, e a acima de 80° não excede os 10% dos lúmens nominais da fonte empregada. Já nas semi-limitadas a intensidade luminosa acima de 90° não excede 5%, e a acima de 80° não excede os 20% dos lúmens nominais da fonte empregada. Por fim, há as

luminárias não-limitadas, que são as mais agravantes para a poluição luminosa, pois não há controle na direção dos fechos (Figura 13).

Figura 13 – Classificação das Luminárias de acordo com a fotometria



Fonte: Del Mar Design (2018)

Já em relação às características urbanas, a norma estabelece a largura dos leitos (das vias), e os passeios como critério para verificar a adequação das iluminâncias projetadas. Sendo os leitos classificados em categorias: até 8,00 m e superior a 8,00m e os passeios em valores de: até 3,00m e superiores a 3,00m. Com isso, tem-se que as características urbanas que determinam as condições da iluminação pública são as questões viárias.

2.5 Processo de Implementação da Iluminação Pública em Porto Alegre

O desenvolvimento da iluminação pública em Porto Alegre está fundamentalmente vinculado à atuação da DIP, pois é o órgão responsável por desenvolver os projetos e implementá-los. De acordo com informações do Departamento¹⁵, os projetos são iniciados pela pesquisa de dados cadastrados e são referentes ao espaço a sofrer a intervenção, não só de aspectos relacionados à iluminação, mas também referentes a redes de infraestrutura do local e arborização. De modo complementar, são realizadas visitas diurnas e noturnas nas áreas para verificação da situação existente e de possíveis pontos com iluminação ineficiente.

Os critérios seguidos são oriundos da Norma Brasileira de Iluminação Pública (NBR 5101, 2012), pois não há outras legislações em níveis estadual e municipal. Por questões de celeridade, nem sempre são feitos cálculos luminotécnicos, que são substituídos por estratégias já consolidadas pela prática, como o espaçamento das luminárias definido a partir do triplo de sua altura, segundo entrevista feita em 2016 (Apêndice 1). Técnica não aplicável às luminárias de LED, por conseguinte elas têm diferenças em sua fotometria, de acordo com os fabricantes, o que não permite essa generalização, havendo a necessidade de cálculos em *softwares* de iluminação, como o Dialux e o Relux¹⁶. Entretanto, há problemas no domínio desses *softwares*. Os técnicos da DIP adotaram o Dialux, mas não receberam treinamento para sua aplicação, tendo que aprender a utilizá-lo por conta própria, fato que pode comprometer os resultados.

¹⁵ Informações coletadas pela autora em entrevista ao engenheiro da Divisão de Iluminação Pública, Edson de Oliveira, em junho de 2016 (Apêndice 1).

¹⁶ Dialux e Relux são softwares para estudos luminotécnicos, que têm recursos que automatizam o processo de dimensionamento de sistemas de iluminação (REVISTA LUME ARQUITETURA, 2005).

Diante dessa realidade, considera-se que há lacunas no tratamento dado ao projeto de iluminação pública em nível municipal, tanto em relação a instrumentos normativos que orientem sua implantação, levando em conta as particularidades locais, quanto em relação à forma como é projetada, baseada em estratégias que não são aplicáveis à tecnologia do LED, além da falta de investimento na qualificação da equipe técnica.

A execução dos projetos também é questionável, devido às condições de aquisição de materiais e contratação de mão de obra, feitos por meio de licitação, sendo selecionados pelo menor preço. Embora existam critérios de desempenho que devem ser obedecidos, a busca pela economia pode gerar aquisições de materiais sem qualidade ou contratação de empresas sem a devida capacidade técnica.

Diante deste contexto, tem-se que o estudo da evolução da iluminação vai além do entendimento da sucessão de tecnologias, pois o desenvolvimento da humanidade e da luz artificial se confundem. Enquanto a iluminação de ambientes internos permitiu que as atividades pudessem ser desenvolvidas independente da luz solar, a iluminação pública mudou a relação dos indivíduos com a cidade, já que possibilitou a existência da vida noturna.

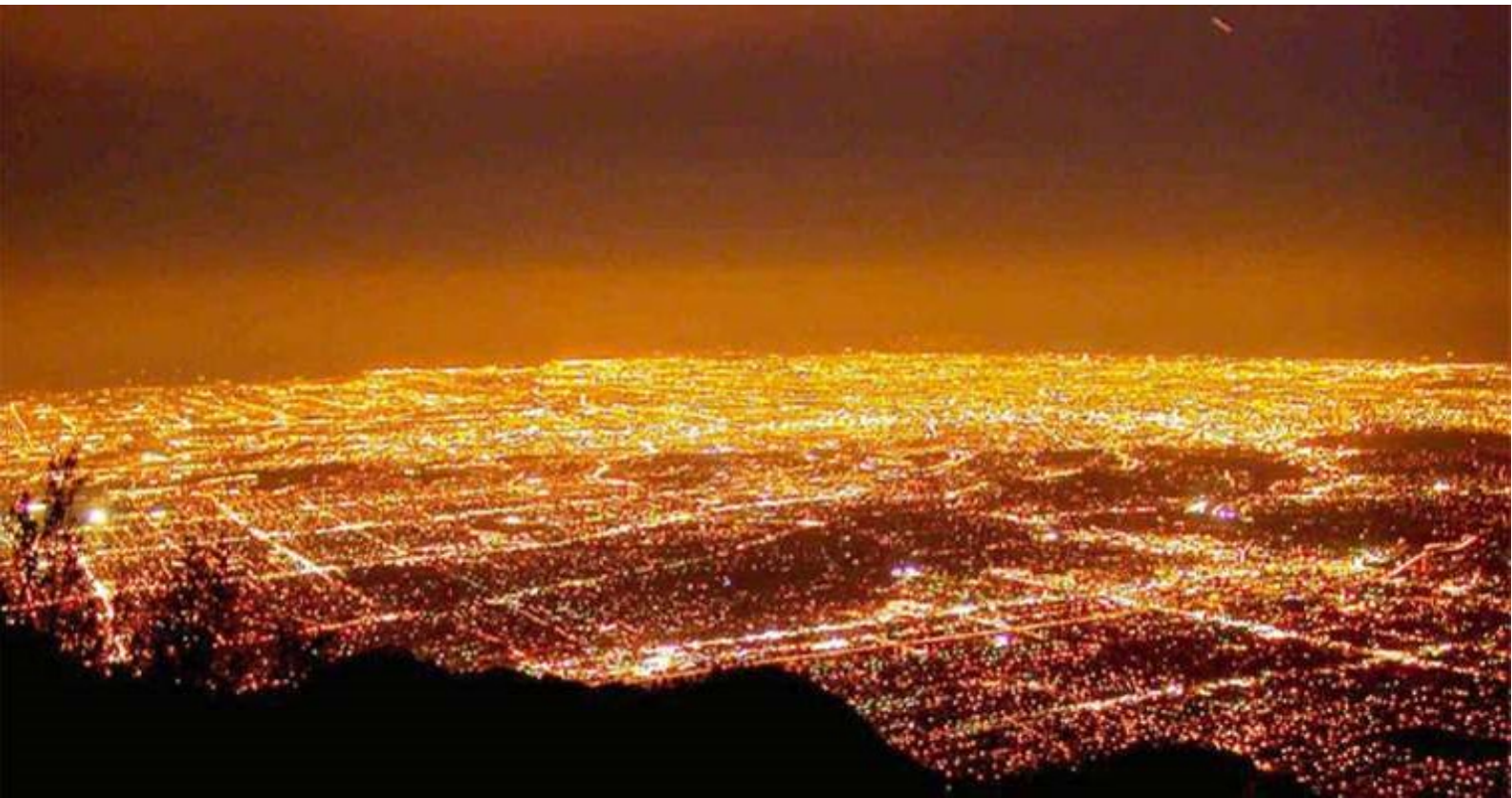
Não apenas as tecnologias evoluíram, mas a própria concepção de iluminação pública. Em seu primeiro registro, no ano de 1471, esta era relacionada apenas à necessidade segurança, mas, no decorrer da história e com o desenvolvimento da iluminação elétrica, começou a ter valores intrínsecos, como símbolo de modernidade.

Essa evolução tem relação direta com o contexto histórico, fato que fica evidente no caso do Brasil, que passou a ter incentivos para implantar o sistema somente com a vinda da Família Real portuguesa, em 1808, época em que se utilizavam lampiões. O entendimento dessa evolução revela algumas inverdades, como a ideia de desenvolvimento gerado com a implantação da iluminação pública elétrica no Brasil. Concepção equivocada, pois o país importava os postes, as lâmpadas e não conseguia administrar o fornecimento de energia.

Independente da velocidade com que as tecnologias foram adotadas em cada país, gradativamente as cidades passaram a ser reconhecidas pela sua ambiência noturna, que está relacionada a todas as formas de iluminação – pública e privada –, mas fortemente ligada à iluminação pública de vias, parques e monumentos.

As preocupações referentes à iluminação pública também se modificaram. Se antes os maiores entraves estavam relacionados a como gerar a luz e mantê-la, hoje os esforços são direcionados à obtenção da maior eficiência energética do sistema, visando à economia de recursos. Além disso, nas últimas décadas, questões como os efeitos ambientais e biológicos em humanos causados pela iluminação externa também passaram a integrar esses esforços, conforme veremos no Capítulo 3.

CAPÍTULO 3



Brilho do céu na cidade de Los Angeles

O CONCEITO DE POLUIÇÃO LUMINOSA E SUAS IMPLICAÇÕES

3.1 Conceito de Poluição Luminosa

O fenômeno da poluição luminosa é considerado uma das mais rápidas e crescentes formas de alteração ambiental pela mudança nos padrões naturais de iluminação. Como citado anteriormente, sua ocorrência foi detectada a partir de 1970 no campo da astronomia, devido à perda da visibilidade dos corpos celestes causada pelo brilho artificial do céu noturno (CINZANO; FALCHI; ELVIDGE, 2001; ELSAHRAGTY; KIM, 2015).

Estudos a conceituam de diferentes maneiras, mas todos são convergentes em relação aos impactos negativos causados à fauna, à flora e aos indivíduos. De acordo com Olsen, Gallaway e Mitchell (2014), a poluição luminosa é composta pelos efeitos indesejados produzidos pela iluminação elétrica inadequada. Em uma abordagem complementar, Fernandes e Coelho (2010) a definem como as alterações no padrão natural de claro-escuro do ambiente, resultado de milhares de fontes de luz em adensamentos humanos, sendo dividida nos quatro componentes:

Brilho do céu (*Sky Glow*): o efeito é produzido principalmente pela luz direcionada para o plano do céu ao invés de ser abaixo da linha do horizonte, sendo também influenciado pela refração¹⁷, espalhamento¹⁸ e dispersão¹⁹ da luz em partículas e gotículas suspensas na atmosfera.

O resultado é o brilho observado no céu noturno de tonalidade laranja ou branca. O tom alaranjado pode ser associado ao uso das lâmpadas de sódio de alta pressão; já o branco, ao uso de lâmpadas de mercúrio ou LED. Com isso, há a redução do contraste entre o céu noturno e as estrelas, muitas vezes tornando-as invisíveis a olho nu e diminuindo a sua visibilidade por telescópios.

O fenômeno não é restrito ao entorno das fontes de iluminação, podendo ser percebido a quilômetros de distância, pois a luz que é direcionada para além da linha horizonte dificilmente encontra obstáculos. Essa situação pode ser observada na cidade de Nova Iorque, que apresenta índices elevados de brilho do céu, conforme aferido por medições de satélite (Figura 14) e que tem como uma das consequências um céu noturno de tonalidade artificial, no caso alaranjada, conforme demonstrado na Figura 15 (INTERNATIONAL DARK-SKY ASSOCIATION, 2012; RABAZA, 2013).

¹⁷ A refração é o fenômeno óptico que a luz apresenta ao se propagar de um meio material para outro. Se nessa transição houver mudança do índice de refração dos meios, ocorrerão alterações na velocidade e na direção de propagação da luz (SILVA, 2015).

¹⁸ Espalhamento é a mudança de direção de propagação que uma fração de raios de luz sofre quando interagem com moléculas atmosféricas. O efeito é mais intenso em comprimentos de onda menores (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2008).

¹⁹ Dispersão é fenômeno no qual uma luz policromática, ao se refratar, decompõe-se nas cores componentes, deve-se ao fato de que o índice de refração de qualquer meio material depende da cor da luz incidente (SILVA, 2015).

Figura 14 – Mapa de Brilho do céu na cidade de Nova Iorque. Em vermelho os índices máximos.



Fonte: Light Pollution Map (2016)

Figura 15 - Brilho do céu na cidade de Nova Iorque.



Fonte: Daily Mail (2014)

Ofuscamento (Glare): efeito que ocorre sob duas formas: um denominado ofuscamento relativo e outro ofuscamento direto. O primeiro acontece quando a iluminação possui luminância (brilho) excessivamente superior ao ambiente circundante. Já o segundo ocorre quando a fonte de luz incide diretamente no campo visual dos indivíduos. Na tentativa de adaptação a essas condições de iluminação, há movimentos de contração das pupilas, causando desconforto, irritação e distração visual, e, mesmo finda a exposição luminosa, os olhos demoram alguns segundos para se recuperar. Afeta principalmente os idosos, pois a idade reduz essa capacidade de adaptação. Por conseguinte, pode resultar em desorientação dos indivíduos e riscos à segurança de

motoristas e pedestres, havendo estudos que o correlacionam à sonolência, dores de cabeça e fadiga (GARGAGLIONI, 2007).

Em alguns casos, a inadequação da iluminação é tamanha que se torna um componente com efeitos contrários ao desejado, como a intenção de trazer mais segurança ao ambiente através do uso da luz, mas que pode resultar em ocultamento de um obstáculo, devido ao ofuscamento. Essa situação pode ser observada num teste feito pela organização Illinois Lighting²⁰. No referido teste, a luminária permite a ocorrência de ofuscamento e impede a visualização de um indivíduo, mas ao ser tapada pela mão do fotógrafo, a presença do indivíduo pode ser percebida (Figuras 16 e 17).

Figura 16 - Iluminação causando ofuscamento.



Fonte: Illinois Lighting (2015)

Figura 17 - Iluminação sem causar ofuscamento. A imagem mostra o mesmo tronco de árvore à noite, mas com uma iluminação mais suave e direcionada, permitindo a visualização clara do indivíduo que está atrás da árvore.



Fonte: Illinois Lighting (2015)

Iluminação Intrusiva (*Light Trespass*): ocorre quando a luz externa é mal direcionada, de modo que ultrapassa o local que deveria iluminar e alcança os ambientes internos das edificações. É o componente da poluição luminosa que pode ter maior interferência nos indivíduos, caso a luz esteja incidindo em dormitórios sem a correta vedação, pois a exposição à luz elétrica no período noturno afeta o ciclo circadiano, o qual pode ser definido como o “relógio biológico” que controla o funcionamento do nosso organismo, baseado em fatores como o ciclo claro-escuro do ambiente (MARTAU, 2016).

²⁰ Conforme descrito pela própria organização Illinois Lighting, essa é uma iniciativa sem fins lucrativos formada por cidadãos do estado Illinois – EUA. Tem como objetivo principal transformar o local em referência em relação ao uso adequado da iluminação externa, Illinois Lighting (2015).

A proximidade das luminárias das edificações e a fotometria inadequada pode agravar a questão, como mostra a Figura 18.

Figura 18 - Ocorrência de Iluminação Intrusiva



Fonte: International Dark-Sky Association (2012)

Desordem (*Clutter*): agrupamento de fontes luminosas brilhantes e desordenadas comumente encontradas em áreas urbanas excessivamente iluminadas, como mostra a Figura 19 (INTERNATIONAL DARK-SKY ASSOCIATION, 2012).

Figura 19 – Ocorrência de desordem em Las Vegas



Fonte: Illinois Lighting (2015)

Diante dos componentes da poluição luminosa, salienta-se que nem toda luz elétrica contribui para o fenômeno, apenas quando inadequada, isto é, se não utilizada em locais, períodos ou intensidades necessárias. Embora possa ser causado por qualquer fonte – luminárias, holofotes, luminosos publicitários, faróis de veículos – medições indicam que a iluminação pública é responsável por mais de 50% do fenômeno, conforme citado no Capítulo 1 (INTERNATIONAL DARK-SKY ASSOCIATION, 2012)²¹.

3.2 Mudanças nos Padrões de Claro e Escuro do Ambiente: Contribuições da Tecnologia, Necessidade de Segurança e Aspectos Econômicos

Ao considerar a poluição luminosa como o efeito nocivo decorrente das alterações no padrão de claro-escuro do ambiente noturno (CINZANO; FALCHI; ELVIDGE, 2001), torna-se fundamental o entendimento de fatores que contribuíram para essa mudança, pois, do contrário, incorre-se em uma abordagem reducionista do fenômeno. Entre eles estão o desenvolvimento da tecnologia, a associação da iluminação com a segurança e aspectos econômicos.

Como demonstrado no Capítulo 2, a iluminação noturna vivenciada nas cidades é considerada uma inserção recente, pois foi somente após o século XIX que a luz elétrica passou a ser utilizada nas ruas. O recurso substituiu a iluminação a gás e passou a simbolizar a modernidade e a urbanização. Integrada às noites como um plano de fundo, tornou-se um componente essencial da vida urbana (FERREIRA, 2009; MASCARÓ, 2007).

Como reflexo desse contexto de desenvolvimento da tecnologia, os padrões naturais de luminosidade vêm sendo significativamente alterados nos últimos 100 anos pela disseminação das fontes elétricas presentes em vias, edificações, anúncios e espaços abertos, entre outros, configurando uma presença massiva da iluminação elétrica no período da noite, denominada *artificial light at night* (ALAN). Esta tem seus índices ascendentes: estimativas feitas a partir de imagens de satélite apontam um crescimento anual de 6% nas taxas mundiais de ALAN (SILVA, VALCU, KEMPENAERS, 2015).

As modificações dos padrões de luminosidade assumem duas formas principais: a primeira é a introdução de fontes em intensidades, períodos e locais em que não ocorreriam. A segunda seria o uso de iluminação com espectro²² diferente das fontes naturais: fogo, sol, lua e estrelas. O espectro depende do tipo de fonte que está sendo utilizado, havendo, atualmente, convergência do emprego de luz com elevada temperatura de cor, com forte componente azul, especialmente quando se usa LED. Essa configuração de luz, com elevada temperatura de cor, é a que mais contribui para o ofuscamento e brilho do céu (GASTON; VISSER; HOLKER, 2015; INTERNACIONAL DARK-SKY ASSOCIATION, 2012).

²¹ Buscou-se uma informação mais recente sobre a contribuição da iluminação pública à poluição luminosa com a INTERNATIONAL DARK-SKY ASSOCIATION, mas a entidade não possui dados mais atualizados.

²² O espectro da luz é o resultado da separação das cores que a compõe. Em iluminação há três faixas do espectro que devem ser consideradas: ultravioleta, luz visível e infravermelho. Entre os raios infravermelhos e ultravioletas encontra-se a faixa do espectro entre 380nm e 780nm, capazes de sensibilizar a visão, configurando a luz visível (COSTA, 2006).

A associação entre iluminação e segurança é outro fator a ser considerado no contexto da poluição luminosa. O efetivo uso da iluminação como forma de reduzir a criminalidade data de 1960, nos Estados Unidos, período em que algumas cidades adotaram essa medida e, inicialmente, apresentaram reflexos positivos. Entretanto, a longo prazo, os resultados foram questionados e considerados insuficientes, pois se detectaram falhas nos métodos de mensuração das melhorias luminotécnicas e na análise dos níveis de criminalidade (BOYCE, 2003).

Inúmeros outros estudos foram desenvolvidos para explicar a mencionada associação (PAINTER, 1999; LORENC, 2012; NARISADA e SCHREUDER, 2004), com destaque para Welsh e Farrington (2008), que fizeram uma revisão sistemática para esclarecer a influência da iluminação das vias na criminalidade, incluindo 13 grupos de controle, monitorados antes e depois de alterações. A conclusão obtida foi que o aumento da iluminação de áreas públicas não foi capaz de reduzir os crimes à noite, mas poderia influenciar no controle social que os indivíduos exercem sobre o espaço.

Embora existam divergências sobre a efetiva redução da criminalidade, os pesquisadores concordam que ambientes mais iluminados proporcionam maior sensação de segurança aos indivíduos. Fato impactante nas relações sociais, pois induz os usuários a evitarem determinados espaços durante o período noturno (NARISADA, SHREUDER, 2004).

Exemplifica-se essa associação no contexto nacional e local, ao se evidenciar inúmeras ações que visam ampliar a segurança por meio da iluminação, todas convergentes para a elevação das iluminâncias e o aumento do número de fontes, fatores que, em se tratando de poluição luminosa, são potenciais agravantes. Entre essas iniciativas cita-se o programa "LED nos Bairros"²³, em São Paulo (SP), o Programa "Mais Iluminação"²⁴, em Niterói (RJ), e o "Programa Cidade Luz"²⁵, em Passo Fundo (RS). No contexto local, conforme mencionado nos Capítulos 1 e 2, há o programa "Parque Iluminado, eu curto, eu cuido".

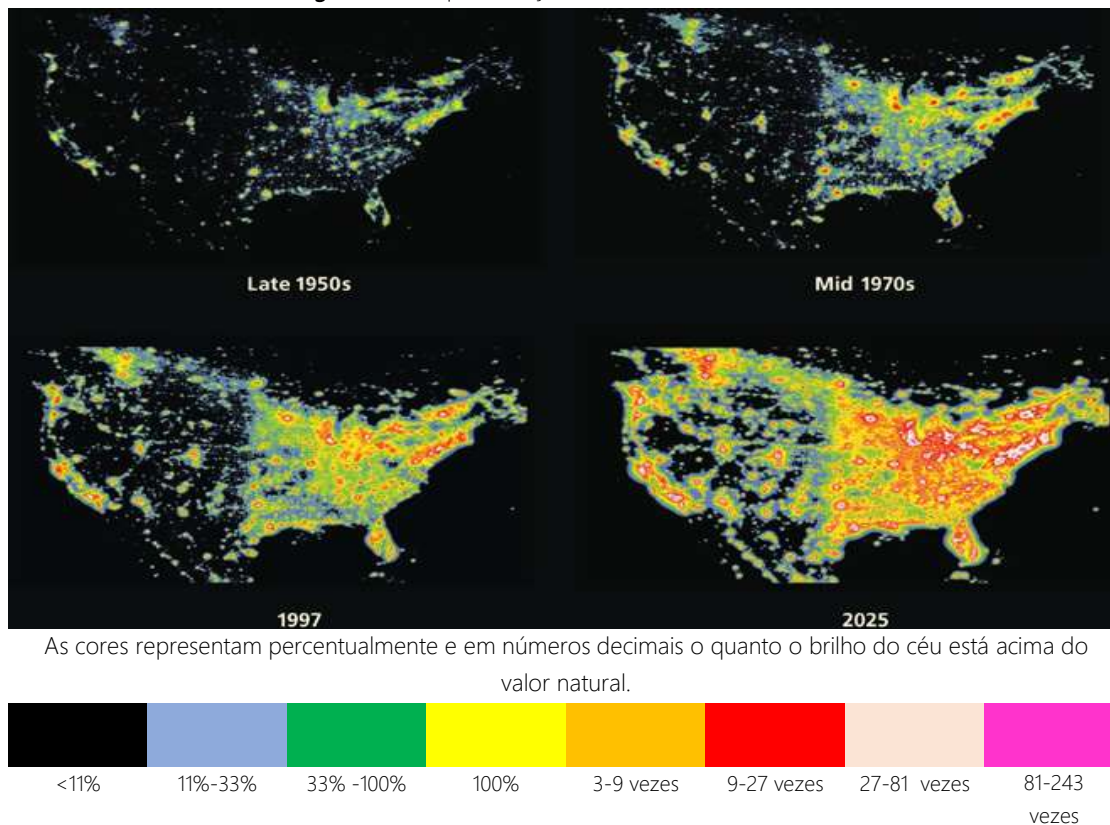
Por fim, outro fator que influencia nas alterações no padrão de claro-escuro e, conseqüentemente, para o aumento da poluição luminosa está relacionado às atividades econômicas. Para Olsen, Gallaway e Mitchell (2014), regiões desenvolvidas e industrializadas apresentam as maiores taxas de poluição luminosa, a exemplo dos Estados Unidos (Figura 20) e parte do continente europeu que se configuram como as áreas continentais com os maiores índices do fenômeno, tendo 75% da população submetida a noites mais claras que períodos de lua cheia.

²³ A iniciativa prevê a instalação de luminárias LED em toda a cidade de São Paulo, a partir das regiões periféricas. Heliópolis, na zona sul, foi o primeiro local a ser contemplado, com 1.300 luminárias em 224 vias públicas, o equivalente a 24 km de extensão (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2016).

²⁴ Programa que tem como objetivo reduzir o tempo das solicitações feitas pela população e melhorar o nível de eficiência energética da iluminação, com vistas a gerar mais segurança (PREFEITURA DE NITERÓI, 2017)

²⁵ Desde seu lançamento, em 2013, a iniciativa da prefeitura já reforçou a iluminação em mais de 770 pontos do município, prevendo o investimento total do R\$ 5 milhões até o final de 2016. O projeto envolve ações de intensificação da luminosidade e instalação de novas luminárias. (PREFEITURA DE PASSO FUNDO, 2017)

Figura 20 - Mapa evolução do brilho do céu nos EUA.



Fonte: Adaptado de Lighting Pollution Map (2017)

Além disso, a exigência de alta produtividade em ambientes industriais também influencia nas mencionadas alterações, pois estimula o aumento das horas de trabalho e a existência de turnos ininterruptos. Desse modo, pelo menos 20% da população em qualquer sociedade urbano-industrial exerce atividades em turnos alternativos para que a produção não pare, conforme apontam Fernandes e Coelho (2010).

A análise desses fatores demonstra que estamos diante de uma questão que vai além da inadequação da iluminação elétrica, uma vez que o *status* de modernidade trazido pela luz, a relação com a sensação de segurança e determinadas atividades econômicas também contribuem para o fenômeno.

3.3 Consequências da Poluição Luminosa

3.3.1 Aspectos Biológicos em Humanos

Os reflexos da poluição luminosa são associados a diferentes áreas, nos últimos anos a questão foi reconhecida como um sério problema de degradação, com consequências negativas à saúde humana e ao ambiente. A saber, é crescente o número de evidências fisiológicas que relacionam o problema e a exposição à luz elétrica noturna a enfermidades como distúrbios de sono, diabetes e câncer (CINZANO e FALCHI, 2014).

Previamente ao entendimento dos potenciais riscos biológicos da exposição à luz noturna, é essencial a análise de alguns processos pelos quais a iluminação – tanto natural quanto elétrica – afeta a fisiologia humana. O efeito da luz nos indivíduos baseia-se no fato de que ela é interceptada por fotorreceptores, compostos por fotopigmentos, que detectam a luz dentro de determinada faixa de cor e estimulam respostas biológicas específicas. Os fotorreceptores podem ser encontrados em diferentes tecidos, inclusive na pele, onde detectam a luz ultravioleta, componente fundamental para a produção de vitamina D (INTERNATIONAL DARK-SKY ASSOCIATION, 2012).

Há fotorreceptores presentes nos olhos que podem ou não ter relação com efeitos visuais. O enxergar colorido e em preto e branco depende, respectivamente, de neurônios da retina chamados cones e bastonetes, a respeito dos quais a fisiologia e sua relação com a visão é bem compreendida. No entanto, no ano de 2000, um novo fotorreceptor foi encontrado na retina dos mamíferos, o ipRGC (*intrinsically photosensitive retinal ganglion cells*). Apesar da sua localização, descobriu-se que o fotorreceptor não apresenta relação com os sistemas utilizados para a visão, sendo responsável por reações classificadas como “efeitos não-visuais da luz”. Esse fotorreceptor detecta a luz através de um fotopigmento, a melanopsina, que absorve a luz principalmente em comprimentos de onda de 480nm (azul) e controla a glândula pineal durante a produção do hormônio da melatonina (GROINFER, 2008).

As bases para essas conclusões foram oriundas, inicialmente, de experimentos com roedores, porém, posteriormente, foram confirmadas em pesquisas com humanos. Esses estudos concluem que a iluminação exerce influência no ciclo circadiano, que é o período de aproximadamente 24 horas sobre o qual se baseiam processos biológicos como metabolismo, renovação celular e mudanças na temperatura corporal (INTERNATIONAL DARK-SKY ASSOCIATION, 2012).

Em verdade, os ritmos circadianos podem ser regulados por outros indicadores externos, mas a luz é a variável primária e mais importante na sincronização dos humanos aos ritmos diurnos ou noturnos, porque a síntese da melatonina é inibida pela luz. Mesmo intensidades moderadas de iluminação, como as do interior de residências (50-300 lux), são capazes de causar redução da produção de melatonina em humanos. Já intensidades superiores a 2000 lux, considerando uma exposição de duas horas, são capazes de barrar completamente a produção (MARTAU, 2009).

Entre as várias ações da melatonina já comprovadas, destacam-se as que têm relação com processos anti-inflamatórios (inibindo ácidos graxos), antitumorais (inibindo divisões celulares) e antioxidantes (regulando elementos pró-oxidantes) (NETO, 2008). Desse modo, a influência da iluminação na secreção da melatonina, que tem conexão desta com processos tão fundamentais como os citados, pode implicar enfermidades quando a exposição à luz alcança patamares excessivos em relação à intensidade e ao tempo (MARTAU, 2009). Salienta-se que há outros hormônios que são estimulados positivamente ou negativamente pela exposição à luz: cortisol (relacionado ao estresse), prolactina (relacionado à produção do leite materno) e serotonina (relacionada à sensação de bem-estar) (FERNANDES e COELHO, 2010).

Somente no ano de 2007 a Organização Mundial de Saúde (OMS) reconheceu a possibilidade de os turnos de trabalho, que envolvem o rompimento no ciclo circadiano, terem reflexos

cancerígenos para os humanos, embora a hipótese já tivesse sido estabelecida em 1987, pelo epidemiologista Richard G. Stevens, baseada na descoberta de que as taxas de câncer são maiores em nações industrializadas, as quais têm o aumento nos índices de iluminação noturna como consequência natural (HITTI, 2007; STEVENS, 2009). Pesquisas vêm confirmando essa relação, principalmente em indivíduos expostos a jornadas laborais que rompem com o ciclo circadiano, a exemplo de trabalhadores noturnos ou aqueles que permanecem em espaços sem janelas (HEILIG, 2010; MARTAU, HARB, HIDALGO, 2015).

Os efeitos da iluminação não se restringem à presença ou não de fontes, mas também variam de acordo com o tipo de dispositivo utilizado. Assim ocorre com lâmpadas com alta temperatura de cor, a exemplo do LED, que pode inibir cinco vezes mais a produção de melatonina que lâmpadas com baixa temperatura de cor (INTERNATIONAL DARK-SKY ASSOCIATION, 2012).

(...) afora a quantidade, a luz tem outras propriedades que influenciam a saúde humana, como o espectro (componente azul maior ou menor), a temperatura de cor correlata (mais alta ou mais baixa), a sua geometria (distribuição dirigida ou geral), a sua direcionalidade (de cima para baixo ou de baixo para cima), a duração da exposição (curta ou longa) e a sua variabilidade (estática ou dinâmica). (Martau, 2015, p. 1)

Os efeitos biológicos da iluminação nos indivíduos reforçam a necessidade de controlar a forma como ela é concebida, para que seja utilizada em intensidades, locais e momentos em que seja necessária.

3.3.2 Aspectos Ambientais

Todos os organismos, humanos ou não, dependem de um período de exposição à luz e à escuridão para o correto funcionamento dos sistemas comportamentais, reprodutivos e imunológicos. Os efeitos da poluição luminosa na fauna e na flora estão relacionados a alterações no fotoperíodo, que é a relação entre a duração do dia e da noite, configuradora de um estímulo ambiental que por milênios foi um fator confiável para indicar a época correta para acasalamento, florescimento e outras atividades. Entretanto, esse indicador passou a ser distorcido quando a iluminação elétrica começou a prolongar a duração do período claro, visto que os animais e a vegetação não diferenciam luz natural da elétrica.

A sensibilidade ao fotoperíodo é tão acurada que, em alguns casos, as diferenças de minutos na duração do dia podem ser percebidas. Nesse cenário, tanto animais noturnos quanto diurnos são afetados, pois os níveis de iluminação a que estão expostos chegam a ser centenas de vezes mais intensos que o padrão natural (FALCHI, 2013; INTERNACIONAL DARK-SKY ASSOCIATION, 2012).

Aves migratórias noturnas são frequentemente prejudicadas, porque se desorientam quando suas rotas atravessam áreas muito iluminadas, fato comprovado desde 1954, quando 50 mil corvos morreram por seguirem um farol da força aérea americana e voarem diretamente para o solo. Situação semelhante aconteceu em 2010, quando 10.000 aves foram atraídas por facho

de luz utilizados para homenagear²⁶ as vítimas do *World Trade Center*, a iluminação precisou ser desligada por cinco vezes, durante uma noite, para que as aves pudessem seguir sua rota (Figuras 21 e 22). Além disso, a reprodução e os horários de canto também são afetados, pois o aumento artificial do dia tem implicações hormonais, fisiológicas e comportamentais. (DIAZ, 2010; FERNANDES E COELHO, 2010).

Figura 21 - Feixes de luz que atraíram pássaros em Nova Iorque



Fonte: Dark Sky Rangers (2013)

Figura 22 - Detalhe dos feixes de luz que atraíram pássaros em Nova Iorque



Fonte: Dark Sky Rangers (2013)

Outra situação frequente envolve filhotes de tartarugas marinhas. A luminosidade do entorno terrestre confunde os filhotes recém-nascidos, que passam a caminhar sem rumo em direção às áreas iluminadas, em vez de irem para o oceano, podendo morrer por desgaste, desidratação ou atropelamento (SILVA, VALCU, KEMPENAEERS, 2015). O Brasil é um país que enfrenta esse problema, tanto que existe um projeto de proteção às áreas de desova das tartarugas marinhas, o Projeto TAMAR, que tem como um dos objetivos o controle das iluminâncias e da direção dos feixes da iluminação nos locais próximos às mencionadas áreas.

A relação entre predador e presa também é influenciada, por exposição da presa ou por escassez de alimento aos predadores. No primeiro caso, há insetos como mariposas e moscas, que se tornam presas fáceis, pois são naturalmente atraídos pela luz elétrica. Em uma situação oposta, há os predadores sofrendo pela escassez de alimentos, quando suas presas são espécies repelidas pela iluminação, a exemplo de cavalos marinhos e morcegos (INTERNACIONAL DARK-SKY ASSOCIATION, 2012).

Embora os reflexos das alterações no fotoperíodo sejam frequentemente estudados isoladamente entre fauna e flora, sabe-se que têm relações entre si, provocando alterações nos ecossistemas como um todo. A fim de explicar a situação, cita-se o florescimento prematuro de

²⁶ Desde o ano de 2002 é feita uma homenagem às vítimas do atentado de 11 de setembro chamada *Tribute in Light*, para amenizar o efeito nas aves, a iluminação é desligada a cada 20 minutos (GABEL, 2014).

árvores provocado por essas alterações e a sua influência no comportamento de pássaros que se baseiam no florescimento para migrarem. O resultado desta dessincronização são os prejuízos à polinização das espécies vegetais e a consequente escassez de alimentos para outras espécies animais, configurando uma cadeia de aspectos negativos (GASTON, VISSER, HOLKER, 2015; INTERNACIONAL DARK-SKY ASSOCIATION, 2012).

Considerando os efeitos mencionados e a fauna urbana típica da área de estudo, composta por aves – incluindo corujas – e morcegos,²⁷ infere-se a possibilidade de alteração nos ciclos reprodutivos e períodos de canto dos pássaros e interferência nos hábitos alimentares dos morcegos, por repulsão das presas. A esses possíveis efeitos acrescenta-se a possibilidade de alteração no florescimento da vegetação.

3.3.3 Aspectos Econômicos e Científicos

Se uma das questões associadas à poluição luminosa é a presença de iluminação em locais, intensidades e momentos inadequados, a ocorrência de perdas financeiras é uma consequência natural. Diferentemente dos aspectos biológicos, que são relacionados primordialmente à luz de ambientes internos, os aspectos financeiros são majoritariamente, associados à iluminação do exterior.

Nos Estados Unidos, análises fotométricas de luminárias de espaços externos demonstraram que 30% da luz emitida não é aproveitada por ser orientada para o céu. Considerando o consumo de energia residencial americano, essa luz desperdiçada poderia abastecer 11 milhões de casas ao ano. A ineficiência mencionada resulta não só da má orientação dos feixes de luz, mas também do equipamento utilizado (conjunto luminária e lâmpada), do posicionamento e de suas alturas (INTERNATIONAL DARK-SKY ASSOCIATION, 2012).

Em níveis nacionais, há estimativas de que a troca de luminárias antigas por outras mais eficientes e com iluminação melhor direcionada poderia representar até 40% de economia de energia a algumas cidades (ECO, 2014). Nesse contexto, cita-se o exemplo da cidade de Porto Alegre, conforme mencionado nos Capítulos 1 e 2, que teve iniciativas para redução do consumo de energia, pelo emprego de luminárias com menor potência e maior controle dos feixes, com o projeto “Porto Alegre + Luz”.

Além das perdas econômicas, a ciência também é prejudicada, pois observatórios astronômicos estão perdendo sua capacidade de funcionamento, devido ao brilho do céu causado pela iluminação elétrica inadequada. A exemplo do telescópio de 5,00 m instalado no Monte Palomar, Califórnia, que já foi considerado o maior telescópio do mundo, mas o crescimento da poluição noturna oriunda de cidades como San Diego e Los Angeles resultou na redução de sua eficiência pela metade (GARGAGLIONI, 2007).

A questão também é verificada em território nacional, fato relatado pelo Laboratório Nacional de Astrofísica. O maior telescópio instalado em solo brasileiro, localizado no Pico dos Dias (MG),

²⁷ Esses animais são os frequentemente encontrados no Centro Histórico de Porto Alegre, segundo informações da Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMAM).

tem um espelho primário de 1,60 m²⁸, mas, devido à iluminação do entorno, tem uma eficiência comparada a um equipamento com 1,00 m de diâmetro. Conforme Saulo Gargaglioni (2007), chefe do serviço de manutenção, o observatório corre o risco de ser desativado caso a questão não seja controlada.

A situação se repete em Porto Alegre, de modo que o observatório astronômico da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), localizado na área central da cidade, não tem condições de fazer observações cientificamente competitivas, segundo informações apresentadas em palestra pelo astrônomo Fausto Kuhn, no ano de 2015.

Essa impossibilidade de visualização não prejudica apenas os pesquisadores, pois o céu noturno é parte do ambiente natural e muitos dos indivíduos são privados deste contato. Estima-se que 20% da população mundial já tenha perdido a possibilidade de enxergar a Via Láctea, a Galáxia que vivemos. Menciona-se, por exemplo, o fato ocorrido na cidade de Los Angeles, que, após um terremoto, durante uma noite de 1994, a cidade ficou sem iluminação e muitos cidadãos ligaram para o número de emergência 911 questionando a presença de uma nuvem cinza no céu, no caso, era a Via Láctea (CINZANO; FALCHI e ELVIDGE, 2001; LIN, 2011).

Os valores desperdiçados com iluminação inadequada, os danos à ciência, ao ecossistema e a privação dos indivíduos comprovam a gravidade dos efeitos da poluição luminosa no contexto global. Perdas adicionais são contabilizadas, quando do fechamento dos observatórios que leva à necessidade de construir novos, em locais cada vez mais remotos, impondo custos logísticos cada vez maiores para operá-los.

3.3.4 Quantificação da Poluição Luminosa

O reconhecimento das consequências da poluição luminosa induz os pesquisadores a investigarem formas de quantificação da sua intensidade, segundo Rabaza *et al* (2013), já que a quantificação da luz elétrica noturna é um desafio. O histórico das pesquisas demonstra que se busca calcular o brilho do céu, que é um dos componentes do fenômeno (KATZ; KEVIN, 2016). Nesse cenário, estudos fundamentados em diferentes parâmetros vêm sendo desenvolvidos. A primeira forma conhecida de quantificação é atribuída a Walker (1977), citada no Capítulo 1, que relaciona o brilho do céu com a proximidade dos centros das cidades e com a população. Outros se fundamentam na quantificação da luz noturna visível, através de imagens de estações espaciais capazes de abranger diferentes áreas de diferentes escalas de tamanhos, desde a local, até a global.

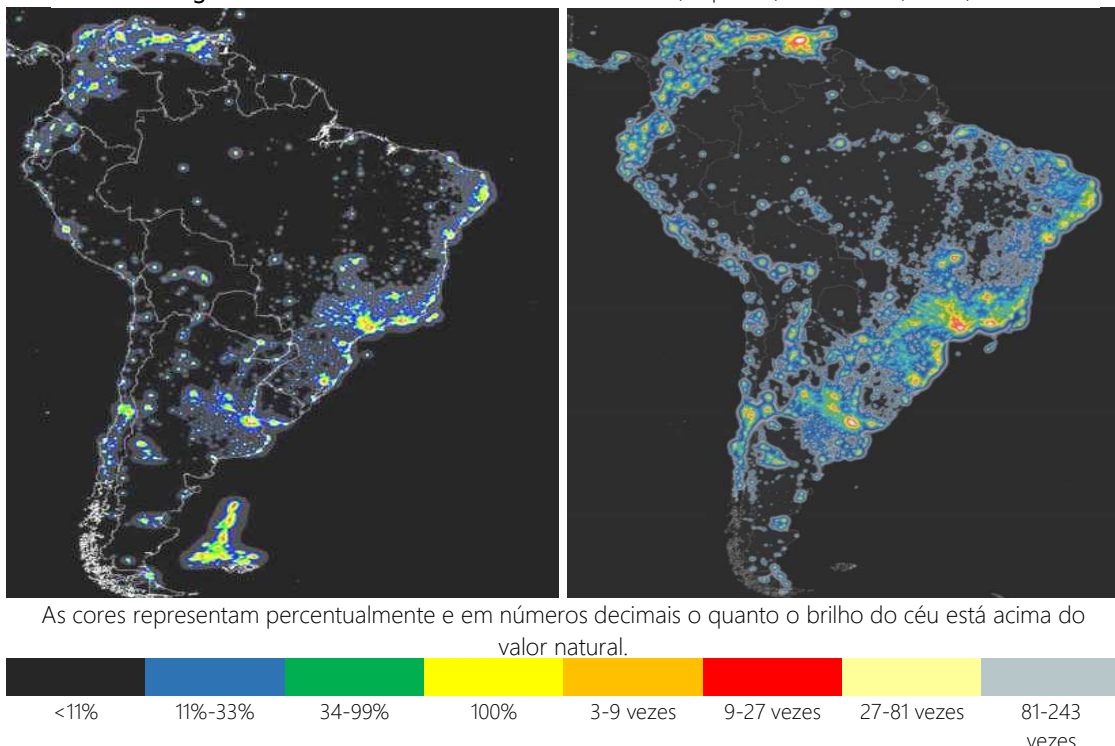
Há métodos que usam lentes da categoria grande-angular ou câmeras do tipo *all sky-cam* para que sejam obtidas imagens completas do céu noturno. Esses procedimentos comparam o fluxo radiante do céu noturno com o fluxo radiante das estrelas que têm brilho e posição conhecida. Para fazer essa análise, é utilizado um parâmetro de brilho de corpos celestes, o *Porgson's ratio*, para separar o que é efeito da iluminação elétrica e o que é propriedade dos corpos celestes. A

²⁸ A lente de um telescópio refletor é um espelho de superfície côncava chamado de espelho primário ou espelho principal. É feito em blocos de vidro e sobre a superfície côncava é depositada uma camada de alumínio. Além do espelho primário existe outro espelho menor, o espelho secundário (GARGAGLIONI, 2007).

unidade de medida é magnitudes por segundo de arco ao quadrado ($\text{mag}/\text{arcsec}^2$), amplamente utilizada em astronomia para calcular brilho.

No ano de 2001 foi apresentado o primeiro Atlas Mundial do Brilho Artificial do Céu Noturno, desenvolvido a partir de dados de satélite, no caso pertencentes ao *Defense Meteorological Satellite Program*²⁹ (DMSP), associados a modelos matemáticos de propagação da luz na atmosfera. O estudo demonstrou que 66% da população vive sob altos índices de brilho do céu e que 1/5 perdeu a visibilidade da Via Láctea a olho nu. Para elaborar o atlas, foi considerado um parâmetro resultante da divisão do brilho artificial do céu noturno, pelo brilho natural em noites claras. Os valores obtidos foram classificados por cores, sendo que as cores escuras representam as condições naturais de visibilidade e as cores mais claras, as áreas mais poluídas. A unidade de medida utilizada também foi magnitude por segundo de arco ao quadrado ($\text{mag}/\text{arcsec}^2$), segundo Cinzano, Falchi e Elvige (2001). No ano de 2016, o atlas foi atualizado, resultados apontaram crescimento na poluição luminosa. Constatou-se que 80% da população vive sob elevados índices de brilho do céu e que, atualmente, 1/3 não possui visibilidade da Via Láctea. Esse crescimento na América Latina pode ser visto na Figura 23, em que as diferentes cores representam o número de vezes que o céu noturno possui brilho superior ao natural. Nas áreas em vermelho, considera-se que são visíveis a olho nu menos de 100 estrelas.

Figura 23 - Brilho do céu América Latina em 2011 (esquerda) e em 2016 (direita)

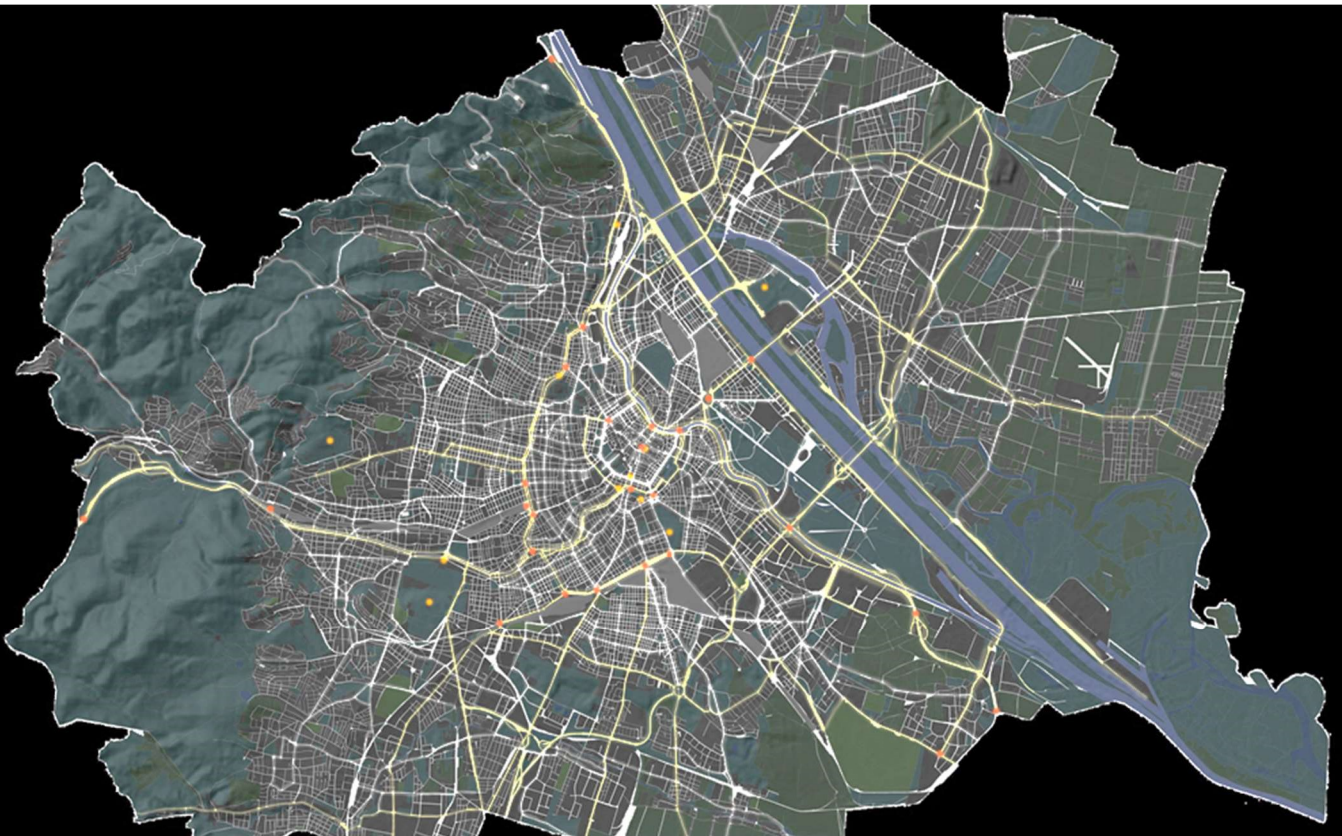


Fonte: Adaptado de Light Pollution Map (2016)

²⁹ O programa de satélites DMSP entrou em operação a partir da década de 60 para uso militar, destinado à defesa de território. Posteriormente, os dados foram disponibilizados ao uso civil e à comunidade científica. Está sob responsabilidade do *Air Force Space Command*, que implementa, lança e mantém em órbita vários satélites de defesa dos EUA (EMBRAPA, 2013).

Também há formas mais simplificadas de aferir o brilho do céu, que permitem identificar os melhores lugares para observações astronômicas e fotografias do céu noturno, a exemplo do aplicativo para celular *Light Pollution Map – Dark Sky Finder Astro Tools*. Com isso, a existência de diferentes métodos faz com que os valores encontrados variem, o que não os invalida, pois cada um tem uma escala de abrangência e aplicação, entretanto todos são passíveis de serem utilizados para acompanhar a evolução da poluição luminosa, o que é essencial para verificar seu padrão de crescimento. Essas formas de aferição não serão utilizadas na pesquisa, já que a abordagem dada ao trabalho não é a quantificação da poluição luminosa e sim a análise relacionada à especificações da iluminação pública, como temperatura de cor e fotometria.

CAPÍTULO 4



Plano Diretor de Iluminação de Viena

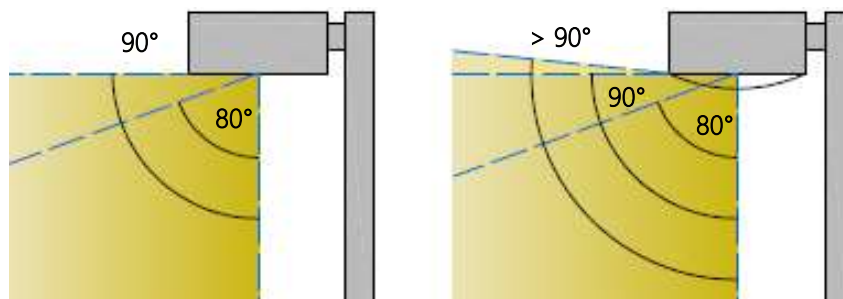
ESTUDO DE LEGISLAÇÕES E PLANOS DIRETORES DE ILUMINAÇÃO

4.1 Legislações para Controle da Poluição Luminosa: Legislações Internacionais

O reconhecimento dos efeitos associados à poluição luminosa faz com que seja crescente o número de políticas implantadas para reduzi-la (GALLAWAY, 2010). A análise de algumas legislações desenvolvidas com essa finalidade é fundamental para verificar a abordagem e quais as medidas propostas, tanto em legislações especificamente voltadas para o controle da questão, quanto em Planos Diretores de Iluminação, que são mais abrangentes.

Inicialmente, as propostas tinham o foco de evitar o brilho do céu, para proteger as atividades dos observatórios astronômicos. De forma precursora, em 1986, foi implementada uma lei, no estado de Arizona (EUA), visando preservar a região, conhecida por ser um polo para a astronomia. A fim de controlar a emissão de luz acima da linha do horizonte, e, conseqüentemente, o brilho do céu, a lei determinava que as luminárias externas deveriam ser total ou parcialmente protegidas³⁰, com exceção das luminárias de emergência, de aeroportos e outros casos especiais (NARISADA e SHEREUDER, 2004; NCSL, 2016), conforme representado na Figura 24.

Figura 24 - Fachos de uma luminária totalmente protegida (imagem esquerda) e parcialmente protegida (imagem direita).



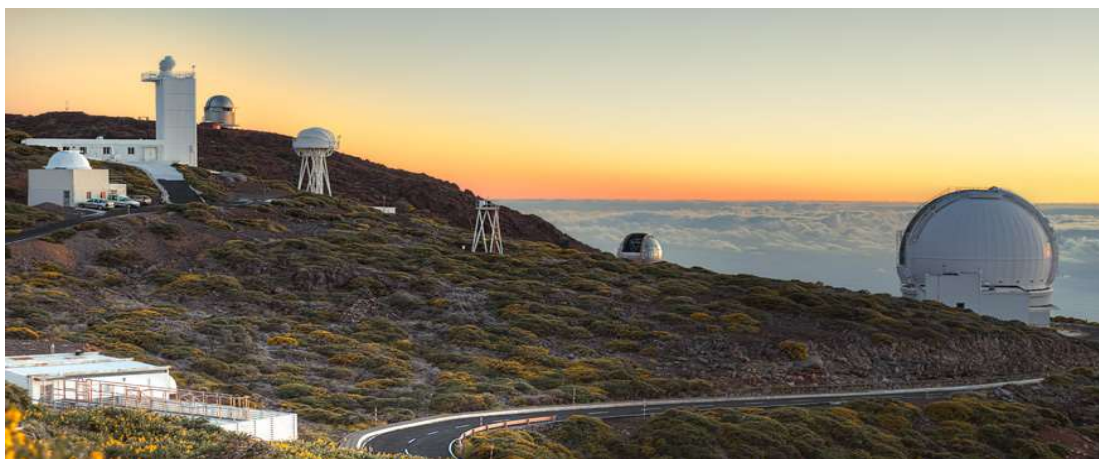
Fonte: Adaptado de Illuminating Engineering Society of North America (2012)

Com o mesmo objetivo, foi implementada em 1988, nas Ilhas Canárias, uma lei considerada uma das mais extremas para controle da poluição luminosa, voltada a proteger as observações no *Observatorio del Roque de los Muchachos* (Figura 25) e no *Observatorio del Teide* (Figura 26). Assim como a legislação do Arizona, esta controlava a emissão de luz acima da linha do horizonte, mas de modo mais veemente, permitindo somente luminárias protegidas, com

³⁰ Segundo a classificação da *Illuminating Engineering Society of North America* (IESNA), as luminárias protegidas não emitem luz acima de 90° e no máximo 10% dos fechos de luz têm um ângulo maior de 80°. As parcialmente protegidas têm no máximo 5% dos fechos acima de 90° e no máximo 10% acima de 80° (*INTERNACIONAL DARK-SKY ASSOCIATION*, 2012).

exceção das balizas para navegação. Além disso, o Instituto de Astrofísica local deveria mapear e informar os estabelecimentos e atividades que estariam causando poluição luminosa.

Figura 25 - Observatório *Roque de los Muchachos*, Ilhas Canárias – Reino da Espanha.



Fonte: Filipi (2012)

Figura 26 - Observatório *del Teide*, Ilhas Canárias – Reino da Espanha.



Fonte: Filipi (2012)

Para que fosse possível aplicar a lei, foi criada a *Oficina Técnica para la Protección de la Calidad del Cielo*, destinada à análise dos projetos de iluminação de exteriores e emissão de certificação das luminárias. Também houve necessidade da colaboração dos fabricantes para que fossem desenvolvidos equipamentos que atendessem aos requisitos da lei. Como resultado das medidas, os sistemas em desacordo foram substituídos, havendo redução de 65% no consumo de energia elétrica e de 84,8% no fluxo de luz direcionado para o céu (NARISADA e SCHEREUDER, 2004; PAZ e CASTRO, 2013).

Em uma abordagem voltada à concepção da iluminação, em março de 1998, a Agência ambiental Governamental Japonesa publicou o primeiro guia para redução da poluição

luminosa, o *Guidelines for light pollution – Aiming at good lighting environments*, considerado de grande importância por apresentar uma lista de requisitos a serem obedecidos na execução da iluminação externa (GARGAGLIONI, 2007; ISOBE, 1998). Embora autores citem esse guia, ele é disponibilizado apenas em japonês, o que dificulta a sua utilização como referência para outros contextos.

Posteriormente, foram criadas outras leis, especialmente a *Norma de Emision para la Regulacion de la Contaminacion Luminica*, implementada no Chile em 1999 e revisada em 2012, tentando proteger os locais que são considerados os melhores do Hemisfério Sul para atividades astronômicas, situados nas regiões de Antofagasta, Atacama e Coquimbo. Além do mais, destaca-se a intenção de preservar as culturas Quechua, Aymara e Atacamena, que se baseiam na observação do Sol e estrelas para estimar o período de chuvas, o desenvolvimento das plantas e reprodução dos animais. A principal medida citada pela norma é semelhante ao já mencionado controle da emissão de fochos além da linha do horizonte, acrescido do controle de iluminâncias. (BIBLIOTECA DEL CONGRESO DE NACIONAL CHILE, 2012).

Com um tratamento mais abrangente em relação aos componentes da poluição luminosa – brilho do céu, iluminação intrusiva, ofuscamento e desordem –, no ano de 2001 a Catalunha implementou uma lei voltada a manter as condições de iluminação o mais próximo possível das naturais, buscando a eficiência energética, o combate à iluminação intrusiva e a redução do brilho do céu. A importância dessa norma vai além de seus objetivos principais, pois se destaca ao definir um zoneamento de luz. Assim, a cidade foi dividida em quatro zonas, de acordo com critérios de preservação estabelecidos, sendo que cada uma toleraria diferentes índices de brilho de luz produzidos ou refletidos: mínimo, reduzido, mediano e alto, sendo as de brilho mínimo as que têm interesses de proteção ambiental ou astronômica (CATALUNHA, 2001).

A primeira legislação federal para controlar o fenômeno foi instituída em 2002, na República Tcheca, intitulada *Protection of the Atmosphere Act*, parte do entendimento de que a poluição luminosa abrange todas as formas de iluminação elétrica direcionada para além das áreas previstas, principalmente se irradiada acima da linha do horizonte. Essa lei estabelece às autoridades e cidadãos a obrigação do controle, sendo fundamental o uso de luminárias fechadas, além de determinar multas em caso de descumprimento (CLARKE, 2002; NARISADA e SHREUDER, 2004).

Num contexto mais recente, e demonstrando a viabilidade de conciliar a preservação ambiental com as atividades econômicas, a França regulamentou, em 2013, períodos para o funcionamento da iluminação de vitrines das edificações comerciais e do interior das edificações não residenciais³¹. O equilíbrio da medida está nas exceções feitas em datas festivas, como Natal, e para monumentos, como a Torre Eiffel, que podem manter a iluminação sem restrição de horário. A intenção é que a França fosse pioneira na redução da poluição luminosa e pudesse alcançar uma redução no gasto anual de energia equivalente ao consumo de 750 mil famílias (COTA, 2013; THE GUARDIAN, 2013).

³¹ As vitrines devem permanecer desligadas da 1h até 7h da manhã. Já nas edificações não-residenciais, a iluminação deve ser apagada até 1 hora após o último ocupante deixar o local (RAHAIM, 2017).

As iniciativas mencionadas demonstram que o controle da poluição luminosa é fundamentalmente baseado na implementação de legislações. Entretanto, uma decisão judicial pioneira, ocorrida na Califórnia (EUA), abriu novas possibilidades. Em 2009, a cidade de Monterey teve sua iluminação pública substituída para luminárias de LED em busca de maior eficiência. Três anos depois, parte da comunidade criou o movimento *Turn Down The Lights* e entrou com uma ação judicial contra a cidade por julgar que a administração havia infringido uma lei, a *California Environmental Quality Act*.

A ação baseava-se no fato de não ter sido conduzida uma avaliação dos impactos ambientais previamente à alteração na iluminação, e também pelo uso de altas temperaturas de cor, especificação considerada um risco à saúde e ao ambiente. Em janeiro de 2017, uma decisão judicial em primeira instância concluiu que houve infração à mencionada lei e também a outra, a *Brown Act*³². Até a presente data, a decisão final ainda não foi proferida, mas especula-se que será determinado que se faça a avaliação dos possíveis impactos da nova iluminação (RAHAIM, 2017).

Diante dessas formas de controle da poluição luminosa, observa-se que, inicialmente, apenas o brilho do céu era combatido, sendo incorporados posteriormente, o ofuscamento e a iluminação intrusiva. Ademais, a comunidade e fabricantes passaram a atuar na questão, o que é essencial para a redução do fenômeno.

4.1.2 Legislações Nacionais

Diferentemente do contexto internacional, a análise das leis brasileiras voltadas ao controle da poluição luminosa demonstra que a questão não é tratada com a mesma profundidade, pois identificaram-se apenas três leis em território nacional que visam conter alguns dos efeitos de modo pontual, ao invés de considerar todos os componentes do fenômeno.

- Portaria nº 11 do Ibama, de 30 de janeiro de 1995.

A portaria é resultado da conjunção de dois aspectos fundamentais: a ameaça de extinção das tartarugas marinhas e a influência negativa da iluminação inadequada no seu comportamento. Por esse motivo, a legislação controla a iluminação nas proximidades de áreas de desova e de alimentação da espécie, pois a incidência de luz afasta as tartarugas adultas e desorienta os filhotes, que, atraídos pelas luzes artificiais da costa, distanciam-se do mar. Com isso, as tartarugas correm riscos como atropelamento e desidratação.

Como medidas objetivas, a portaria proíbe qualquer fonte de iluminação que ocasione iluminância superior a zero lux em uma faixa de praia compreendida entre a linha de maior maré alta até 50 m acima da linha de maior maré baixa do ano, em locais da costa brasileira onde existam sítios reprodutivos de tartarugas nos estados do RJ, ES, BA, SE, AL, PE e RN.

³² Legislação americana que garante que os cidadãos participem de reuniões dos órgãos legislativos locais (RAHAIM, 2017).

- Lei Municipal nº 10.850, de 07 de junho de 2001 – Campinas (SP)

É a primeira legislação brasileira a tratar especificamente da poluição luminosa, instituindo uma Área de Preservação Ambiental (APA) no local em que está situado o Observatório Municipal de Campinas Jean Nicolini. Um dos objetivos é a manutenção das condições de funcionamento e visibilidade das atividades astronômicas, sendo este o primeiro observatório municipal do país.

Para isso, são estabelecidas restrições que variam de acordo com a distância da estação. Em um primeiro raio de 10 km, são proibidas propagandas luminosas e sistemas de iluminação desprotegidos, ou seja, sem controle da orientação dos feixes. Em um segundo raio de 5 km, são vedados sistemas de iluminação externa com altura superior a 4 m e com grande poder de luminosidade, assim como com lâmpadas de vapor de sódio e mercúrio. Há ainda limitações mais severas em um raio de 1 km, em que não são permitidos veículos estacionados com faróis ligados, nem qualquer sistema de iluminação externa às edificações com altura superior a 2,5 m, mesmo se protegido.

Embora a legislação estabeleça de maneira clara as limitações, instalações fora dos padrões continuam sendo feitas. Em 2012, luminárias foram colocadas em uma via próxima ao Observatório, gerando um clarão amarelado prejudicial às atividades desenvolvidas. Falta de controle que não se restringe à não observância da legislação, mas também no fato de que nem a prefeitura, nem a concessionária de iluminação assumiram a responsabilidade pela instalação (FILLIPI, 2012). Além disso, o fato de ter abrangência local faz com que mais de 60% do céu esteja comprometido devido à excessiva luminosidade das regiões metropolitanas de Campinas e São Paulo, conforme o astrônomo Orlando Ferreira (2017), Figura 27.

Figura 27 - Luminosidade da cidade de Campinas prejudicando o Observatório, São Paulo – Brasil.



Fonte: Filipi (2012).

- Lei Municipal de Caeté – MG (1993)

Legislação voltada a preservar a capacidade de funcionamento do Observatório Astronômico da Serra da Piedade, inaugurado em 1973, que abriga atividades de formação de pesquisadores e oferece visitas orientadas. Embora essa lei seja referenciada em diferentes bibliografias (GARGAGLIONI, 2007; Fernandes e Coelho, 2010), não se conseguiu acessar o texto original. O próprio Gargaglioni, por meio de correspondência eletrônica, afirma que a lei desapareceu dos arquivos da Prefeitura e também da Câmara Municipal de Caeté. Ele levanta a possibilidade de ser devido à construção de condomínios de luxo ao redor do Observatório. Esses possíveis conflitos de interesses contribuem para o desconhecimento e, conseqüentemente, descumprimento da lei.

Segundo informações do Prof. Rodrigo Dias Tarsia, diretor do Observatório à época da criação da legislação, até o ano em que exerceu o cargo, em 1993, a lei era respeitada, pois todas as modificações a serem efetuadas nos sistemas de iluminação eram previamente consultadas com a direção do lugar. As medidas incluíam o uso de luminárias que evitassem a emissão de luz para o céu e que fossem orientadas no sentido oposto do local. Tarsia considera que até hoje, próximo ao Observatório, a lei é respeitada, mas nos locais mais afastados, não (GARGAGLIONI, 2007).

Enquanto mundialmente há mais de 700 leis para controlar a poluição luminosa, o Brasil apresenta poucas legislações, o que demonstra um tratamento incipiente sobre a questão. Para Fernandes e Coelho (2010), esse desinteresse tem origem na própria ciência, que nacionalmente faz poucas pesquisas sobre o tema. Logo, sugere-se que, além da ampliação das pesquisas e do amparo legal, deveriam ser exigidos estudos de impactos da poluição luminosa causados por novos empreendimentos sobre a biodiversidade e na população humana.

4.2 Plano Diretor de Iluminação Urbana

O controle dos efeitos da poluição luminosa no contexto nacional e internacional está fortemente associado à existência de legislações com abrangência municipal, conforme visto anteriormente. Logo, o planejamento da configuração da iluminação das cidades é fundamental. O interesse por esse planejamento é crescente, fato observado pelo desenvolvimento de instrumentos como os Planos Diretores de Iluminação Urbana, que passaram a atrair interesse das pesquisas após 1990 (HONG, 2006; MEIER, 2015).

O conceito de Plano Diretor de Iluminação Urbana tem diferentes interpretações. Em uma abordagem ampla, pode ser definido como um instrumento estratégico que organiza e define critérios para iluminação, considerando a imagem noturna da cidade, as preocupações ambientais e os efeitos sociais e econômicos. Tais medidas são desenvolvidas de forma a não limitar a criatividade dos projetistas nem tornar o instrumento obsoleto pelo surgimento de novas tecnologias. Em uma abordagem técnica, pode ser definido como um elemento estruturador e condutor da implantação da iluminação de modo sistemático, com o objetivo de evitar os efeitos negativos da luz e promover benefícios para toda a cidade (BASSO, 2008; DEL NEGRO e MANSFIELD 2014; LUCI, 2010).

Dessas definições, infere-se que os planos estão relacionados à qualidade da iluminação urbana. Meier (2015) associa a qualidade da iluminação urbana a quatro dimensões: biológica em humanos³³, cultural, ecológica e econômica. A primeira refere-se aos efeitos biológicos da luz em humanos e sua influência na emoção e sentimentos dos indivíduos, como a sensação de segurança trazida por espaços iluminados.

A cultural é vinculada à necessidade de haver critérios no uso da luz em espaços públicos, pois, do contrário, pode-se comprometer os valores estéticos do ambiente. Também é associada à perda da visibilidade do céu noturno, que é considerado um patrimônio da humanidade. A ecológica está ligada aos efeitos que a iluminação exerce na fauna e flora; e a econômica, ao aumento das fontes luminosas, ao conseqüente crescimento do consumo energético e suas implicações financeiras. Logo, o êxito desse instrumento depende do equilíbrio dessas dimensões.

Para o desenvolvimento do instrumento, há a necessidade de um trabalho multidisciplinar, com atuação do setor público, profissionais da iluminação, arquitetos e engenheiros. Assim como o conceito, as etapas de elaboração de um Plano Diretor de Iluminação Urbana não são rígidas, mas podem ser estruturadas em conceitos, leitura técnica, indicadores, regulação, e processo participativo (POLTOSI, 2010)

Na etapa dos conceitos, alinham-se as estratégias, metas e objetivos para a construção dos princípios que o plano deve seguir. Na leitura técnica, são definidos os dados a serem levantados para servirem de base ao desenvolvimento do trabalho. Esses dados podem ser relacionados à infraestrutura, hábitos dos residentes e espaços a serem destacados.

Na fase de indicadores e regulação, há o levantamento – noturno e diurno – e análise dos resultados, semelhante a um diagnóstico das condições da cidade. Essa etapa, muitas vezes, é baseada nos conceitos de Kevyn Lynch e sua obra “A Imagem da Cidade”, em que há acepções sobre os elementos importantes de legibilidade da configuração urbana: caminhos, limites, bairros, pontos nodais e marcos³⁴ (MEIER, 2015; POLTOSI, 2010).

Por fim, ocorre o processo participativo, que envolve a comunidade com base em audiências públicas e reuniões temáticas. Embora Poltosi (2010) não mencione, presume-se que esse desenvolvimento não seja linear, havendo revisões das fases de acordo com os resultados obtidos.

³³ Meier (2015) definiu essa dimensão como *The Social Dimension*; entretanto, considerando a explicação do autor, julgou-se mais adequada considerá-la como: biológica em humanos.

³⁴ Segundo Lynch (1960), legibilidade é a facilidade de organizar e identificar os elementos de uma cidade, que são: caminhos, limites, bairros, pontos nodais e marcos. Os caminhos são os principais elementos relacionados à percepção ambiental, expressos por vias, canais e calçadas. Limites são pontos divisores entre duas regiões e configuram quebras na linearidade do espaço, podendo ser vias, viadutos e rios. Neste contexto, bairros não têm concepção administrativa, sendo regiões com características comuns que se diferenciam do resto da cidade. Já os pontos nodais são locais estratégicos para os quais usuários se dirigem ou do qual saem, como praças, enquanto os marcos são elementos únicos, singulares no contexto que se encontram, podendo ser torres e esculturas.

Tendo claro que esse processo pode variar de acordo com cada realidade, o êxito de um Plano Diretor de Iluminação Urbana associa-se não necessariamente às mencionadas etapas, mas a três aspectos: definição dos objetivos, envolvimento de diferentes públicos e entendimento da realidade do local. Definir os objetivos é encontrar o equilíbrio entre as diferentes demandas relacionadas à iluminação: potencial turístico, segurança, desenvolvimento econômico e controle da poluição luminosa. Essa ideia vai ao encontro do pensamento das quatro dimensões da iluminação dado por Meier (2015).

O envolvimento dos diferentes públicos seria a presença da comunidade, fabricantes, profissionais da iluminação e legisladores durante a discussão do plano e, posteriormente, para sua efetiva aplicação. Já o entendimento da realidade seria o reconhecimento das características, dos potenciais e dos problemas dos lugares, analisados em diferentes momentos, tanto no inverno, quanto no verão (LUCI, 2010).

Por fim, o processo de elaboração de um Plano Diretor de Iluminação Urbana deve prever períodos para que seja revisto, a fim de não se tornar um instrumento obsoleto devido ao surgimento de novas tecnologias e demandas.

4.3 Plano Diretor de Iluminação Pública

O estudo do conceito e desenvolvimento dos Planos Diretores de Iluminação Urbana leva ao entendimento de outro instrumento, os Planos Diretores de Iluminação Pública (PDIP). O referencial teórico não apresenta uma distinção direta entre ambos. Inclusive, por vezes, utiliza os termos como sinônimos, pois suas definições e processos de desenvolvimento podem ser coincidentes. O conceito de PDIP dado por Lume (2005) demonstra essas semelhanças ao esclarecer que o desenvolvimento do instrumento é um trabalho que envolve atuação conjunta de diferentes especialidades, iniciado a partir de um diagnóstico que serve como base para as proposições feitas. Essas características convergem com o que é mencionado por Poltosi (2010) em relação aos Planos Diretores de Iluminação Urbana:

As intervenções concebidas pelo PDIP no parque de iluminação de um município abrangem o curto, médio e longo prazos e partem de uma ampla avaliação da iluminação urbana, em que seus especialistas, em conjunto com arquitetos e urbanistas locais, analisam cuidadosamente a interação entre o crescimento, o uso e a vida na cidade com a luz, a partir de uma detalhada avaliação realizada através de medições da realidade luminotécnica de todos os recantos urbanos. O levantamento e análise destes dados encerram a primeira etapa da elaboração de um PDIP: o Diagnóstico. Feita esta leitura, inicia-se a segunda e última fase do PDIP: o planejamento e proposta das ações que visam atender às necessidades das áreas estudadas para um horizonte de no mínimo 10 anos (LUME, 2005, p.28).

Diante das semelhanças, a perspectiva adotada é que os instrumentos diferem quanto ao objeto, pois a iluminação urbana e a pública são componentes distintos. A primeira é a configuração da luz elétrica de todos os elementos no ambiente urbano (HONG, 2007), do que se infere que abrange a iluminação pública e privada, enquanto a outra é restrita a espaços de domínio ou uso público, como vias, praças, túneis, jardins, monumentos, fachadas e fontes (ANEEL, 2000).

Assim, considera-se que Planos Diretores de Iluminação Urbana têm como objeto – ou deveriam ter – a configuração da iluminação externa pública e privada, enquanto os PDIP não contemplam o componente privado, o que não reduz sua importância, pois são instrumentos essenciais para uma abordagem ampla e detalhada dos Planos Diretores de Iluminação Urbana (MIGUEZ, 2007). Com isto, entende-se que os dois instrumentos deveriam coexistir, sendo complementares. Ademais, deveriam estar articulados aos Planos Diretores das cidades, pois são instrumentos básicos para orientar a política de desenvolvimento e ordenamento da expansão urbana do município (BRASIL, 2001).

4.4 Estudo de Planos Diretores de Iluminação Urbana e Planos Diretores de Iluminação Pública

Para o estudo, foram considerados os planos de oito cidades, sendo três no contexto internacional - Lyon, Singapura e Viena –, escolhidas por serem locais reconhecidos pela iluminação urbana, e cinco no contexto nacional que estão passando por um processo de renovação da iluminação pública – Aparecida de Goiânia, Barbacena, Curitiba, Porto Alegre e São Bernardo do Campo.

Os aspectos verificados englobaram a estrutura dos planos, os objetivos, departamentos envolvidos e a abordagem dada à poluição luminosa. Em relação a esta, se utilizou o estudo feito por Del Negro e Mainsfield (2014), o qual apresenta requisitos que deveriam ser abordados nesses instrumentos para controlar a questão. Também foram empregadas as indicações de um manual desenvolvido para guiar a municipalidade na elaboração de códigos de iluminação com intenção de reduzir a poluição luminosa, denominado *Model Lighting Ordinance* (INTERNACIONAL DARK-SKY ASSOCIATION, 2010).

Esse manual sugere que as cidades devem desenvolver códigos de iluminação considerando a existência de um zoneamento, feito a partir das características esperadas para cada área. Sugerem-se cinco zonas, que vão desde as que devem ser preservadas, como parques, em que são toleradas baixas iluminâncias, até zonas em que é permitida uma iluminação mais intensa, como os centros das cidades.

Aspectos como o fluxo luminoso, o quanto é permitido emitir luz para além da linha do horizonte e o tipo de luminária (protegida ou parcialmente protegida), são definidos de acordo com cada zona e a finalidade da iluminação: residencial, comercial ou pública. O manual ainda sugere que a iluminação seja reduzida ou desligada em determinados horários, o que chama de *curfew*, além da aplicação de sanções em caso de descumprimento.

4.4.1 Plano Diretor de Iluminação Urbana de Lyon: *Lyon Lighting Master Plan*

A primeira referência de um Plano Diretor de Iluminação Urbana data de 1989, na cidade francesa de Lyon, tendo como objetivo a criação de uma paisagem urbana noturna. Antes da disseminação da luz elétrica, a cidade já valorizava a iluminação, pois desde 1852 realiza-se o Festival das Luzes, que inicialmente era feito com velas dispostas nas janelas das edificações (CROUZET, 2016; LUCI, 2010).

Os bons resultados alcançados pelo plano permitiram que o ambiente noturno fosse modificado e se tornasse um componente turístico, além de servir de referência para cidades como São Petersburgo e Havana (LAGANIER, 2005). Prosseguindo na busca pela iluminação urbana de qualidade e para acompanhar as novas demandas, como o desenvolvimento sustentável, o plano passou por duas revisões, sendo que a última começou a ser debatida no ano de 2003 e foi instituída em 2007³⁵. Salienta-se que em Lyon a iluminação pública é responsabilidade da prefeitura, sendo terceirizadas apenas a construção civil e a pintura de mobiliário urbano (VILLE DE LYON, 2007).

Essa última versão do plano, do ano de 2016, resultou de uma iniciativa conjunta do setor público, de projetistas e fabricantes. Teve como objetivo principal o desenvolvimento de parâmetros para iluminação, considerando a sustentabilidade do sistema e a valorização das características históricas de Lyon, ao mesmo tempo mantendo os níveis de iluminação que garantissem a funcionalidade no uso do espaço externo (HONG, 2007).

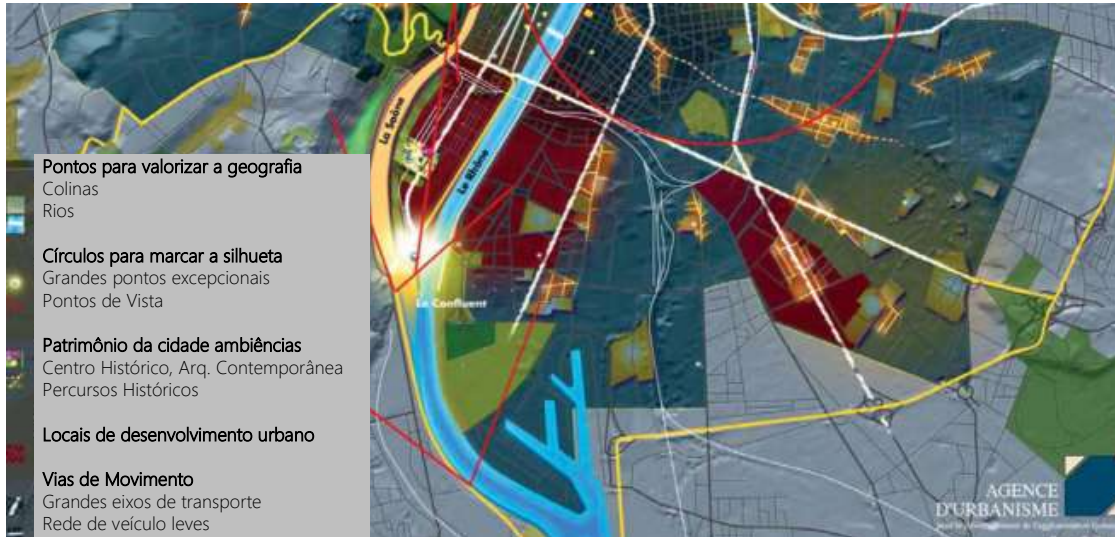
A abrangência do plano não se restringiu à iluminação de espaços públicos, tanto que as fachadas de edificações situadas em avenidas da área central receberam iluminação indireta a partir do térreo, a fim de que fosse criada uma ambiência noturna, ao mesmo tempo em que se ampliasse a sensação de segurança dos pedestres (LAGANIER, 2005). As medidas propostas envolveram o incentivo às soluções criativas para iluminação, a utilização de novas tecnologias, o uso da luz para o desenvolvimento urbano e social, o combate à iluminação inadequada, além da redução do consumo de energia e o controle da poluição luminosa.

Em relação a esse controle, havia a preocupação do aumento dos pontos de iluminação, que ocorreu após a década de 1990, sendo uma meta a reconfiguração da iluminação, de modo a utilizar apenas a intensidade necessária, além da aplicação de luminárias que não emitissem luz para acima da linha do horizonte, da instalação de dispositivos que retornem a luz para o solo quando necessário e da substituição gradual de antigas tecnologias por LED.

Essas iniciativas seriam complementadas com a avaliação da sensibilidade dos indivíduos a diferentes temperaturas de cor das lâmpadas e testes de sistemas de gerenciamento remoto, sendo que todos os processos devem ter protocolos de instalação e verificação. O plano foi elaborado considerando as bases topográficas da cidade. Com isso, definiu-se que os pontos a serem valorizados seriam os rios, as colinas e as vias principais. Esses pontos podem ser observados na Figura 28.

³⁵ O grupo de trabalho envolveu o diretor de iluminação pública Antoine Bouchet, o assessor técnico e urbanista Jean-Pierre Charbonneau, o diretor de planejamento e desenvolvimento François Brégnac, e o assessor de iluminação pública Audrey Guilloud.

Figura 28 - Imagem do Plano de Lyon – França.



Fonte: Ville de Lyon (2016)

Essas aspirações foram conjugadas à intenção de fazer da iluminação urbana um elemento dinâmico, de modo que houvesse uma iluminação geral menos intensa no cotidiano e outra para ocasiões festivas, fato convergente com a intenção de reduzir a poluição luminosa. Configurou-se como um instrumento dinâmico, pois ao mesmo tempo em que estabeleceu padrões de iluminação a serem seguidos, permitiu que alguns elementos da cidade utilizassem soluções diferentes das especificadas, uma vez que o intuito era proporcionar variação visual e estimulação sensorial ao longo do município como o *Parc de Gerland*³⁶, Figura 29 (HONG, 2007).

Figura 29 – *Parc de Gerland* na cidade de Lyon, França



Fonte: Luci Association (2017)

Considerando que o plano deveria acomodar visões de longo prazo e para garantir a continuidade de sua aplicação, o instrumento trouxe alguns subplanos direcionados a algumas

³⁶ Grande espaço aberto situado em distrito industrial de Lyon (HONG, 2007).

áreas em desenvolvimento. Uma dessas áreas é a denominada *Part Dieu*, o segundo centro de negócios mais importantes da França, que à época do desenvolvimento do plano previa a edificação de dez torres. O subplano apresentava medidas simples, como a padronização da temperatura de cor na iluminação das torres, que poderia ser modificada em ocasiões festivas.

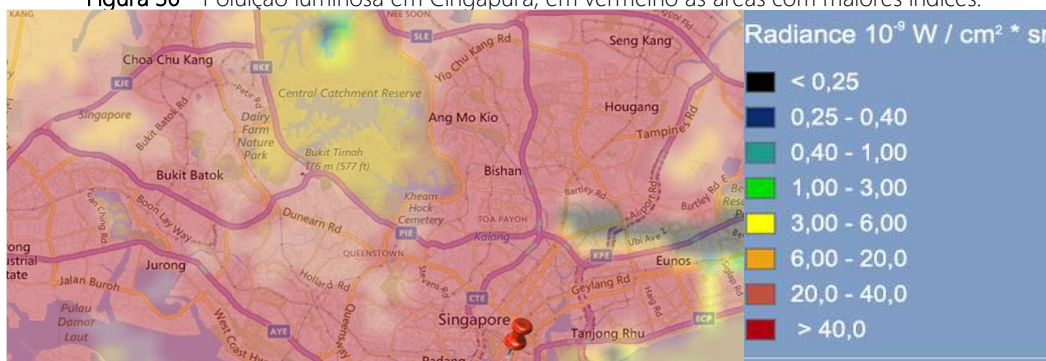
O que se pode inferir dessa última revisão é que o plano não propõe parâmetros técnicos, como índices de iluminação a serem seguidos, mas uma série de objetivos a serem perseguidos, de modo que a exequibilidade não é resultado apenas do conteúdo do plano, e sim do seu processo de elaboração, que envolve discussões de diferentes setores e participação ativa de projetistas, fabricantes, administradores e usuários.

Diante do caráter precursor do documento, é considerado uma grande contribuição para disseminação do significado da iluminação no espaço urbano. Além disso, suas revisões e a incorporação de novas dimensões fizeram com que questões fundamentais, como a poluição luminosa, fossem tratadas e alcançassem maior visibilidade, já que Lyon é mundialmente conhecida pela iluminação noturna. Entretanto, o tempo decorrido entre a primeira versão do plano e a incorporação da meta de redução da poluição luminosa foi demasiadamente longo, se considerarmos que já havia conhecimento sobre o problema desde a década de 1970.

4.4.2 Plano de Cingapura: *Night Lighting Master Plan of Developments in the Central Business District (CBD), Marina Centre and Marina Bay*

O título do plano, que teve sua última revisão em 2009, evidencia que o documento é voltado para espaços específicos na cidade-estado de Cingapura. **O que o torna escopo desta análise é o fato de Singapura ser o local mais afetado pela poluição luminosa em todo o mundo** (MILKY, 2016). Deste modo, a população da cidade vive sob um céu noturno tão brilhante que pode prejudicar a adaptação visual dos indivíduos (FALCHI, 2016), fato confirmado por aferições de satélites que demonstram os valores máximos alcançados pelo brilho do céu noturno, representando em vermelho, Figura 30.

Figura 30 - Poluição luminosa em Cingapura, em vermelho as áreas com maiores índices.



Fonte: Luci Association (2017)

Entretanto, mesmo diante desse fato, o objetivo principal é guiar a configuração da iluminação externa das edificações a serem implantadas ou a sofrerem intervenções, para criar ambientes noturnos únicos e tão impactantes quanto o *skyline* diurno da cidade (LUCI, 2010). Com isso, o

controle da poluição luminosa está presente no instrumento como orientador do processo de projeto.

A fim de alcançar esses objetivos, o plano traz recomendações para o tratamento da iluminação dos principais elementos da edificação: cobertura, fachadas, espaços abertos e caminhos de pedestres, sendo a aprovação dos projetos e fiscalização atribuídas à Entidade de Revitalização Urbana, que conta com a assessoria de especialistas de iluminação e da indústria. Essa aprovação depende da apresentação de um projeto luminotécnico dividido em quatro elementos principais: descrição com ilustrações, desenhos, perspectivas e informações técnicas. O primeiro envolve a descrição da relação da iluminação noturna proposta com o conceito arquitetônico da edificação, esclarecendo como esta é valorizada e complementada pelo projeto.

O segundo elemento, os desenhos, precisam apresentar o detalhamento da posição das luminárias e forma de fixação, que deve ser integrada aos elementos externos da construção. Nessa etapa, são demonstradas quais medidas tomadas para evitar o espalhamento da luz no entorno, pois um dos requisitos dos projetos é que se evite causar ofuscamento e iluminação intrusiva. Por sua vez, o terceiro elemento, as perspectivas devem apresentar as visuais do nível da rua de todas as fachadas da edificação. Por fim, as especificações técnicas contemplam a descrição, ilustrações e justificativa das luminárias e dos níveis de iluminação utilizados, além da demonstração da forma de minimização do ofuscamento causado às edificações.

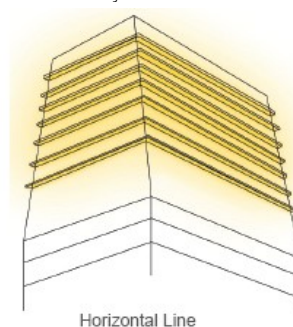
Com isso, fica claro que as intenções do plano são predominantemente relacionadas aos aspectos estéticos, tanto que existe a recomendação de as edificações apresentarem uma iluminação dinâmica, com uma configuração básica para o cotidiano e outra acionada em dias festivos. Até o *skyline* das edificações é explorado e controlado, de modo que a iluminação da cobertura tenha temperatura de cor que varie conforme a altura do prédio, Figuras 31 e 32.

Figura 31 - - Iluminação da cobertura segue um padrão de temperatura de cor que varia conforme a altura.



Fonte: Milky (2016)

Figura 32 - Exemplos de iluminação da cobertura.



Fonte: Milky (2016)

Esse fato pode ser um possível agravante à poluição luminosa, já que se orienta o uso de altas temperaturas de cor no topo das edificações. Situação que se repete com a restrição das iluminâncias apenas nos espaços abertos e passagens de pedestres, deixando sem limites os índices utilizados nas fachadas e coberturas das edificações, o que pode contribuir para a iluminação intrusiva, brilho do céu e ofuscamento.

Diante desses critérios e do processo de aprovação dos projetos de iluminação, evidencia-se que existe um controle rígido sobre os aspectos visuais da iluminação, enquanto os efeitos da poluição luminosa não recebem o mesmo tratamento. Há situações antagônicas, como a intenção de controlar o ofuscamento e a iluminação intrusiva, ao mesmo tempo em que se estimula o uso de altas temperaturas de cor. Outra fragilidade é o fato de não ser mencionado o controle de brilho do céu, embora este alcance níveis máximos na cidade. Além disso, não há regulamentação da iluminação pública, reconhecidamente um dos componentes que mais contribui para o problema quando utilizada de modo inadequado.

4.4.3 Plano de Viena: *Licht – Der Masterplan*

No ano de 2016, a cidade de Viena apresentou uma revisão do seu Plano Diretor de Iluminação, elaborado em 2006, propôs fundamentos para o desenvolvimento da iluminação pública por 15 anos. Eles estavam relacionados, principalmente, à segurança que a iluminação deve proporcionar ao tráfego de veículos e pedestres, à valorização do espaço urbano através da luz, à inovação tecnológica e às implicações ambientais da luz.

Com isso, os objetivos principais apresentados foram a instalação da tecnologia do LED, a redução do consumo de energia, a padronização dos equipamentos utilizados e a minimização dos impactos ao ecossistema, sendo este último tratado como uma das prioridades do plano. Aspecto que abrange a intenção de controlar a poluição luminosa, que tem os efeitos em humanos, na fauna e na flora explicitados e denominados como “o lado escuro da luz”. A fim de evitá-los, são instituídas medidas como a restrição à iluminação excessiva; o uso de luminárias com baixas temperaturas de cor, devido a menor influência no sistema hormonal de humanos e animais; e o uso de equipamentos que não emitam luz para além da linha do horizonte e reduzam o ofuscamento.

Ademais, há proibição do uso de luminárias que não sejam totalmente fechadas em vias e caminhos de pedestres; é proposta a utilização da iluminação somente nos períodos e intensidades necessárias; há o controle do uso da luz em árvores, pelo fato de serem habitats de animais; e são adotadas as medidas aplicadas na França em relação às vitrines e anúncios, mencionadas anteriormente³⁷.

Os objetivos e as medidas apresentadas são comuns a muitos planos diretores de iluminação; entretanto, a existência de um estudo para avaliar a interferência da utilização do LED no ambiente é inovadora. Segundo o plano, no ano de 2012 foi feita uma pesquisa em grande escala, na Ilha de Danúbio, com o objetivo de comparar a atração de insetos pela iluminação de LED e por outros sistemas. Para isso, foram utilizadas armadilhas próximo às luminárias visando contabilizar os insetos capturados, conforme Figura 33. O resultado indicou que o LED exercia um efeito 80% menor na atração de insetos em relação aos demais equipamentos³⁸. Outra

³⁷ Conforme mencionado, a França limitou o horário em que as vitrines dos estabelecimentos comerciais poderiam permanecer ligadas até 1h após o fechamento do estabelecimento.

³⁸ Fazem-se algumas críticas à forma como a pesquisa foi apresentada, uma delas é a não especificação dos equipamentos e a outra seria o uso de luminárias diferentes, assim o efeito 80% menor é, na verdade, associado à luz de LED no equipamento específico em que esteve instalada.

finalidade da pesquisa era avaliar o ofuscamento causado pelas luminárias e formas de controlá-lo.

Figura 33 - Armadilhas para capturar insetos atraídos pelas luminárias.



Fonte: Wien (2016)

Diante dessa estrutura, considera-se que o plano aborda as dimensões da iluminação pública de modo amplo, pois define pontos da cidade a serem destacados pela luz, apresenta como essa iluminação deve ser feita e condiciona as decisões a impactarem minimamente a poluição luminosa e gastos públicos. Também antecipa a possibilidade de novas tecnologias, evidenciando a visão de longo prazo do documento, o que faz com que os equipamentos especificados sejam adaptáveis para futuras soluções.

4.5 Planos Diretores de Iluminação Urbana no contexto nacional

Os planos diretores de iluminação são instrumentos recentes no contexto nacional e ainda elementos discricionários nos municípios, o que pode ser observado pelo texto do Estatuto das Cidades, que não os menciona e somente traz a exigência de planos diretores urbanos, obrigatórios para cidades acima de 20 mil habitantes e regiões metropolitanas (BRASIL, 2001; LUME, 2006).

Acredita-se que essa discricionariedade contribui para o desinteresse do desenvolvimento dos planos e também para a pouca publicidade de seus textos, pois alguns sites das prefeituras e dos órgãos responsáveis pela administração da iluminação pública municipal não os disponibilizam diretamente, a exemplo das prefeituras do Rio de Janeiro e de São Paulo. Além disso, na maioria das cidades brasileiras a iluminação pública era um serviço oferecido à população pelas concessionárias de energia elétrica, mas devido a uma obrigação constitucional essa atribuição passou a ser dos municípios. Entretanto, eles herdaram um parque luminotécnico antigo e defasado, implicando um processo de modernização da iluminação pública (FERREIRA, 2012). Com isto, fez-se uma coleta de dados entre os planos de cinco cidades brasileiras que vêm passando por essa renovação.

4.5.1 Plano Diretor para Iluminação Pública de Barbacena e Plano Municipal de Iluminação Pública de São Bernardo do Campo.

Os planos datam de 2015, para as cidades de Barbacena³⁹ (MG) e São Bernardo do Campo (SP) que preveem vultosos investimentos para manutenção e ampliação da rede iluminação pública ao longo da próxima década. No ano de 2016, a prefeitura de Barbacena destinou R\$ 10 milhões a esse setor, enquanto São Bernardo do Campo estimava um gasto de R\$ 14,4 milhões para 2017 (DOMICIANO, 2017; PREFEITURA MUNICIPAL DE BARBACENA, 2016).

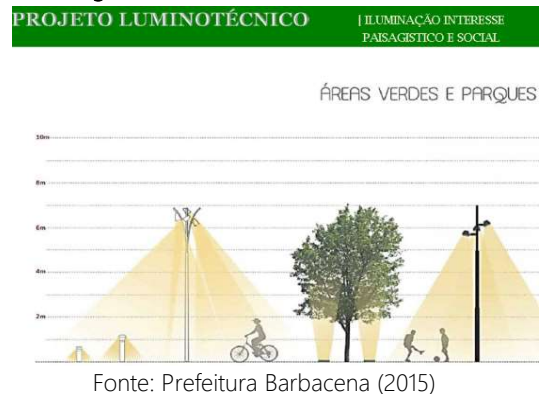
Os altos investimentos condicionaram o estudo dos planos, analisados em conjunto pela similaridade dos textos, pois há somente alterações de diagramação e pouca de conteúdo, o que pode ser constatado no trecho referente aos projetos luminotécnicos de praças e parques, Figuras 35 e 36. Situação que se repete na descrição dos objetivos do instrumento, na apresentação das estratégias de projeto e nas medidas propostas.

Essa similaridade reflete a insuficiente importância dada aos planos de iluminação no cenário nacional, pois cada um deles deveria corresponder à realidade de um local específico, sendo inconcebível que um instrumento seja a cópia de outro, conforme Figuras 34 e 35, em que os desenhos esquemáticos dos projetos luminotécnicos de áreas verdes são iguais.

Figura 34 – Parte do Plano de São Bernardo



Figura 35 – Parte do Plano de Barbacena



Como se infere dos títulos, os documentos são direcionados à iluminação pública de vias, monumentos, praças e edificações. Considerando as quatro dimensões que um plano diretor de iluminação deve conciliar – social, cultural, biológica e econômica –, observa-se que esses documentos são orientados apenas para a abordagem econômica, tanto que a maior parte dos dados apresentados é referente a consumo de energia e gastos. Em contrapartida, os aspectos culturais são praticamente desconsiderados, havendo apenas a intenção de valorizar determinadas vias com o uso de luz mais branca.

Os dois planos têm como base ações e objetivos para modernização da iluminação pública, com foco no LED como solução. Entretanto, não apresentam parâmetros para sua aplicação, apenas

³⁹ Barbacena é a primeira cidade de Minas Gerais a ter um Plano Diretor de Iluminação (PREFEITURA MUNICIPAL DE BARBACENA, 2016).

desenhos esquemáticos de iluminação para situações hipotéticas, de acordo com o tipo de via. Outras omissões encontradas são a ausência de formas de monitoramento da execução dos planos e de esclarecimentos sobre medidas a serem tomadas caso as metas não sejam alcançadas.

Considerando-se a relação que a poluição luminosa tem com a iluminação pública, seria essencial abordar essa questão, mas ela é mencionada apenas no plano de Barbacena. Novamente, as soluções apontadas resumem-se à utilização de luminárias de LED, sem mencionar qualquer especificação, como temperatura de cor. Uma deficiência evidente, já que o LED, em altas temperaturas de cor, contribui para o aumento do ofuscamento e brilho do céu, ou seja, para a poluição luminosa.

Outro aspecto a ser considerado é o processo de elaboração dos planos, incluindo quais os departamentos responsáveis e a participação da população. O plano de São Bernardo do Campo não especifica quais foram os órgãos responsáveis. Já o de Barbacena foi disponibilizado no site da prefeitura para análise e, posteriormente, submetido à audiência pública no ano de 2015, a fim de que a população apresentasse sugestões antes que fosse aprovado, havendo a intenção de ser transformado em lei.

Com isso, pela estrutura dos planos, considera-se que atuam como um material informativo que trata da iluminação pública com breves indicações, ao invés de serem um documento com intenções claras e estruturadas que visasse não somente a modernização da iluminação pública, mas também considerasse os impactos sociais, culturais e ecológicos relacionados.

4.5.2 Plano Diretor de Iluminação Pública de Curitiba

Desenvolvido em 2011, o instrumento é o que mais se aproxima do ideal para um Plano Diretor de Iluminação Pública no Brasil (POLTOSI, 2011). Seu desenvolvimento foi orientado pela necessidade de coordenar decisões visando à adequação do parque luminotécnico de Curitiba, que se encontrava defasado em relação aos serviços prestados e às instalações. O objetivo geral era traçar metas e diretrizes para a renovação da iluminação pública convergentes com o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (MARTINS, 2012). O documento foi elaborado por um escritório⁴⁰ especializado em iluminação urbana a partir de um processo licitatório. O desenvolvimento em etapas permitiu a realização de um diagnóstico profundo da estrutura urbana da cidade e dos sistemas de iluminação, associado a objetivos futuros. A primeira etapa foi denominada análise evolutiva, relacionada à investigação dos elementos da estrutura urbana relevantes pelo caráter histórico. Em seguida, foi realizada a análise morfológica e funcional, em que foram estudados aspectos como o tecido urbano, a arborização viária e a percepção da imagem noturna⁴¹. Posteriormente, foi feita a análise do sistema de iluminação e, para finalizar,

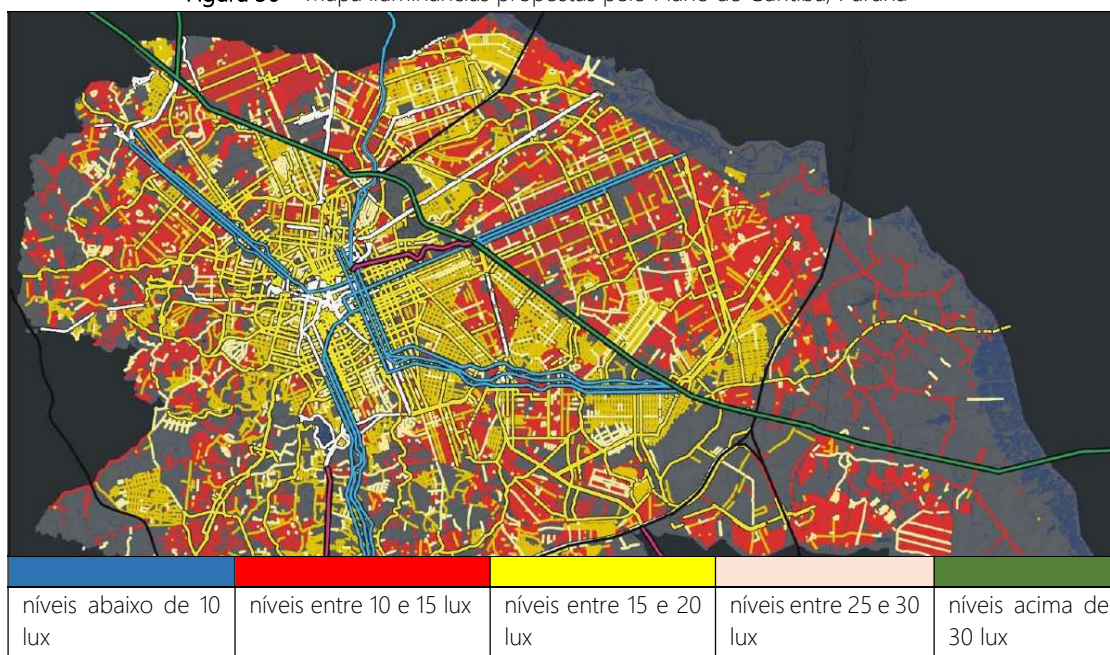
⁴⁰ O plano foi elaborado pelo escritório Atelier Lumière, que também foi responsável pelos Planos Diretores de Iluminação de Fortaleza (2003, 2007), Santiago (2008) e Buenos Aires (2013). A equipe é formada por dois arquitetos e um *lighting designer* (REVISTA LUME ARQUITETURA, 2012)

⁴¹ Essa análise foi baseada nos conceitos de Kevyn Lynch, mencionados no item 4.2, em que são consideradas as vias, bairros, pontos nodais e marcos.

um diagnóstico da distribuição espacial das principais edificações, monumentos e espaços públicos.

Da análise dos sistemas de iluminação, destacam-se alguns elementos, entre eles as medições de iluminância e luminância das vias, em que se identificaram os pontos escuros e se verificou a uniformidade da iluminação pública (Figura 36). Os resultados demonstraram que há um padrão nas iluminâncias, de modo que os valores mais altos estão na região central e nos eixos de desenvolvimento urbano, enquanto os valores mais baixos, nas regiões mais periféricas. Também foram levantados aspectos a serem corrigidos, como o uso indiscriminado de luminárias de alta potência na região central da cidade, inclusive em vias estreitas e de trânsito mais lento. Esses aspectos podem ser associados ao controle da poluição luminosa, já que o plano não aborda diretamente a questão, o que é uma lacuna significativa de conteúdo.

Figura 36 – Mapa iluminâncias propostas pelo Plano de Curitiba, Paraná



Fonte: Adaptado de Plano de Iluminação de Curitiba

Um dos propósitos do plano era não se tornar obsoleto pelo surgimento de novas tecnologias. Por esse motivo, os equipamentos a serem utilizados na iluminação não foram definidos (LED, vapor metálico, vapor de sódio e outros), sendo especificada apenas a temperatura de cor ideal para cada local da cidade. Especificação essa que correspondia à intenção de hierarquizar eixos de ligação, avenidas e outros logradouros através da luz.

Diante disso, considera-se que o plano faz uma leitura profunda da estrutura da cidade, relacionando a configuração da iluminação pública às questões urbanísticas nos tempos passado e presente. Desse modo, a análise da luz não se resume à descrição técnica dos equipamentos utilizados, mas está associada às intenções de tratá-la como um elemento de composição urbana. Entretanto, considera-se que o plano falha ao não abordar a questão da poluição luminosa diretamente, pois apenas a tangencia ao analisar a uniformidade da luz, os pontos de

iluminação excessiva e apresentar a intenção de substituir as luminárias abertas por fechadas. Ademais, não apresenta formas de monitoramento dos resultados, o que torna frágil o processo de alcance dos objetivos.

4.5.3 Projeto Básico de Implantação da Iluminação Pública Aparecida de Goiânia

O documento não é um plano, mas foi estudado por ter o objetivo de definir diretrizes e condições para a modernização e expansão da infraestrutura de iluminação pública de Aparecida de Goiânia. Foi elaborado como parte do processo de concessão do serviço de iluminação por um período de 30 anos, recebendo um investimento de R\$ 1,3 bilhões (APARECIDA DE GOIÂNIA, 2016).

Como não é um Plano Diretor de Iluminação Urbana, não faz um diagnóstico da estrutura urbana da cidade, tendo caráter essencialmente técnico. Foi estruturado de modo a especificar as tecnologias a serem incorporadas para a modernização da rede, os cronogramas de implantação, as formas de monitoramento do desempenho do sistema de iluminação pública e de custeio.

Apresenta como medida principal a substituição das luminárias existentes por LED ou tecnologias superiores e a incorporação de recursos como dimerização, telegestão e *Constant Lumen Output* (CLO)⁴². Esses sistemas viabilizariam as intenções de redução da intensidade luminosa das fontes e a alteração da temperatura de cor nos períodos de menor movimento das vias. Tecnologias e medidas que contribuiriam para a redução da poluição luminosa devido à utilização da luz em momentos e intensidades necessárias, embora esse objetivo não seja citado diretamente.

Diferentemente dos planos nacionais pesquisados, o documento expõe preocupações quanto aos efeitos não-visuais da luz nos indivíduos, apresentando resultados de pesquisas científicas como embasamento do texto. Entretanto, propõe medidas que não são claras, a exemplo do trecho que se refere ao controle da iluminação intrusiva, mencionado indiretamente, conforme segue:

“(..) o projeto de iluminação pública precisa ser entendido como uma área de conhecimento interdisciplinar com o objetivo de desenvolver e aplicar as informações sobre comportamento e fisiologia humanos relacionados à luz, de forma que os efeitos biológicos não-visuais causados pela alteração do ritmo circadiano devem ser considerados. Deve considerar, portanto: (...) a altura da luminária e a forma como proporciona a distribuição da luz, de forma a restringir efeitos biológicos indesejáveis que ocorrem (influência da iluminação pública nas

⁴² Telegestão: permite o controle de cada ponto luminoso à distância, a partir de um computador, sendo possível reduzir ou aumentar a intensidade luminosa de acordo com a necessidade local, por exemplo, pode-se diminuir a potência das lâmpadas em vias em função da redução do tráfego de veículos e pedestres (REVISTA LUME ARQUITETURA, 2006). Já CLO é o sistema que permite a compensação da perda de fluxo luminoso com a depreciação das luminárias e evita o excesso de iluminação no início da vida útil desta. (APARECIDA DE GOIÂNIA, 2016).

residências e, conseqüentemente, no ritmo circadiano de seus habitantes)” (APARECIDA DE GOIÂNIA, p. 9, 2016).

Além disso, há uma contradição em relação ao controle desses efeitos, pois o manual estimula o uso de altas temperaturas de cor - 6500 K - nos períodos de maior movimento nas vias, sendo que a iluminação, nessa configuração, pode ter o efeito de ser mais supressora do hormônio melatonina⁴³ (MARTAU, 2009).

Dessa maneira, tem-se que o documento apresenta iniciativas importantes, como a incorporação de tecnologias para modernizar a iluminação pública e em relação aos efeitos da luz nos indivíduos, mas falha ao não estabelecer medidas suficientes para controlá-los. Ademais, deveria considerar o controle da poluição luminosa entre seus objetivos, mas o aspecto não é mencionado.

4.5.4 Plano Diretor de Iluminação Pública de Porto Alegre (2011)

O plano foi instituído em 2011 e, na sua parte introdutória, estabelece o intuito de orientar a Administração Municipal na implantação dos sistemas de iluminação pública da cidade, além de estabelecer critérios, como a padronização de materiais de acordo com cada zona de aplicação, considerando as áreas tombadas pelo patrimônio histórico e áreas especiais.

A estrutura do plano é essencialmente um diagnóstico da iluminação pública existente em relação a aspectos técnicos – tipos de equipamentos, consumo de energia, quantidade de luminárias. Tem como objetivos principais a redução do consumo e o uso coerente da energia, ao mesmo tempo em que visa garantir segurança à população.

Entretanto, apesar da apresentação dos objetivos, não se considera que o plano seja suficiente para atendê-los, pois não há clareza nas diretrizes a serem adotadas. O motivo é que estas são estabelecidas de acordo com categorias de equipamentos e espaços urbanos - vias, parques e praças, monumentos, áreas de conflito, área de interesse histórico e cultural -, mas com descrições sucintas de alguns aspectos a serem seguidos. Ainda há o direcionamento a outras instâncias de questões que poderiam estar explicitadas no próprio plano. Situação que deixa margem a interpretações equivocadas por haver diferentes documentos fazendo referência ao mesmo assunto:

As áreas do Centro Histórico da cidade deverão respeitar as diretrizes estabelecidas pelo Conselho Municipal do Patrimônio Histórico e dos demais órgãos responsáveis pela preservação desta área (DIP, 2009, p. 15).

Em relação à poluição luminosa, há um tópico específico que traz sua definição e suas configurações. Além disso, são explicitadas as medidas que vêm ocorrendo gradativamente para controlá-la e que contam com recursos do mencionado Programa RELUZ para serem intensificadas. Estas incluem a substituição de luminárias ineficientes por luminárias com vidro

⁴³ Conforme citado anteriormente, a melatonina é um hormônio que controla funções corporais, e que é suprimido de forma mais intensa pelas luzes brancas, ou seja, com alta temperatura de cor.

plano ou curvo, padronização de luminárias decorativas com a parte superior coberta, conforme Figura 37, e uso de projetores que controlem a emissão de feixes de luz para o céu.

Figura 37 - Luminária decorativa com a parte superior coberta



Fonte: autora (2017)

Analisando essas ações, considera-se que são apenas parte do processo capaz de reduzir a poluição luminosa na escala municipal, pois outros aspectos poderiam ser implementados, inclusive de modo que aproximasse o Plano Diretor de Iluminação Pública com o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental (PDDUA), a exemplo da legislação da Catalunha, que divide a cidade em quatro zonas de luz a partir de critérios de preservação.

Considerando a área do Centro Histórico de Porto Alegre como o objeto do estudo de caso desta pesquisa, analisou-se o Código de Obras da cidade para verificação de mecanismos de controle da poluição luminosa. Entretanto, os tópicos relativos à iluminação referem-se somente a índices mínimos a serem atendidos em ambientes internos, não havendo qualquer item alusivo à iluminação externa, potencial agravadora da questão por aumentar o brilho do céu e ofuscamento. A iluminação intrusiva – outra configuração da poluição luminosa – também não é objeto de controle, e poderia ser amenizada através da inclusão, no Código de Obras, de parâmetros de escurecimento para o interior das edificações, mas o que existe resume-se à obrigatoriedade de proteção externa aos vidros, através do uso de persianas.

Diante disso, em termos de legislação municipal, Porto Alegre encontra-se despreparada para enfrentar a questão da poluição luminosa. O que se observam são intenções isoladas, e não estratégias que considerem a cidade como um todo e respeitem suas peculiaridades, como diferenças de usos. Os efeitos biológicos e ambientais da iluminação são considerados de forma sucinta, não havendo limitações fundamentais, como a temperatura de cor máxima a ser utilizada na iluminação pública. Além disso, a legislação está obsoleta, sendo o Código de Obras de 1992 e o Plano Diretor de Iluminação Pública, de 2011, períodos e que a tecnologia do LED não havia sido incorporada à iluminação pública.

4.6 Análise dos Planos Internacionais e Nacionais

A análise de Planos Diretores de Iluminação de diferentes realidades vai ao encontro dos estudos

de Del Negro e Mansfield (2014), que demonstraram não existir uma padronização nos seus objetivos, abrangência, conteúdo e, conseqüentemente, na forma como a poluição luminosa é abordada. Aspecto que é mais proeminente quando se comparam os planos internacionais com os nacionais.

As cidades de Lyon, Viena e Cingapura desenvolveram os instrumentos tendo como objetivo principal a qualificação do ambiente noturno urbano através da luz, considerando espaços e elementos que deveriam ser destacados. Em contrapartida, dos planos nacionais, o único que teve esse foco foi o de Curitiba, demonstrando inclusive justificativas históricas para escolha do que deveria ser evidenciado. Já os demais são essencialmente voltados para a renovação da iluminação pública visando à economia de recursos, o que pode ser observado pela presença de dados quantitativos de consumo de energia, dos equipamentos utilizados e os gastos associados.

Esses diferentes objetivos têm reflexos no tratamento dado à poluição luminosa, que é abordada sob três formas. No caso de Lyon e de Viena, voltados à iluminação pública e com algumas restrições à privada, o fenômeno é tratado de modo amplo, considerando os efeitos biológicos, ambientais e econômicos. Sendo apresentadas medidas como o uso de luminárias que controlem o ofuscamento e que não permitam a emissão fochos acima da linha do horizonte (Lyon); além de incentivarem o uso da luz apenas na intensidade necessária, o controle da temperatura de cor e a existência de períodos para uso de iluminação festiva e comercial (Viena).

Em uma segunda forma de abordagem está plano de Cingapura, o único direcionado à iluminação externa das edificações, que estabelece critérios rígidos para aprovação dos projetos luminotécnicos e a intenção de controlar o ofuscamento e a iluminação intrusiva. Entretanto, não estabelece medidas a serem tomadas, instituindo apenas a obrigatoriedade de os projetistas demonstrarem como ocorre o controle do espalhamento da luz no entorno, através de imagens e desenhos. O plano não apresenta medidas para redução do brilho do céu, e ainda potencialmente o agrava pelo estímulo ao uso de altas temperaturas de cor. Dessa forma, o controle da poluição luminosa parece ser oriundo da minimização da interferência estética da iluminação externa nas edificações. A análise dos planos internacionais foi sintetizada nos quadros que seguem, sendo o Quadro 1 relativo à estrutura dos planos e o Quadro 2 referente à abordagem da poluição luminosa.

Quadro 1 – Síntese Planos de Iluminação Internacionais

Faz diagnóstico da iluminação pública atual?	Há zoneamento de luz?	Apresenta como será fiscalizado?
Que tipo de luminária indica?	Há controle da iluminação privada?	Apresenta algum tipo de consequência em caso de descumprimento?
Apresenta parâmetros para iluminação de LED?	Há proposta de iluminação diferenciada às áreas de interesse histórico?	Qual é o órgão responsável pelo cumprimento do plano?
Lyon – <i>Lighting Master Plan</i> implantado em 2016		
Diagnóstico: não menciona. Iluminação: indica o uso do LED. Parâmetros para tecnologia do LED: não menciona.	Zoneamento: não menciona, mas destaca os elementos da cidade a serem valorizados pela iluminação. Iluminação privada: apresenta um sub-plano direcionado para edificações de uma área comercial da cidade. Iluminação em áreas históricas: apresenta áreas de interesse histórico a serem destacadas pela iluminação.	Fiscalização: não menciona. Penalidades: não menciona. Órgão Responsável: apenas apresenta os responsáveis pela elaboração do plano.
Cingapura – <i>Night Lighting Master Plan</i> implantado em 2009		
Diagnóstico: não menciona, pois o plano é voltado para edificações. Iluminação: indica o uso do LED. Parâmetros para tecnologia do LED: não menciona.	Zoneamento: não menciona, mas destaca os elementos das edificações a serem valorizados. Iluminação privada: como abrange edificações, é engloba a iluminação privada. Iluminação em áreas históricas: não menciona, o plano é voltado para edificações novas ou intervenções.	Fiscalização: não menciona. Penalidades: não menciona. Órgão Responsável: Depto. de Desenvolvimento Urbano.
Viena – <i>Licht Masterplan</i> implantado em 2016		
Diagnóstico: apresenta dados sobre o número de luminárias. Luminária: indica o uso do LED. Parâmetros para tecnologia do LED: apresenta uma pesquisa sobre os possíveis efeitos em animais e no ofuscamento pelo uso do LED na iluminação pública.	Zoneamento: não menciona, mas destaca os elementos da cidade a serem valorizados pela iluminação. Iluminação privada: restringe o uso da iluminação em vitrines e edificações comerciais a determinados horários, seguindo a legislação francesa, que estabelece que a iluminação externa deve ser desligada até 1h da manhã.	Fiscalização: não menciona. Penalidades: não menciona. Órgão Responsável: não é mencionado.

Fonte: autora (2017)

Quadro 2 - Síntese das medidas apresentadas nos Planos Internacionais para controlar a poluição luminosa

Medidas Cidades	Lyon	Cingapura	Viena
Usar luminárias que controlem o ofuscamento.	X	X	X
Evitar a emissão de luz acima da linha do horizonte	X	-	X
Usar somente a iluminação necessária.	X	X	X
Controlar da temperatura de cor da iluminação.	X	Sim, mas não para reduzir a poluição luminosa.	X
Restringir o horário ou dimerizar a iluminação.	-	-	X
Desenvolver iluminação diferenciada para datas	X	X	-

Fonte: autora (2017)

A terceira forma de abordagem é sucinta e genérica, sendo observada nos planos nacionais. No caso de Barbacena e Porto Alegre, a questão da poluição luminosa fica essencialmente restrita à substituição das luminárias existentes ineficientes por outras que proporcionem melhor controle dos facho, não havendo outros requisitos a serem atendidos. Já a cidade de Aparecida de Goiânia⁴⁴ não faz referências diretas à questão, mas apresenta mecanismos que visam à modernização da iluminação pública e que, conseqüentemente, podem auxiliar, como o emprego de dimerização para condicionar a intensidade luminosa e a temperatura de cor das luminárias ao movimento das ruas.

Por sua vez, o plano de Curitiba, uma cidade considerada um exemplo nacional de urbanismo, não apresenta a redução da poluição luminosa como objetivo, trazendo apenas a intenção do uso de luminárias fechadas – que têm maior controle dos facho. Em uma situação ainda mais extrema, a cidade de São Bernardo do Campo não menciona a questão em seu texto. A análise conjunta dos planos nacionais foi sintetizada nos quadros que seguem, sendo os Quadros 3 e 4 relativos à estrutura dos planos e o Quadro 5 referente à abordagem da poluição luminosa.

⁴⁴ Conforme mencionado anteriormente, a cidade de Aparecida de Goiânia não tem um Plano Diretor de Iluminação Urbana e sim um Projeto Básico de Iluminação Urbana, entretanto, foi tratado como um plano por apresentar o objetivo de guiar a implantação da iluminação pública. Além disso, o controle da poluição luminosa é citado indiretamente no plano, pois é mencionado o controle dos efeitos não-visuais da luz.

Quadro 3 - Síntese Planos de Iluminação Nacionais

Faz diagnóstico da iluminação pública atual?	Há zoneamento de luz?	Apresenta como será fiscalizado?
Que tipo de luminária indica?	Há controle da iluminação privada?	Apresenta algum tipo de consequência em caso de descumprimento?
Apresenta parâmetros para iluminação de LED?	Há proposta de iluminação diferenciada às áreas de interesse histórico?	Qual é o órgão responsável?
São Bernardo do Campo – Plano Municipal de Iluminação Pública implantado em 2015		
Diagnóstico: sim, apresenta números e tipos de lâmpadas utilizadas e consumo de energia com iluminação pública, domicílios atendidos e outros. Luminária: não menciona. LED: não, apenas cita benefícios.	Zoneamento: o único proposto é hierarquizar as vias por meio de iluminâncias. Iluminação privada: não menciona. Iluminação em áreas históricas: receberão iluminação de destaque.	Fiscalização: não menciona, apenas cita a intenção de fazer Planos Plurianuais de Iluminação Pública. Penalidades: não menciona. Órgão Responsável: Depto. Manutenção de Obras (DMO).
Barbacena – Plano Diretor de Iluminação Pública implantado em 2015		
Diagnóstico: sim, apresenta números e tipos de lâmpadas utilizadas e consumo de energia com iluminação pública. Luminária: não menciona. LED: não, apenas cita benefícios da sua adoção.	Zoneamento: o único proposto é hierarquizar as vias com base nos níveis de iluminação. Dimerização: não menciona. Iluminação em áreas históricas: áreas de interesse histórico receberão iluminação de destaque.	Fiscalização: não cita monitoramento, apenas a intenção de fazer Planos Plurianuais de Iluminação Pública. Penalidades: não apresenta. Órgão Responsável: Secretaria Municipal de Obras Públicas.
Curitiba – Plano Diretor de Iluminação implantado em 2011		
Diagnóstico: sim, apresenta detalhamento do consumo de energia por bairro e levantamento dos equipamentos utilizados. Luminária: indica o uso de vapor metálico e LED. LED: critica o pouco uso das novas tecnologias como lâmpadas de vapor metálico e LED na cidade.	Zoneamento: o único proposto é hierarquizar as vias e alguns marcos urbanísticos através da temperatura de cor. Iluminação privada: não menciona. Iluminação em áreas históricas: as áreas de interesse histórico receberão iluminação de destaque.	Fiscalização: não menciona. Penalidades: não apresenta. Órgão Responsável: Depto. de Iluminação Pública.

Fonte: autora (2017)

Quadro 4 - Síntese Planos de Iluminação Nacionais

Faz diagnóstico da iluminação pública atual?	Há zoneamento de luz?	Apresenta como será fiscalizado?
Que tipo de luminária indica?	Há controle da iluminação privada?	Apresenta algum tipo de consequência em caso de descumprimento?
Apresenta parâmetros para iluminação de LED?	Há proposta de iluminação diferenciada às áreas de interesse histórico?	Qual é o órgão responsável?
Manual de Iluminação de Aparecida de Goiânia implantado em 2016		
Diagnóstico: sim, apresenta quantitativos de lâmpadas por rua. Luminária: indica o uso de LED. LED: não apresenta nenhum parâmetro diferenciado para o LED.	Zoneamento: não menciona. Dimerização: sim, que é controlada remotamente. Iluminação privada: não menciona. Iluminação em áreas históricas: receberão iluminação de destaque.	Fiscalização: apresenta medições que devem ser feitas para analisar níveis de iluminação, índices de luminárias acesas durante o dia. Penalidades: não apresenta. Órgão Responsável: não é mencionada.
Porto Alegre – Plano Diretor de Iluminação implantado em 2015		
Diagnóstico: sim, apresenta percentuais dos tipos de lâmpadas utilizadas. Luminária: indica o uso de vapor metálico e LED. LED: não apresenta parâmetro diferenciado.	Zoneamento: não menciona. Iluminação privada: não menciona. Iluminação em áreas históricas: visa projetos diferenciados, mas que sigam as diretrizes do Conselho Municipal do Patrimônio Histórico.	Fiscalização: não menciona. Penalidades: não apresenta. Órgão Responsável: Divisão de Iluminação Pública.

Fonte: autora (2017)

Quadro 5 - Síntese das medidas apresentadas nos Planos Nacionais para controlar a poluição luminosa

Medidas Cidades	São B. Campo	Barbacena	Curitiba	Aparecida de Goiânia	Porto Alegre
Usar luminárias que controlem o ofuscamento.	-	-	-	-	-
Usar somente a iluminância necessária.	-	-	X	X	-
Controlar a temperatura de cor da iluminação.	-	-	-	X	-
Restringir o horário ou dimerizar a iluminação.	-	-	-	X	-
Desenvolver iluminação diferenciada para datas especiais.	-	-	-	-	-
Controlar poluição luminosa por meio da tecnologia do LED.	-	X	-	-	X
Evitar luz acima do horizonte ou usar luminárias fechadas.	-	-	X	-	X

Fonte: autora (2017)

Logo, o que os planos nacionais analisados têm em comum é o objetivo de modernização da iluminação, considerando o emprego de fontes com maior controle dos fachos e eficiência, sendo o uso do LED unanimidade. Entretanto, nenhum dos instrumentos apresentou parâmetros diferenciados para o uso dessa tecnologia. Outra lacuna comum é a não especificação do monitoramento do alcance dos objetivos e as possíveis penalidades, citados apenas no instrumento de Aparecida de Goiânia, fato que pode contribuir para o descumprimento dos objetivos.

Ainda no contexto nacional, observou-se que não há definições sobre zoneamento de luz, que seria a divisão da cidade em áreas que deveriam obedecer a determinados parâmetros de iluminação, de acordo com as características esperadas. Essa medida, conforme já mencionada, é uma sugestão dada pelo *Model Lighting Ordinance*, de modo que áreas da cidade que precisem de maior preservação ambiental, como parques, sejam toleradas menores iluminâncias; e em áreas tipicamente comerciais, se permitiram maiores. Idealmente, os planos diretores de iluminação deveriam ter como uma das prioridades o impacto ambiental causado pela iluminação e, conseqüentemente, a poluição luminosa (DEL NEGRO e MANSFIELD, 2014). Apesar disso, conforme os planos analisados, os objetivos relacionados à economia de recursos têm mais peso.

Considerando as realidades estudadas, tem-se que os planos de Lyon e Viena são os mais desenvolvidos no que refere à conciliação das questões estéticas com os impactos da iluminação, o que é creditado ao fato de ambos já terem passado por revisões em busca de atender a novas demandas. Já os demais planos não alcançaram esse estágio, pois ainda estão focados essencialmente nos aspectos do embelezamento da cidade – no caso de Cingapura – e econômicos – nos planos nacionais. Assim, infere-se a necessidade da revisão desses instrumentos e a incorporação de todos os aspectos relacionados à iluminação urbana.

Esta análise das legislações e planos diretores de iluminação demonstra que o controle da poluição luminosa só pode ser efetivo quando a questão é abordada de forma ampla, com normas específicas, como as direcionadas à proteção de áreas de preservação, atuando em conjunto aos mencionados planos. Eles devem convergir com outros instrumentos organizadores da cidade, que são os Planos Diretores de Desenvolvimento Urbano.

No entanto, o estudo demonstrou diferenças significativas entre o contexto nacional e internacional em relação à forma como as legislações e planos são desenvolvidos, aos objetivos, às medidas apresentadas e ao controle da poluição luminosa, pois nacionalmente essas questões são tratadas de modo ainda incipiente, o que pode ser relacionado com o fato de serem instrumentos recentes.

O modo como esses instrumentos são elaborados, os setores que são envolvidos, têm reflexo na qualidade das medidas apresentadas. Com isso, acredita-se que tanto as legislações quanto os planos só podem ser considerados efetivos quando são desenvolvidas como uma iniciativa conjunta, com a participação da sociedade, fabricantes, especialistas e a administração pública, além da clara instituição dos órgãos fiscalizadores.

CAPÍTULO 5



Área central de Porto Alegre à noite

METODOLOGIA

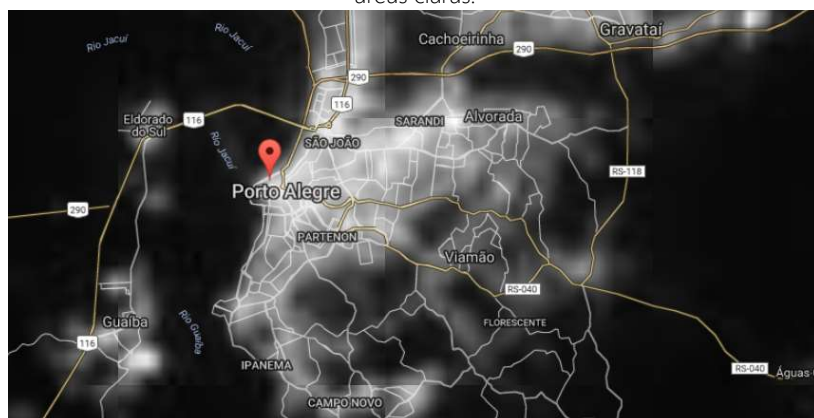
O trabalho foi estruturado como uma pesquisa qualitativa, pois o objetivo principal não é a representatividade numérica, e sim a descrição, compreensão e interpretação de fatos que relacionam a poluição luminosa à iluminação pública.

5.1 Estudo de Campo

5.1.1 Delimitação da Área de Estudo

O estudo se desenvolveu na cidade de Porto Alegre, por ser um local que apresenta níveis elevados de poluição luminosa, fato confirmado por imagens de satélites que mostram os efeitos da iluminação elétrica no período noturno da cidade e região metropolitana, Figura 38.

Figura 38 – Mapa do efeito das fontes de iluminação elétrica, representado pelas áreas claras.



Fonte: Lighting Pollution Map (2016)

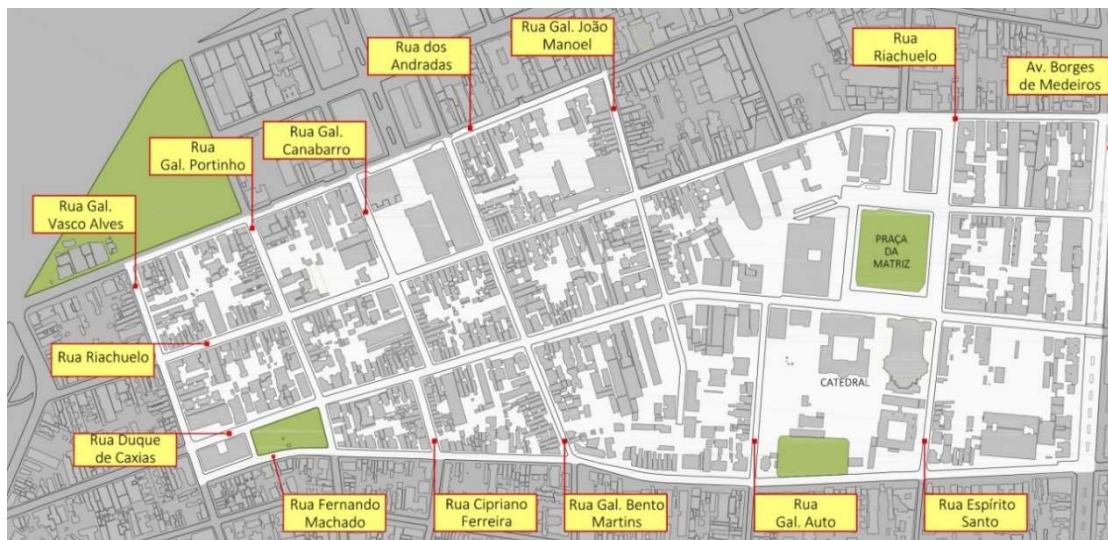
Como a intensidade da poluição luminosa é um aspecto fundamental da pesquisa, entendeu-se que a área da cidade estudada deveria apresentar o fenômeno em grandes proporções. Considerando a teoria de Walker, mencionada no Capítulo 1, referenciada por Elsahragty e Kym (2015), há uma relação proporcional entre o brilho do céu com a proximidade ao centro das cidades e a sua população. Por esse motivo, definiu-se que o estudo de campo seria feito no Centro Histórico de Porto Alegre.

Diante da extensão da área central, fez-se um recorte, de modo a englobar espaços de uso residencial, pois um dos objetivos é avaliar a ocorrência de iluminação intrusiva, um dos componentes da poluição luminosa que potencialmente causa mais alterações no ritmo circadiano humano (MARTAU, 2016). Para isso, foi feita uma verificação prévia entre os meses de março e maio de 2016, quando se percorreu o centro da cidade em busca da confirmação da ocorrência do fenômeno dentro de um perímetro que apresentasse o uso mencionado.

Nessa etapa, considerou-se como poluição luminosa a presença de luminárias que permitissem emitir luz para além do horizonte, pela possibilidade de causar brilho do céu, ofuscamento e iluminação intrusiva. A partir dessa análise tipo *walkthrough*, foi definida a área limitada pelas

seguintes vias: Av. Borges de Medeiros, Rua Fernando Machado, Rua General Vasco Alves, Rua dos Andradas, Rua General João Manoel e Rua Riachuelo, Figura 39. A Av. Borges de Medeiros, por ter uso tipicamente comercial e não uso misto, como o restante da pesquisa, não foi analisada, sendo apenas o limite da área.

Figura 39 – Planta baixa da área central onde foi feita a pesquisa



Fonte: autora (2017)

5.1.2 Definição das Variáveis de Estudo e seus Parâmetros de Avaliação

As variáveis avaliadas foram definidas a partir da análise da Norma Brasileira de Iluminação Pública, NBR 5101: 2012, apresentada no Capítulo 2, considerando os elementos de projeto nela estabelecidos e sua influência na poluição luminosa, conforme os critérios da *Internacional Dark-Sky Association* (2012)⁴⁵. Além disso, realizou-se um estudo-piloto para verificar a viabilidade da pesquisa e a orientar. Nesse estudo, foram levantados aspectos referentes às características urbanas, como a largura dos leitos (das vias), e também em relação aos modelos de luminária, fotometria e temperatura de cor. A temperatura de cor não é um requisito apontado pela NBR 5101 como critério de projeto, mas foi considerada pelos efeitos associados a ela. As mencionadas variáveis e os critérios adotados seguem abaixo:

Larguras dos Leitos (das vias): a escolha das luminárias deve observar a largura dos leitos, pois, do contrário, a iluminação intrusiva pode ser agravada, já que os equipamentos ficam muito próximos das edificações.

Temperatura de Cor: temperaturas de cor acima de 3.000 K potencializam dois efeitos da poluição luminosa: o ofuscamento dos indivíduos e o brilho do céu. A relação com o ofuscamento ocorre porque a iluminação com elevada temperatura de cor possui grande componente de luz azul no espectro e o olho é mais sensível a essa luz. Com isso, o tempo

⁴⁵ Esses critérios são abordados no livro *Fighting Light Pollution: Smart Lighting Solutions for Individuals and Communities* (2012).

necessário à adaptação visual entre diferentes níveis de iluminação, suscetível ao ofuscamento, é maior. Nessas condições, os idosos são os mais afetados porque, com o tempo, a retina se torna menos transparente e mais amarelada, o que potencializa a absorção da luz azul. Em relação ao brilho no céu, tem-se que o uso de iluminação de LED em altas temperaturas de cor contribui 20% a mais para o efeito quando comparado a lâmpadas de sódio, que têm baixas temperaturas de cor (IDA, 2012).

Modelos de Luminárias e Fotometria: os facho de luz direcionados para além da linha do horizonte podem causar ofuscamento, desordem, brilho do céu e iluminação intrusiva. Com isso, considerou-se importante analisar os tipos de luminárias e identificar as não-limitadas, pois são as que apresentam pior desempenho em relação ao controle dos facho, por emitirem luz em direções indesejáveis. Essas variáveis e a justificativa da análise foram sintetizadas no Quadro 6.

Quadro 6 - Variáveis e Parâmetros estabelecidos no estudo-piloto

Variável	Efeitos Associados
Largura dos leitos (metros)	Deve haver adequação da dimensão do equipamento de iluminação com a largura dos leitos (das vias).
Temperatura de cor da fonte de luz (Kelvin)	Evitar fontes acima de 3.000 K, pois contribuem para o brilho do céu, já que nessa faixa de temperatura de cor o componente azul é mais brilhante e é a componente do espectro mais suscetível aos efeitos ópticos que produzem o brilho no céu.
Modelo de Luminária e Fotometria	Identificar as luminárias que emitam de facho de luz acima da linha do horizonte, porque são associados a todos os componentes da poluição luminosa. Luminárias não-limitadas são as menos recomendadas, por permitirem que a luz seja emitida em todas as direções.

Fonte: autora (2017)

5.1.3 Estudo-Piloto

O estudo-piloto foi desenvolvido em alguns quarteirões da área da pesquisa, entre os meses de setembro e novembro de 2016, durante o dia e à noite, no trecho limitado pelas vias: Avenida Borges de Medeiros, Rua Fernando Machado, Rua Espírito Santo e Rua Riachuelo.

O objetivo principal foi avaliar a viabilidade de análise das variáveis a serem levantadas, relacionadas às luminárias públicas e ao entorno. Primeiramente, percorreu-se a área para verificação dos modelos de luminárias, a fim de estabelecer categorias. Além disso, foram medidas as larguras dos leitos (das vias) com trena a laser. Os dados obtidos foram registrados em planta baixa e por fotos. Com as categorias estabelecidas, solicitaram-se à Divisão de Iluminação Pública (DIP) informações relativas à temperatura de cor. Posteriormente, esses dados foram relacionados com a possibilidade de causarem poluição luminosa, com base nos critérios acima mencionados. Com isso, constatou-se a presença de dois modelos de luminárias e suas respectivas lâmpadas, que foram analisadas pela fotometria a partir da observação feita no período noturno. As luminárias modelo 1 são históricas, sendo classificadas como não-limitadas, como mostram as Figura 40 e 41.

Figura 40 – Luminária modelo 1, durante o dia na Rua Duque de Caxias, Centro Histórico de Porto Alegre.



Fonte: foto da autora (2016)

Figura 41 – Luminária modelo 1, durante a noite na Rua Duque de Caxias, Centro Histórico de Porto Alegre.



Fonte: foto da autora (2016)

As luminárias modelo 2 têm fontes em LED, Figuras 42 e 43. Por ser um equipamento mais recente, apresenta controle na direção dos fechos de luz, não permitindo luz acima da linha do horizonte, o que evita o brilho do céu, mas, ainda assim, permite a emissão de luz para a parte de trás, potencializando a iluminação intrusiva, Figuras 44 e 45.

Figura 42 - Luminária modelo 2, durante o dia na Rua Duque de Caxias, Centro Histórico de Porto Alegre.



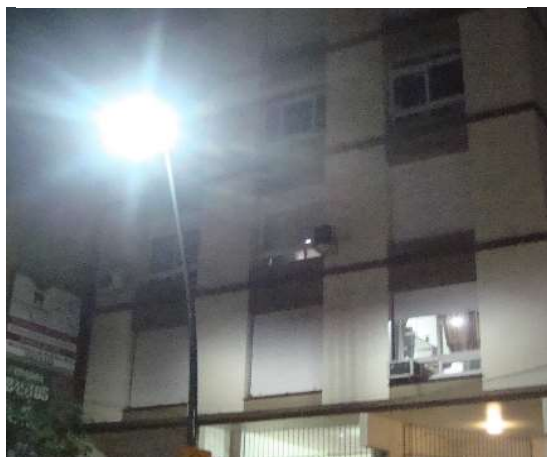
Fonte: foto da autora (2016)

Figura 43 - Luminária modelo 2, durante a noite na Rua Duque de Caxias, Centro Histórico de Porto Alegre.



Fonte: foto da autora (2016)

Figura 44 - Iluminação intrusiva na Rua Duque de Caxias, Centro Histórico de Porto Alegre.



Fonte: foto da autora (2016)

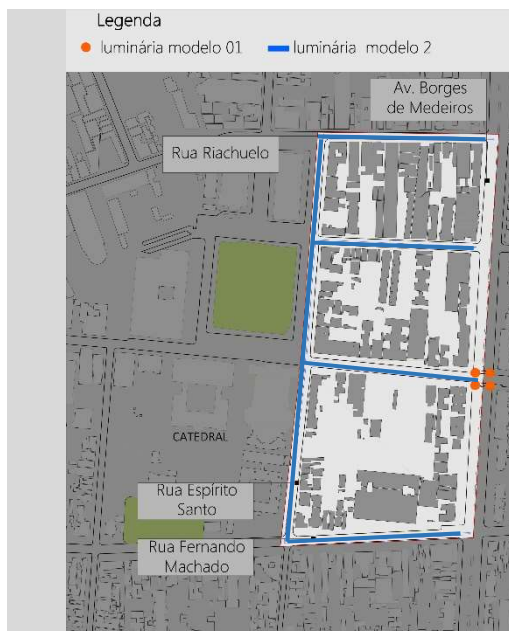
Figura 45 - Iluminação intrusiva na Rua Duque de Caxias, Centro Histórico de Porto Alegre.



Fonte: foto da autora (2016)

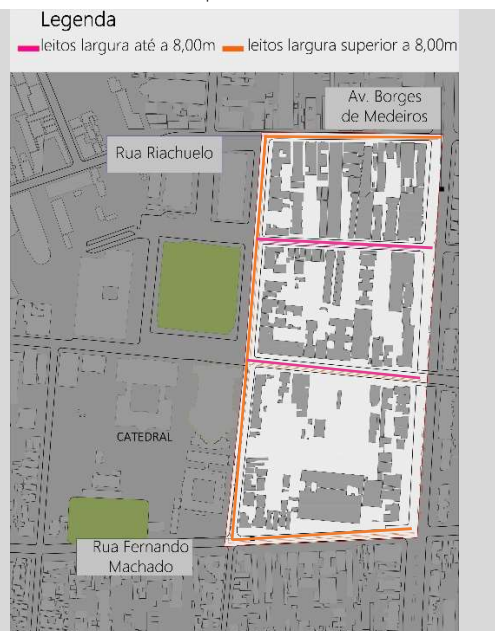
Em relação à temperatura de cor, tem-se que as luminárias modelo 1 emitem uma luz morna, de 2.800 K, que influi menos em todos os componentes da poluição luminosa e atenua o fato de serem luminárias não-limitadas. Já as luminárias modelo 2 têm temperatura de cor de 5.000 K, emitindo uma luz branca fria com mais azul no espectro, o que contribui para todos os componentes da poluição luminosa. Analisando a planta baixa que apresenta a localização das luminárias e largura dos leitos (das vias), observa-se que não há diferenciação no espaçamento em relação ao modelo adotado, como pode ser observado nas Figuras 46 e 47.

Figura 46 – Planta baixa localização das luminárias modelo 1 e 2



Fonte: autora (2017)

Figura 47 - Planta baixa largura leitos até 8,00 m e superiores a 8,00 m



Fonte: autora (2017)

Com isso, o estudo-piloto demonstrou que os dois tipos de luminárias presentes contribuem para a poluição luminosa pela direção dos feixes, e o modelo 2, pela temperatura de cor. Desse modo, influenciam o brilho do céu, ofuscamento e iluminação intrusiva. Também se observou que a nova iluminação de LED, finalizada no ano de 2016, foi instalada na mesma posição da tecnologia anterior (vapor de sódio), conforme Figura 48, embora apresente desempenho completamente diferente, fato que sinalizou a importância de uma análise mais detalhada das especificações da iluminação na fase do estudo de campo, com a verificação das curvas fotométricas.

Figura 48 – Posicionamento Luminária de LED



Fonte: foto da autora (2016)

Além disso, percebeu-se a necessidade de identificar os pontos em que ocorre iluminação intrusiva e as iluminâncias alcançadas. A largura dos passeios também será considerada, pois quanto mais estreitos, mais próximas as luminárias ficam das edificações, agravando o problema em questão.

O estudo-piloto também apontou a necessidade de verificar o conflito entre vegetação e iluminação, uma vez que se considerou a presença das fontes dentro das copas das árvores, a qual representa a falta de critérios de projeto, caracterizando a desordem, um dos componentes da poluição luminosa, conforme mencionado no Capítulo 2. Por fim, incluiu-se a verificação dos materiais e da cor da pavimentação dos leitos e passeios, pois interferem na reflexão da luz em direção ao céu.

5.1.4 Refinamento das Variáveis após Estudo-Piloto

A partir dos resultados do estudo-piloto, as variáveis mencionadas foram organizadas em dois grupos. O primeiro, relacionado às características urbanas: largura, material e cor dos leitos e passeios e arborização. Já o segundo relacionado à iluminação: modelo, fotometria e temperatura de cor das luminárias, pontos de iluminação intrusiva e as respectivas iluminâncias. A seguir, apresenta-se o embasamento das variáveis adicionadas, complementando as apresentadas no estudo-piloto.

Cor e Material dos Pavimentos: a cor e o material da pavimentação dos leitos e passeios foram analisados, com um valor dado em percentual, representando o quanto da luz incidente é refletida, pois contribui para o brilho do céu e ofuscamento. O parâmetro utilizado foi uma tabela de refletâncias dada pelo Manual de Iluminação PROCEL (2011).

Arborização: foi analisado o conflito entre iluminação e arborização, por representar falta de critério de projeto e também pela possível interferência no padrão de florescimento da vegetação (*Department of Physics Florida Atlantic University, 2002*), como pode ser observado na Figura 49. Nos pontos de conflito, foram identificadas as espécies – caducifólias ou perenifólias⁴⁶, para verificar se ocorre ao longo de todo o ano.

Figura 49 – Efeitos da iluminação elétrica na vegetação.



Fonte: Department of Physics Florida Atlantic University (2002)

Fotometria: justifica-se esta análise para verificação da distribuição dos fachos e o potencial de causar brilho do céu, iluminação intrusiva e ofuscamento.

Iluminação intrusiva em edificações residenciais: a iluminação intrusiva é o componente da poluição luminosa que exerce maior influência sobre o ciclo circadiano dos indivíduos nas cidades (MARTAU, 2016), por isso seus pontos de ocorrência foram levantados. Além do mais, é um componente da poluição luminosa que pode ser verificado apenas por observação, mediante a identificação dos fachos de luz que incidam sobre as aberturas das fachadas voltadas para a via pública.

Iluminâncias nos pontos de iluminação intrusiva: a avaliação das iluminâncias nesses pontos foi essencial para verificar a extensão da questão, sendo baseada na publicação *Guidance Note Controlling Light Pollution and Reducing Lighting Energy Consumption*, do governo escocês, do ano de 2007. O limite máximo estabelecido é de 25 lux, medido no eixo (ponto central das

⁴⁶ As espécies caducifólias perdem as folhas durante o inverno ou épocas de pouca chuva, sendo um recurso natural destes vegetais para preservar a umidade durante as épocas secas. Já as espécies perenifólias não perdem as folhas durante o ano.

aberturas) das aberturas das edificações. Todas as variáveis a serem pesquisadas e suas justificativas seguem sintetizadas abaixo, nos Quadros 7 e 8.

Quadro 7 – Variáveis relacionadas aos equipamentos de iluminação

Variável	Por que avaliar?	Critério para Avaliar	Forma de Levantamento e Referencial da Literatura
Modelo de Luminária e Fotometria	O modelo de luminária e a direção dos feixes de luz têm relação direta com a poluição luminosa.	As luminárias que emitirem luz acima da linha do horizonte ou nas edificações foram consideradas agravantes para a poluição luminosa.	Levantamento: observação direta e dados fornecidos pela DIP. Referencial: IDA; IES (2011).
Temperatura de Cor da Fonte	Altas temperaturas têm relação com brilho do céu, ofuscamento, e alterações no ciclo circadiano	Temperaturas de cor acima de 3.000 K foram consideradas agravantes para a poluição luminosa.	Levantamento: observação direta e dados fornecidos pela DIP. Referencial: IDA (2011)
Ocorrência de iluminação intrusiva	É o componente da poluição luminosa que mais tem influência no ciclo circadiano.	Considerou-se a incidência de luz nas aberturas das edificações residenciais, vinda diretamente da luminárias.	Levantamento: observação direta Referencial: IDA (2011)
Iluminâncias nos pontos de iluminação intrusiva	Para avaliar a extensão da iluminação intrusiva e também a possibilidade de iluminâncias excessivas.	Foi avaliada a iluminância junto às aberturas das edificações. Recomendam-se valores menores ou iguais a 25 lux.	Levantamento: medição com Luxímetro. marca Milipa MLM-1011 Referencial: <i>Guidance Note Controlling Light Pollution and Reducing Lighting Consumption</i> (2007).

Quadro 8 – Variáveis relacionadas à configuração urbana

Variável	Por que avaliar?	Critério para avaliar	Forma de Levantamento e Referencial da Literatura
Largura dos leitos e passeios	As luminárias devem ser escolhidas de acordo com a largura dos leitos e passeios, pois a iluminação intrusiva pode ser agravada quando os equipamentos ficam muito próximos das edificações.	Analisou-se as luminárias utilizadas em leitos e passeios considerando as diferentes larguras, através de categorias: leitos até 8,00 m e leitos maiores de 8,00 m; passeios até 3,00m e maiores de 3,00m.	Levantamento: uso de trena a laser, marca BOSCH, modelo GLM 50. Referencial: ABNT (NBR 5101, 2012)
Cor e Material dos Pavimentos	Serão avaliados porque interferem no potencial de reflexão da luz.	Foi utilizada a tabela de refletâncias.	Levantamento: observação. Referencial: Manual de Iluminação PROCEL, (2011).
Arborização	O conflito entre arborização e iluminação representa falta de critério de projeto e pode influenciar o padrão de florescimento.	Foram analisadas as espécies, a folhagem e a posição das luminárias em relação às copas das árvores.	Levantamento: observação e informações da Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SMAM) Referencial: MASCARÓ (2004).

5.1.5 Procedimentos do Estudo de Campo

Para a realização do estudo piloto não foi desenvolvido um protocolo de pesquisa, pois a etapa foi conduzida com base na definição das variáveis a serem levantadas e na forma como seria feito. Entretanto, devido à inclusão de novos elementos e à importância da reprodutibilidade da pesquisa, o protocolo foi elaborado explicitando os aspectos analisados, as fontes de evidências e a forma de organização dos dados. O levantamento foi feito nos meses de maio e julho de 2017, em dois momentos: durante o dia e à noite. Toda a área da pesquisa foi percorrida, incluindo os trechos já analisados na fase do estudo-piloto, já que houve a inserção de variáveis. As etapas do trabalho seguem abaixo:

ETAPA 1:

- a. Levantamento da largura dos leitos (das vias) da área de estudo:

Fonte de evidência: medição na área de estudo com trena a laser.

Protocolo do levantamento: foi medida uma vez cada leito, considerando o valor entre os meios-fios, conforme Figura 50, sendo representados em planta baixa.

Unidade: metros (m).

Forma de organização e análise dos dados: os leitos foram identificados em planta baixa obedecendo a duas categorias: leitos até 8,00 m e leitos maiores que 8,00 m, conforme medida usada pela NBR 5101 (2012), seção 7.3, como parâmetro utilizado nos projetos de iluminação pública.

Figura 50 – Largura passeio e leito da via.



Fonte: foto da autora (2017)

- b. Levantamento dos passeios na área de estudo

Fonte de evidência: medição na área de estudo com trena de laser.

Protocolo do levantamento: foi medido com trena a laser nos dois lados de cada via, considerando o valor entre o meio-fio e os lotes, conforme Figura 50. O valor foi marcado em planta baixa.

Unidade de Medida: metros (m).

Forma de organização e análise dos dados: os passeios foram identificados em planta baixa obedecendo a categorias: passeios até 3,00 m e maiores que 3,00 m. Essa medida é dada pela NBR 5101 (2012), seção 7.4, como parâmetro para análise das iluminâncias na iluminação pública.

- c. Levantamento dos materiais e cores da pavimentação dos passeios e leitos da área de estudo

Fonte de evidência: observação na área de estudo.

Protocolo do levantamento: área de estudo foi percorrida durante o dia e registraram-se, através de fotos e em planta baixa, os diferentes materiais e cores da pavimentação.

Forma de organização e análise dos dados: registro em planta baixa e levantamento fotográfico.

ETAPA 2:

- a. Identificação e registro dos conflitos entre a arborização e a iluminação

Fonte de evidência: observação na área de estudo.

Protocolo do levantamento: foi percorrida a área de estudo durante o dia e a noite, fotografou-se e registrou-se em planta baixa as situações em que as luminárias estavam posicionadas junto às copas das árvores, conforme Figura 51.

Forma de organização e análise dos dados: registro em planta baixa e levantamento fotográfico.

Figura 51 – Conflito ente arborização e iluminação na Rua Duque de Caxias. Centro Histórico de Porto Alegre



Fonte: foto da autora (2017)

- b. Levantamento da vegetação e padrão de florescimento nos pontos de conflito

Fontes de evidências: observação na área de estudo e pesquisas na SMAM (Secretaria Municipal do Meio Ambiente).

Protocolo do levantamento: utilizando fotografias do conflito entre vegetação e iluminação, foram identificadas estas espécies com base nas informações técnicas obtidas na SMAM.

Forma de organização dos dados: levantamento fotográfico associado a registro em planta baixa.

ETAPA 3:

a. Levantamento dos modelos de luminárias:

Fontes de evidências: observação na área de estudo, obtenção de informações junto ao departamento técnico da DIP e análise de catálogos técnicos.

Protocolo do levantamento: a área de estudo foi percorrida durante o dia e à noite, fotografaram-se os diferentes modelos de luminárias e solicitaram-se informações técnicas na DIP, por meio de entrevistas. Posteriormente, foram analisados catálogos técnicos dos fabricantes.

Forma de organização e análise dos dados: os diferentes tipos de luminárias foram registrados em planta baixa e posteriormente relacionados com a ocorrência de iluminação intrusiva, a possibilidade de ofuscamento, o brilho do céu e a desordem.

b. Levantamento da temperatura de cor dos sistemas de iluminação:

Fontes de evidências: observação na área de estudo, informações obtidas junto ao departamento técnico da DIP e análise de catálogos técnicos.

Protocolo do levantamento: a partir dos modelos das luminárias encontrados, foram solicitadas informações técnicas à DIP, mediante entrevistas. Posteriormente, foram analisados os catálogos técnicos dos fabricantes.

Unidade: Kelvin (K).

Forma de organização e análise dos dados: as luminárias com diferentes temperaturas de cor foram registradas em planta baixa, por meio de legenda.

c. Levantamento das fotometrias dos sistemas de iluminação:

Fontes de evidências: observação na área de estudo, entrevistas no departamento técnico da DIP e análise de catálogos técnicos.

Protocolo do levantamento: a partir dos modelos das luminárias encontrados, foram solicitadas informações técnicas à DIP, mediante entrevistas. Posteriormente, foram analisados os catálogos técnicos dos fabricantes em busca das curvas fotométricas.

Forma de organização e análise dos dados: foram identificadas as luminárias que não apresentavam qualquer controle da direção dos feixes (não limitadas), e as que apresentavam algum controle. Registrou-se em planta baixa e relacionou-se com a ocorrência de iluminação intrusiva, a possibilidade de ofuscamento e brilho do céu.

ETAPA 4:

- a. Levantamento dos pontos em que ocorre iluminação intrusiva:

Fonte de evidência: observação direta pela pesquisadora na área de estudo.

Protocolo do levantamento: a área de estudo foi percorrida durante a noite, entre os meses de maio e julho de 2017, entre 19h e 21h, sendo marcados em planta baixa os locais em que os fachos iluminação pública incidiam nas aberturas das edificações residenciais.

Forma de organização e análise dos dados: os pontos em que ocorre iluminação intrusiva foram comparados com o tipo de luminária, fotometria e largura do passeio e leito.

- b. Levantamento das iluminâncias nos pontos em que ocorre iluminação intrusiva:

Fontes de evidências: medição na área de estudo.

Protocolo do levantamento: em alguns pontos de ocorrência de iluminação intrusiva foram medidas as iluminâncias próximas às esquadrias. Para isso, foi utilizado um suporte metálico para adaptar o luxímetro. O leitor do luxímetro foi fixado na parte superior do suporte e o visor na parte inferior, virado em direção ao solo, de modo que a pesquisadora pudesse ler os valores obtidos. A altura alcançada foi de 3,50m, conforme Figuras 52 e 53.

O equipamento utilizado foi disponibilizado pelo Labcon, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, da marca Minipa, modelo MLM 1011. Os valores encontrados foram marcados em planta baixa.

Unidade: lux.

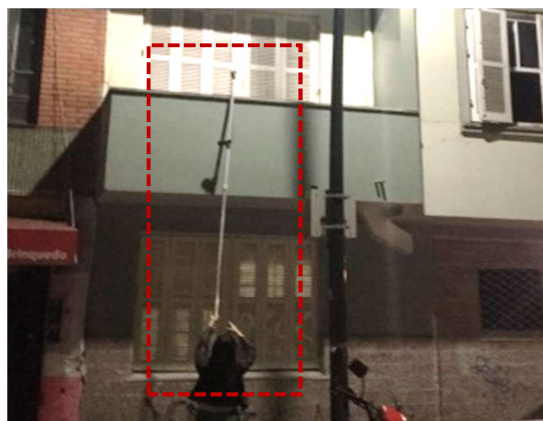
Forma de organização e análise dos dados: os valores encontrados foram registrados em planilha e comparados com o limite estabelecido pela norma *Guidance Note Controlling Light Pollution and Reducing Lighting Energy Consumption* que é de 25 lux, e posteriormente relacionados com o tipo de luminária, fotometria e largura do passeio e leito.

Figura 52 – Forma de medição da iluminação intrusiva, com luxímetro preso a suporte



Fonte: foto da autora (2017)

Figura 53 – Detalhe em vermelho do levantamento com luxímetro preso a suporte



Fonte: foto da autora (2017)

CAPÍTULO 6



Avenida Borges de Medeiros, área central de Porto Alegre

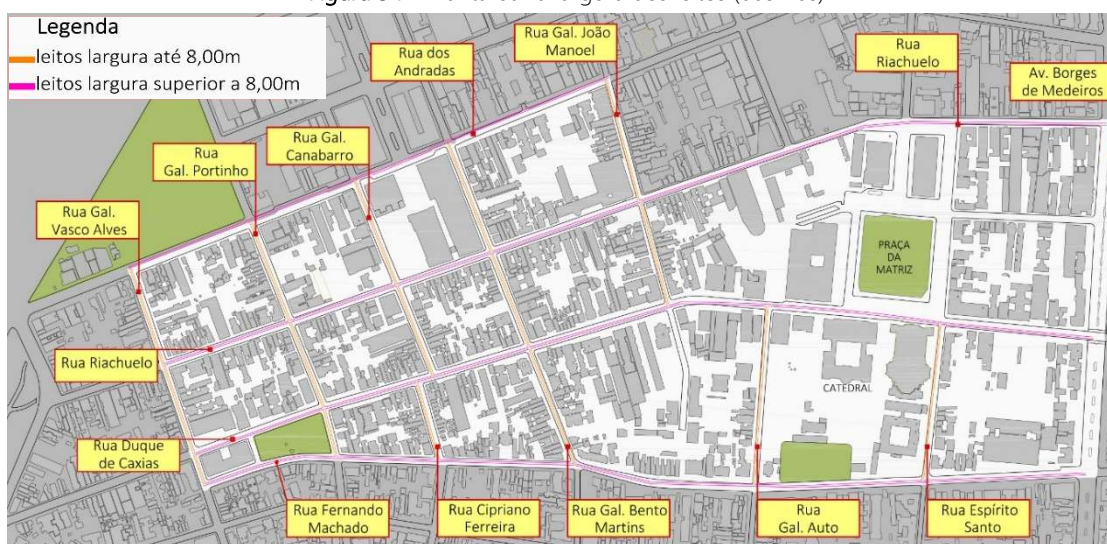
RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Resultados do Estudo de Campo

Etapa 1: Características Urbanas – dimensões, materiais e cores dos leitos e passeios

Os resultados obtidos no estudo piloto, em relação às características urbanas, foram complementados no estudo de campo. Os leitos (das vias) foram classificados em dois grupos em relação à largura: até 8,00 m e maiores de 8,00 m, pois esse intervalo é usado como referência na NBR 5101 (item 7.3) para determinar a altura de montagem das luminárias, característica essa que pode influenciar no ofuscamento e iluminação intrusiva. A partir disto, observou-se um padrão em que os leitos das vias longitudinais são mais largos que os das vias transversais (Figura 54).

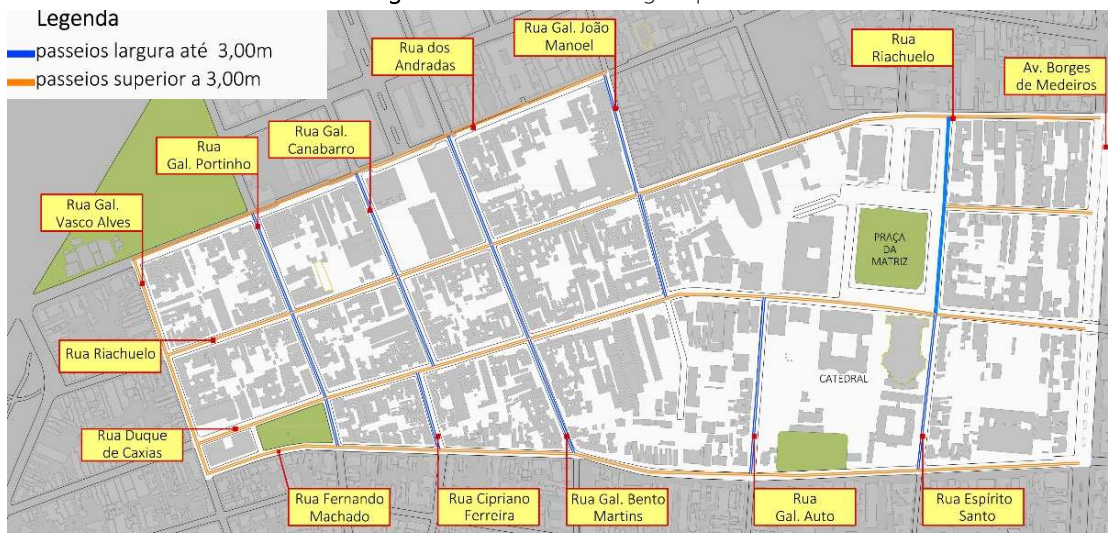
Figura 54 – Planta baixa largura dos leitos (das vias)



Fonte: autora (2017)

Já os passeios foram divididos em dois grupos: até 3,00 m e maiores de 3,00 m (Figura 55), porque esse valor corresponde ao valor dado pela NBR 5101 (item 7.4) como critério de avaliação das iluminâncias alcançadas nos projetos. Assim como em relação à largura dos leitos, os passeios nas vias longitudinais são mais largos que os passeios das transversais

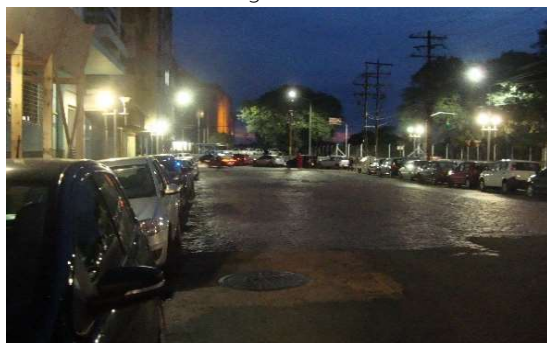
Figura 55 – Planta baixa largura passeios.



Fonte: autora (2017)

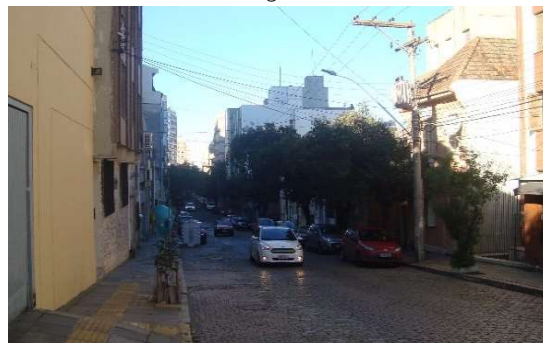
Em relação à pavimentação, observou-se que em todas as 13 vias estudadas o material utilizado era asfalto, mas na Rua dos Andradas e General Vasco Alves também havia trechos com paralelepípedo, ambos materiais com cores escuras e refletância de 10%. Já os passeios foram feitos em sua maioria de basalto, regular ou irregular, também com refletância de 10% (Figuras 56 a 59).

Figura 56 – Pavimentação da Rua dos Andradas com paralelepípedo e asfalto, passeio em basalto regular.



Fonte: foto da autora (2017)

Figura 57 – Pavimentação da Rua General Vasco Alves com paralelepípedo, passeio em basalto regular.



Fonte: foto da autora (2017)

Figura 58 - Pavimentação da Rua Duque de Caxias com asfalto.



Fonte: foto da autora (2017)

Figura 59 - Pavimentação da Rua General Bento Martins com asfalto e passeio em basalto regular.



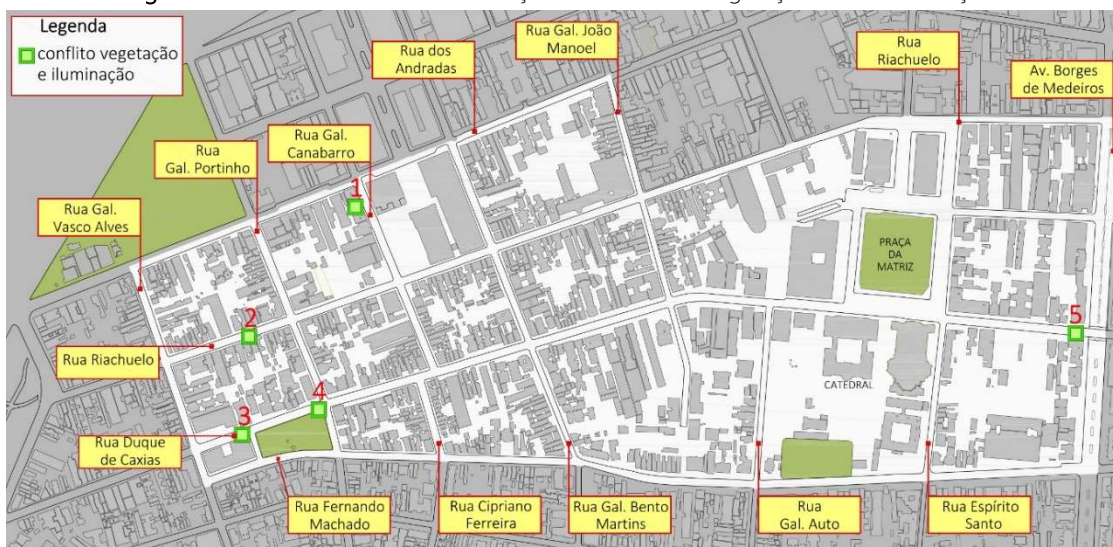
Fonte: foto da autora (2017)

Etapa 2: Vegetação e Iluminação – levantamento dos pontos de conflito e características

Foram observadas situações em que as luminárias estavam posicionadas em conflito com a copa das árvores, mas essa possibilidade existe, caso não sejam feitas podas permanentes, o que pode caracterizar a desordem, um dos componentes da poluição luminosa, conforme mencionado no Capítulo 5. As ocorrências foram registradas em planta baixa (Figura 60), e as espécies foram identificadas com o auxílio da SMAM.

Os pontos 1, 2 e 5 correspondem a *Ligustrum Lucido*, árvores perenifólias, que podem chegar a 10 m de altura. O ponto 3 e o ponto 4 correspondem, respectivamente, a uma *Painera (Ceiba Speciosa)* e uma *Acácia Angico (Parapiptadenia Rigidia)*, que são árvores caducifólias.

Figura 60 – Planta baixa com a localização do conflito da vegetação com a iluminação.



Fonte: autora (2017)

Com isso, tem-se que nos pontos 1, 2 e 5 o conflito entre vegetação e iluminação ocorre o ano inteiro, enquanto que nos pontos 3 e 4, deixam de ocorrer nas estações mais secas do ano (Figuras 61 a 65).

Figura 61 – Ponto 1, na Rua General Canabarro.



Fonte: foto da autora (2017)

Figura 62 – Ponto 2, na Rua Riachuelo



Fonte: foto da autora (2017)

Figura 63 – Ponto 3: Rua Duque de Caxias.



Fonte: foto da autora (2017)

Figura 64 – Ponto 4: Rua Duque de Caxias.



Fonte: foto da autora (2017)

Figura 65 - Ponto 5: Rua Duque de Caxias.



Fonte: foto da autora (2017)

Etapa 3: Modelos de Luminárias, Temperatura de Cor e Fotometria

Assim como em relação às características urbanas, os resultados encontrados no estudo piloto foram ratificados no estudo de campo, com a inserção de alguns modelos, com isso foram encontrados quatro tipos de equipamentos.

As luminárias de modelo 1, já apresentadas no Capítulo 5, e as de modelo 2 são históricas, com lâmpadas em vapor de sódio e temperatura de cor de 2.800 K (Figuras 66 a 69).

Figura 66 - Luminária modelo 1 durante o dia, Rua Duque de Caxias, Centro Histórico de Porto Alegre



Fonte: foto da autora (2017)

Figura 67 - Luminária modelo 1 à noite, Rua Duque de Caxias, Centro Histórico de Porto



Fonte: foto da autora (2017)

Figura 68 - Luminária modelo 2 durante o dia, Rua Duque de Caxias, Centro Histórico de Porto



Fonte: foto da autora (2017)

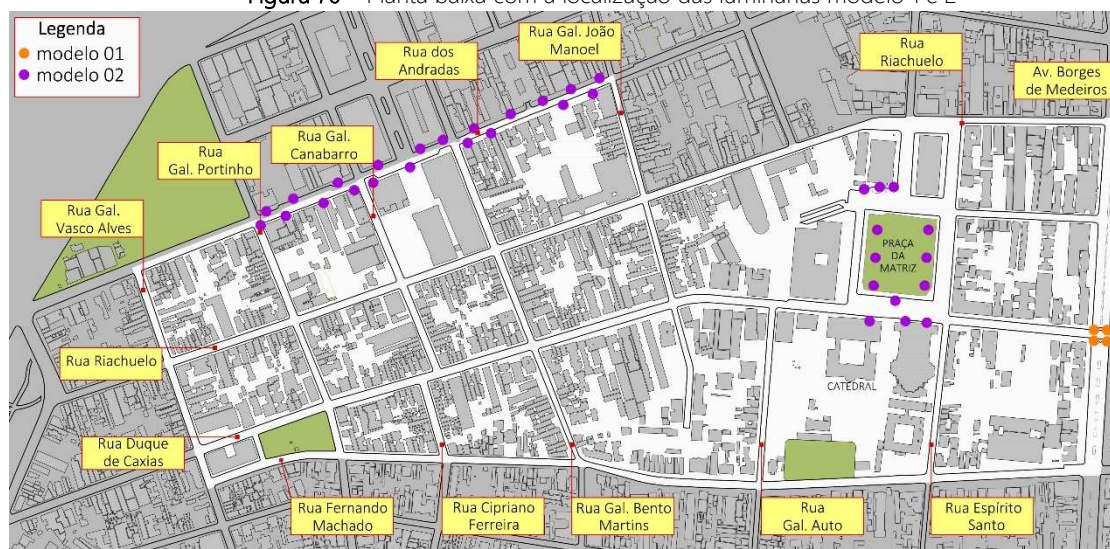
Figura 69 – Luminária modelo 2 à noite, Rua Duque de Caxias, Centro Histórico de Porto Alegre.



Fonte: foto da autora (2017)

São elementos com baixa eficiência energética, mas de valor patrimonial à cidade, estando presentes em pontos específicos da área de estudo: Rua Duque de Caxias, Praça da Matriz e Rua dos Andradas (Figura 70). A DIP não dispõe da fotometria desses modelos, mas, conforme mencionado anteriormente, é possível observar que são luminárias não-limitadas, uma vez que não há controle da direção dos feixes de luz. Devido a esta característica, são os modelos de luminárias que mais contribuem ao brilho do céu, ofuscamento e iluminação intrusiva.

Figura 70 – Planta baixa com a localização das luminárias modelo 1 e 2



Fonte: autora (2017)

As luminárias modelo 3 são de vapor metálico (Figuras 71 e 72), com temperatura de cor de 4.000K, e estão concentradas na Rua dos Andradas e nas praças da área de estudo (Figura 73). Assim como os modelos anteriores, a DIP não possui sua fotometria. Por tal motivo, foi contatado o fabricante do equipamento, a empresa Ilumet⁴⁷, que alegou não ter os dados. Mesmo assim, observa-se um fechamento na parte superior da luminária que evita parcialmente a emissão de luz para além do horizonte. Essas características demonstram que a luminária modelo 3 atenua o brilho do céu, porém acaba permitindo a ocorrência de iluminação intrusiva. Além disso, a alta temperatura de cor potencializa o ofuscamento.

Figura 71 - Luminária modelo 3 durante o dia, Rua dos Andradas, Centro Histórico de Porto Alegre.



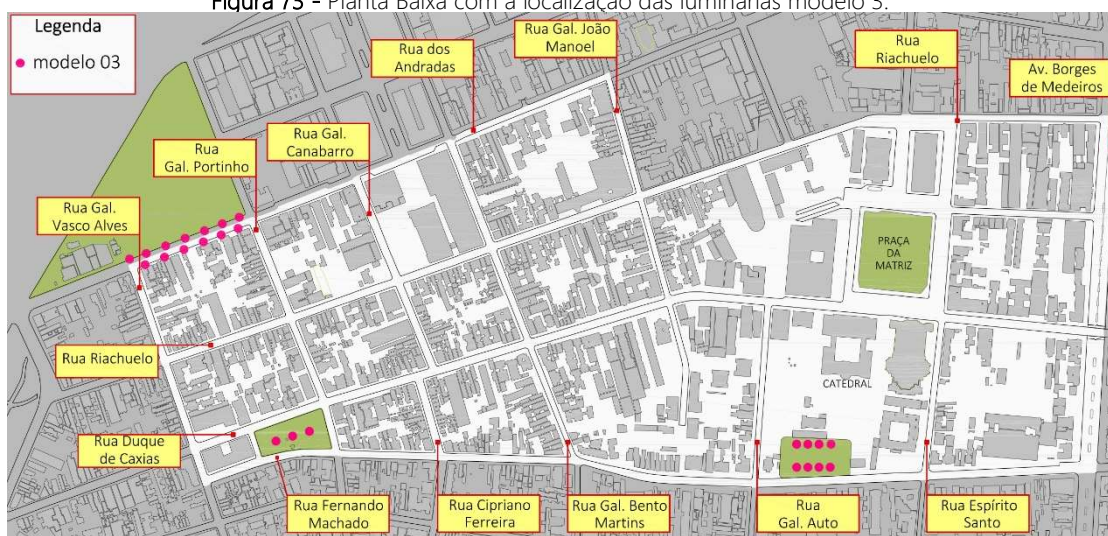
Fonte: foto da autora (2017)

Figura 72 - Luminária modelo 3 durante a noite, Rua dos Andradas, Centro Histórico de Porto Alegre.



Fonte: foto da autora (2017)

Figura 73 - Planta Baixa com a localização das luminárias modelo 3.



Fonte: autora (2017)

⁴⁷ Empresa fabricante de produtos de iluminação situada na cidade de Garibaldi – RS, cujo endereço eletrônico é <http://ilumet.com.br>.

As luminárias modelo 4 (Figuras 74 e 75) estão presentes em praticamente todas as vias da área de estudo, com exceção da Rua dos Andradas, conforme mostra a Figura 76.

Figura 74 - Luminária modelo 4, Riachuelo Centro Histórico de Porto Alegre.



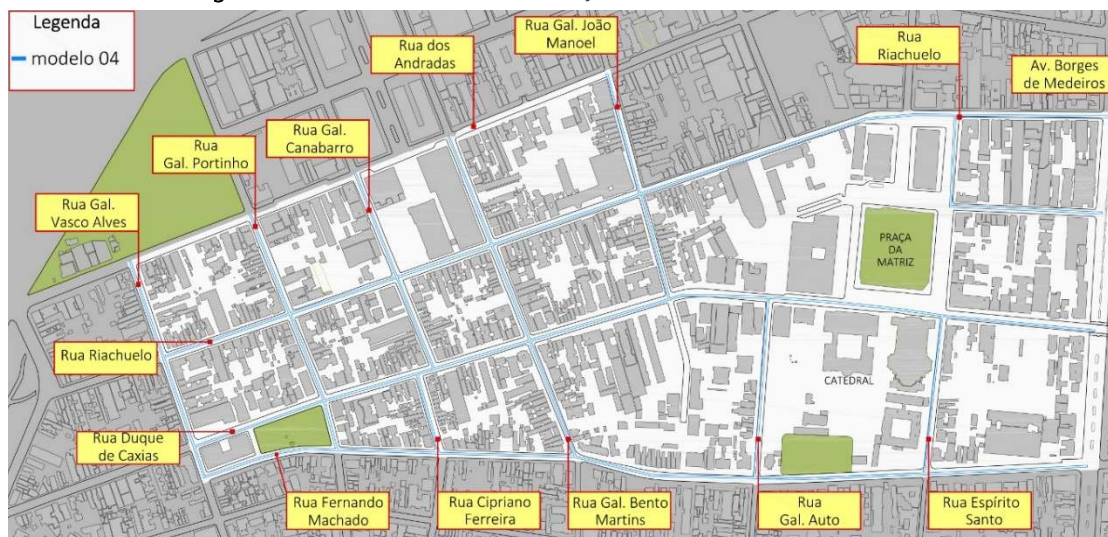
Fonte: foto da autora (2017)

Figura 75 - Luminária modelo 4, Riachuelo Centro Histórico de Porto Alegre.



Fonte: foto da autora (2017)

Figura 76 - Planta Baixa com a localização das luminárias modelo 4.



Fonte: autora (2017)

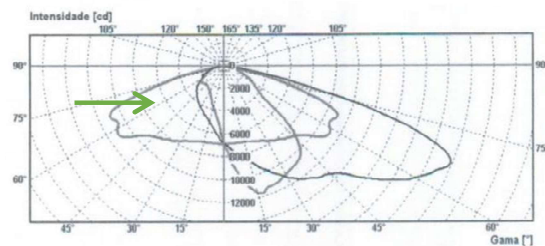
Conforme mencionado no Capítulo 5, possuem fontes LED (Figura 77) e são luminárias mais recentes, havendo controle na direção dos fechos de luz acima da linha do horizonte, evitando o brilho do céu, mas permitindo a emissão de luz para a parte posterior do equipamento, causando iluminação intrusiva. A direção dos fechos pode ser observada pela fotometria do equipamento (Figura 78) e pelas imagens registradas (Figuras 79 e 80).

Figura 77 - Detalhe da Luminária tipo 4.



Fonte: Divisão de Iluminação Pública (2017)

Figura 78 - Curva fotométrica da Luminária tipo 4. A parte em destaque mostra o fluxo luminoso emitido para a parte de trás da luminária.



Fonte: Divisão de Iluminação Pública (2017)

Figura 79 - Luminária tipo 4, a qual causa iluminação intrusiva em edificação residencial, na Rua Duque de Caxias, Centro Histórico de Porto Alegre.



Fonte: foto da autora (2017)

Figura 80 - Luminária tipo 4, a qual causa iluminação intrusiva em edificação residencial, na Rua Duque de Caxias, Centro Histórico de Porto Alegre.



Fonte: foto da autora (2017)

Conforme mencionado anteriormente, as altas temperaturas de cor – 5000K – têm relação direta com o ofuscamento, fato ratificado por reclamações que a DIP recebeu quando os equipamentos foram instalados no Centro Histórico. Não há registros formais dessas reclamações, pois foram feitas diretamente aos técnicos durante a execução do projeto⁴⁸. Na tentativa de amenizar o problema, os braços das luminárias foram encurtados, de modo que sua altura de montagem foi aumentada, medida que vai ao encontro das especificações do

⁴⁸ O engenheiro da DIP, Edson de Oliveira, relatou essa informação em entrevista no ano de 2017.

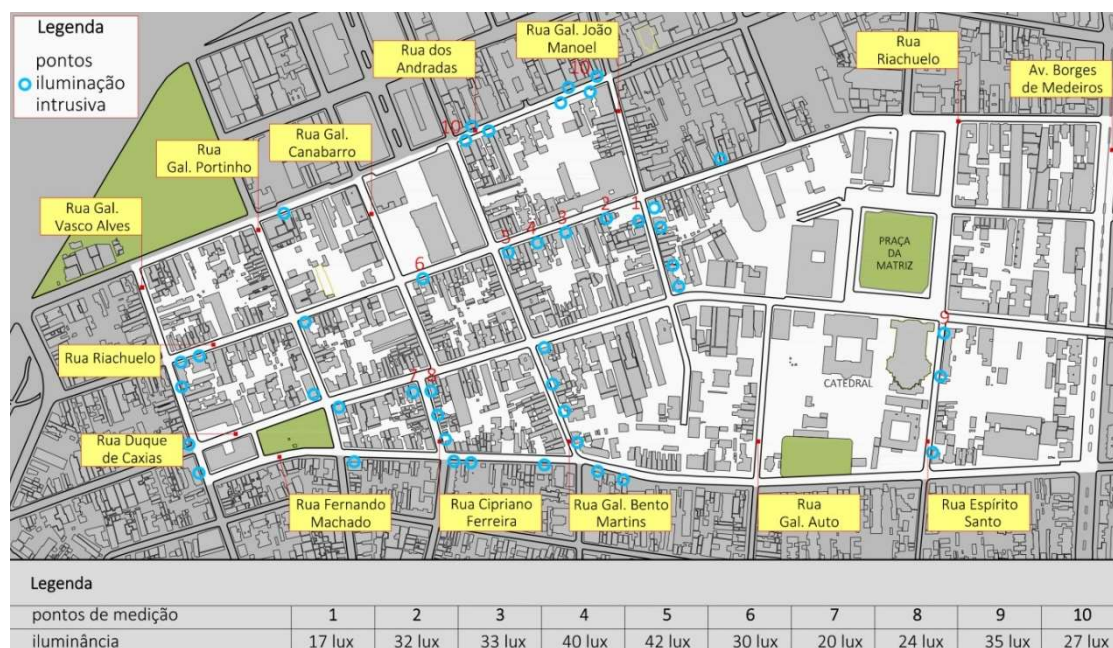
Guidance Note Controlling Light Pollution and Reducing Lighting Energy Consumption (2007) o qual indica que a altura de montagem das luminárias deve ser a maior possível para evitar o ofuscamento.

Etapa 4: Levantamento dos pontos de iluminação intrusiva e iluminâncias

As ocorrências de iluminação intrusiva em edificações residenciais foram registradas em planta baixa (Figura 82). Posteriormente, mediram-se as iluminâncias em alguns desses pontos, considerada a viabilidade do processo, pois a altura das esquadrias foi uma limitação, já que as medições foram feitas pela pesquisadora enquanto estava no passeio em frente às edificações, com o uso de um suporte metálico. Além disso, observou-se que havia um padrão da ocorrência da iluminação intrusiva ao longo das vias.

A iluminância limite para essa situação é de 25 lux, conforme indicação do *Guidance Note Controlling Light Pollution and Reducing Lighting Energy Consumption* (2007). Com isso, dos dez pontos levantados, sete apresentaram valores superiores, oscilando entre 27 e 42 lux.



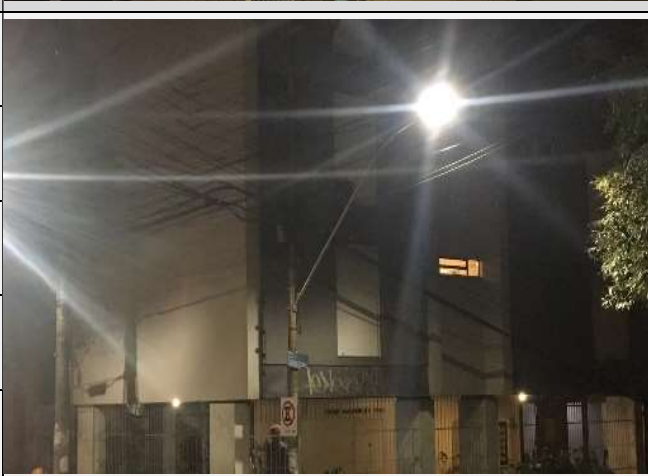
Figura 82 – Planta baixa com a localização da iluminação intrusiva.



Fonte: autor (2017)

Na sequência seguem os registros fotográficos dos pontos em que as iluminâncias estavam dentro dos limites estabelecidos pela norma, conforme mostra o Quadro 6. As luminárias são do modelo 4, de LED.

Quadro 6 – Ocorrência de iluminação intrusiva dentro do valor limite estabelecido pelo Guia.

Ponto de Medição e Características das Luminárias	Registro
Ponto de Medição: 1	
Local: Rua João Manoel	
Tipo de Luminária: Luminária em LED	
Iluminância junto à esquadria: 17 lux	
Temperatura de Cor: 5.000 K	
Ponto de Medição: 7	
Local: Rua Fernando Machado	
Tipo de Luminária: Luminária em LED	
Iluminância junto à esquadria: 20 lux	
Temperatura de Cor: 5.000 K	
Ponto de Medição: 8	
Local: Rua General Cipriano	
Tipo de Luminária: Luminária em LED	
Iluminância junto à esquadria: 24 lux	
Temperatura de Cor: 5.000 K	

Fonte: autora (2017)





Os cinco pontos de iluminação intrusiva com iluminâncias superiores ao recomendado por norma foram registrados nas imagens que seguem. As luminárias são do modelo 4, de LED, (Quadros 7 a 9), e do modelo 2, (Quadro 10), de vapor de sódio.

Quadro 7 - Ocorrência de iluminação intrusiva acima do valor limite estabelecido pelo Guia.

Ponto de Medição e Características das Luminárias	Registro
Ponto de Medição: 2	
Local: Rua Riachuelo, 809	
Tipo de Luminária: Luminária em LED	
Iluminância junto à esquadria: 32 lux	
Temperatura de Cor: 5.000 K	
Ponto de Medição: 3	
Local: Rua Riachuelo, 771	
Tipo de Luminária: Luminária em LED	
Iluminância junto à esquadria: 33 lux	
Temperatura de Cor: 5.000 K	
Ponto de Medição: 4	
Local: Rua Riachuelo, 745	
Tipo de Luminária: Luminária em LED	
Iluminância junto à esquadria: 40 lux	
Temperatura de Cor: 5.000 K	


Fonte: autora (2017)

Quadro 8 - Ocorrência de iluminação intrusiva acima do valor limite estabelecido no Guia.

Ponto de Medição e Características das Luminárias	Registro
Ponto de Medição: 4	
Local: Rua Riachuelo, 715	
Tipo de Luminária: Luminária em LED	
Iluminância junto à esquadria: 42 lux	
Temperatura de Cor: 5.000 K	
Ponto de Medição: 5	
Local: Rua Riachuelo, 621	
Tipo de Luminária: Luminária em LED	
Iluminância junto à esquadria: 42 lux	
Temperatura de Cor: 5.000 K	
Ponto de Medição: 4	
Local: Rua Riachuelo, 745	
Tipo de Luminária: Luminária em LED	
Iluminância junto à esquadria: 35 lux	
Temperatura de Cor: 5.000 K	

Fonte: autora (2017)

Quadro 9 - Ocorrência de iluminação intrusiva acima do valor limite estabelecido no Guia.

Ponto de Medição e Características das Luminárias	Registro
Ponto de Medição: 4	
Local: Rua Riachuelo, 715	
Tipo de Luminária: Luminária em LED	
Iluminância junto à esquadria: 42 lux	
Temperatura de Cor: 5.000 K	

Fonte: autora (2017)

Quadro 10 - Ocorrência de iluminação intrusiva acima do valor limite estabelecido no Guia.

Ponto de Medição e Características das Luminárias	Registro
Ponto de Medição: 10	
Local: Rua dos Andradas	
Tipo de Luminária: Luminária em LED	
Iluminância junto à esquadria: 27 lux	
Temperatura de Cor: 2.700 K	

Fonte: autora (2017)

Todas as etapas da pesquisa foram sintetizadas nos Quadros que seguem e interpretadas no texto posterior.

Local: Rua General Vasco Alves				
Registro	Luminária Fotometria e Temperatura de cor	Pontos de Iluminação Intrusiva e Iluminâncias	Leitos e Passeios: dimensões, materiais e cores	Conflito entre vegetação e iluminação
	<p>Luminárias de LED.</p> <p>Fotometria: luminárias com controle dos facho de luz acima da linha do horizonte.</p> <p>Temperatura de Cor: 5000K.</p>	<p>Pontos: 3 ocorrências. Os pontos de iluminação intrusiva não foram medidos devido à altura das edificações e também porque observou-se um padrão que se repetia em relação a esta questão.</p>	<p>Leito: asfalto e paralelepípedo, com refletância de 10% e largura acima de 8,00 m</p> <p>Passeios: basalto regular, com refletância de 10% e largura superior a 3,00 m</p>	<p>Não foi observado o conflito.</p>
Local: Rua General Portinho				
Registro	Luminária Fotometria e Temperatura de cor	Pontos de Iluminação Intrusiva e Iluminâncias	Leitos e Passeios: dimensões, materiais e cores	Conflito entre vegetação e iluminação
	<p>Luminária de LED.</p> <p>Fotometria: luminárias com controle dos facho de luz acima da linha do horizonte.</p> <p>Temperatura de Cor: 5000K.</p>	<p>Pontos: 3 ocorrências. Os pontos de iluminação intrusiva não foram medidos devido à altura das edificações e também porque observou-se um padrão que se repetia em relação a esta questão.</p>	<p>Leito: em asfalto, com refletância de 10% e largura inferior a 8,00 m.</p> <p>Passeios: basalto regular, com refletância de 10% e largura inferior a 3,00 m.</p>	<p>Não foi observado o conflito.</p>
Local: Rua General Canabarro				
Registro	Luminária Fotometria e Temperatura de cor	Pontos de Iluminação Intrusiva e Iluminâncias	Leitos e Passeios: dimensões, materiais e cores	Conflito entre vegetação e iluminação
	<p>Luminária de LED.</p> <p>Fotometria: luminárias com controle dos facho de luz acima da linha do horizonte.</p> <p>Temperatura de Cor: 5000K.</p>	<p>Pontos: 4 ocorrências. Os pontos de iluminação intrusiva não foram medidos devido à altura das edificações e também porque observou-se um padrão que se repetia em relação a esta questão.</p>	<p>Leito: em asfalto, com refletância de 10% e largura inferior a 8,00 m</p> <p>Passeios: em basalto irregular, com refletância de 10% e largura inferior a 3,00 m</p>	<p>Observou-se uma ocorrência do conflito.</p>

Local: Rua General Bento Martins				
Registro	Luminária Fotometria e Temperatura de cor	Pontos de Iluminação Intrusiva e Iluminâncias	Leitos e Passeios: dimensões, materiais e cores	Conflito entre vegetação e iluminação
	<p>Luminárias de LED.</p> <p>Fotometria: luminárias com controle dos feixes de luz acima da linha do horizonte.</p> <p>Temperatura de Cor: 5000K.</p>	<p>Pontos: 4 ocorrências. Dois pontos de iluminação intrusiva foram medidos, com valores de 20 e 24 lux.</p>	<p>Leito: em asfalto, com refletância de 10% e largura inferior a 8,00 m.</p> <p>Passeios: em basalto regular, com refletância de 10% e largura inferior a 3,00 m.</p>	<p>Não foi observado o conflito.</p>
Local: Rua General João Manoel				
Registro	Luminária Fotometria e Temperatura de cor	Pontos de Iluminação Intrusiva e Iluminâncias	Leitos e Passeios: dimensões, materiais e cores	Conflito entre vegetação e iluminação
	<p>Luminárias de LED.</p> <p>Fotometria: luminárias com controle dos feixes de luz acima da linha do horizonte.</p> <p>Temperatura de Cor: 5000K.</p>	<p>Pontos: 5 ocorrências. Um ponto de iluminação intrusiva foi medido, com valor de 17 lux.</p>	<p>Leito: em asfalto, com refletância de 10% e largura inferior a 8,00 m.</p> <p>Passeios: em basalto regular, com refletância de 10% e largura inferior a 3,00 m.</p>	<p>Não foi observado o conflito.</p>
Local: Rua Espírito Santo				
Registro	Luminária Fotometria e Temperatura de cor	Pontos de Iluminação Intrusiva e Iluminâncias	Leitos e Passeios: dimensões, materiais e cores	Conflito entre vegetação e iluminação
	<p>Luminárias de LED.</p> <p>Fotometria: luminárias com controle dos feixes de luz acima da linha do horizonte.</p> <p>Temperatura de Cor: 5000K.</p>	<p>Pontos: 3 ocorrências. Um ponto de iluminação intrusiva foi medido, com valor de 35 lux.</p>	<p>Leito: em asfalto, com refletância de 10% e largura inferior a 8,00 m.</p> <p>Passeios: em basalto regular, com refletância de 10% e largura inferior a 3,00 m.</p>	<p>Não foi observado o conflito.</p>

Local: Rua General Auto				
Registro	Luminária Fotometria e Temperatura de cor	Pontos de Iluminação Intrusiva e Iluminâncias	Leitos e Passeios: dimensões, materiais e cores	Conflito entre vegetação e iluminação
	<p>Luminárias de LED.</p> <p>Fotometria: luminárias com controle dos facho de luz acima da linha do horizonte.</p> <p>Temperatura de Cor: 5000K.</p>	<p>Pontos: 3 ocorrências. Um ponto de iluminação intrusiva foi medido, com valor de 35 lux.</p>	<p>Leito: em asfalto, com refletância de 10% e largura inferior a 8,00 m.</p> <p>Passeios: em basalto regular, com refletância de 10% e largura inferior a 3,00 m.</p>	<p>Não foi observado o conflito.</p>
Local: Rua Fernando Machado				
Registro	Luminária Fotometria e Temperatura de cor	Pontos de Iluminação Intrusiva e Iluminâncias	Leitos e Passeios: dimensões, materiais e cores	Conflito entre vegetação e iluminação
	<p>Luminárias de LED.</p> <p>Fotometria: luminárias com controle dos facho de luz acima da linha do horizonte.</p> <p>Temperatura de Cor: 5000K.</p>	<p>Pontos: 6 ocorrências. Os pontos de iluminação intrusiva não foram medidos devido à altura das edificações e também porque observou-se um padrão que se repetia em relação a esta questão.</p>	<p>Leito: em asfalto, com refletância de 10% e largura superior a 8,00 m.</p> <p>Passeios: em basalto regular, com refletância de 10% e largura superior a 3,00 m.</p>	<p>Não foi observado o conflito.</p>
Local: Rua Cipriano Ferreira				
Registro	Luminária Fotometria e Temperatura de cor	Pontos de Iluminação Intrusiva e Iluminâncias	Leitos e Passeios: dimensões, materiais e cores	Conflito entre vegetação e iluminação
	<p>Luminárias de LED.</p> <p>Fotometria: luminárias com controle dos facho de luz acima da linha do horizonte.</p> <p>Temperatura de Cor: 5000K.</p>	<p>Pontos: 5 ocorrências. Dois pontos de iluminação intrusiva foi medido, com valor de 20 lux e 24 lux.</p>	<p>Leito: em asfalto, com refletância de 10% e largura superior a 8,00 m.</p> <p>Passeios: em basalto regular, com refletância de 10% e largura superior a 3,00 m.</p>	<p>Não foi observado o conflito.</p>

Local: Rua Duque de Caxias				
Registro	Luminária Fotometria e Temperatura de cor	Pontos de Iluminação Intrusiva e Iluminâncias	Leitos e Passeios: dimensões, materiais e cores	Conflito entre vegetação e iluminação
	<p>Luminárias de LED e de Vapor de Sódio</p> <p>Fotometria: luminárias de LED com controle dos fachos, mas Vapor de Sódio sem controle.</p> <p>Temperatura de Cor: 5000K e 2700K</p>	<p>Pontos: 3 ocorrências. Um ponto de iluminação intrusiva foi medido, com valor de 33 lux.</p>	<p>Leito: em asfalto, com refletância de 10% e largura superior a 8,00 m</p> <p>Passeios: em basalto regular e irregular, com refletância de 10% e largura superior a 3,00 m</p>	<p>Observou-se duas ocorrências do conflito</p>
Local: Rua Riachuelo				
Registro	Luminária Fotometria e Temperatura de cor	Pontos de Iluminação Intrusiva e Iluminâncias	Leitos e Passeios: dimensões, materiais e cores	Conflito entre vegetação e iluminação
	<p>Luminárias de LED</p> <p>Fotometria: luminárias com controle dos fachos de luz acima da linha do horizonte</p> <p>Temperatura de Cor: 5000K</p>	<p>Pontos: 7 ocorrências. Cinco pontos de iluminação intrusiva foram medidos, com valores de: 32 lux, 33 lux, 40 lux, 42 lux e 30 lux.</p>	<p>Leito: em asfalto, com refletância de 10% e largura superior a 8,00 m</p> <p>Passeios: em basalto regular e irregular, com refletância de 10% e largura superior a 3,00 m</p>	<p>Observou-se uma ocorrência do conflito</p>
Local: Rua dos Andradas				
Registro	Luminária Fotometria e Temperatura de cor	Pontos de Iluminação Intrusiva e Iluminâncias	Leitos e Passeios: dimensões, materiais e cores	Conflito entre vegetação e iluminação
	<p>Luminárias de LED e de Vapor de Sódio</p> <p>Fotometria: luminárias de LED com controle dos fachos, mas as de Vapor de Sódio sem controle.</p> <p>Temperatura de Cor: 5000K e 2700K.</p>	<p>Pontos: 8 ocorrências. Um ponto de iluminação intrusiva foi medido, com valor de 27 lux.</p>	<p>Leito: em asfalto e paralelepípedo, com refletância de 10% e largura superior a 8,00 m.</p> <p>Passeios: em basalto regular e irregular, com refletância de 10% e largura superior a 3,00 m.</p>	<p>Não foi observado o conflito.</p>

Os resultados encontrados demonstram uma transição nos padrões de iluminação pública, em que as antigas luminárias de vapor de sódio foram substituídas por fontes de LED, com exceção dos equipamentos de valor histórico. Essa transição segue o modelo contemporâneo de utilização de fontes com alta temperatura de cor, embora essa especificação seja a que mais contribui para o brilho do céu, ofuscamento e iluminação intrusiva, conforme sustentado pela International Dark-Sky Association (2011).

Efeitos que não condizem com o ideal de sustentabilidade, que é um dos objetivos da utilização das luminárias de LED, pois a partir do momento em que não há a especificação correta, pode-se incorrer em danos ao ambiente e aos indivíduos, que são confirmados por inúmeros estudos citados ao longo deste trabalho.

A inadequação repetiu-se na forma como foram preservadas as luminárias históricas, pois não houve medidas para evitar a emissão de luz em todas as direções, o que, no caso, contribui para o brilho do céu. Embora fosse possível manter as características originais ao mesmo tempo que fosse melhorado o rendimento e controle dos facho, por meio de inserção de placas internas às luminárias, a exemplo do que foi feito em Lyon.

A especificação da iluminação deve conciliar os aspectos técnicos – temperatura de cor, fotometria, iluminâncias, entre outros – com as características do local em que está inserida. Entretanto, a análise dos modelos de luminárias, em conjunto com as características urbanas, demonstrou que a iluminação pública foi concebida de modo genérico, isto é, não considerando as características específicas das vias analisadas. Utilizando os mesmos equipamentos, independente da largura das vias e passeios, situação que pode ser considerada como desordem, um dos componentes da poluição luminosa, citado no Capítulo 2.

Dessas especificações, somente o espaçamento das luminárias teria maior implicação ao ser alterado, devido ao aproveitamento da infraestrutura de iluminação existente, entretanto, a temperatura de cor e fotometria apenas dependem da correta seleção dos componentes do sistema. É evidente que a questão na área de estudo está vinculada à iluminação pública, pois não há luminosos publicitários, holofotes, luzes decorativas, entre outras fontes de poluição.

Aponta-se como uma das razões para a mencionada uniformização, a abordagem essencialmente técnica dada à iluminação pública, voltada a atender requisitos de fluxo luminoso, iluminâncias, índice de reprodução de cores, eficiência energética, entre outros, em detrimento de aspectos compositivos, dos efeitos biológicos em humanos, animais e também os ambientais.

Baseada na interpretação das plantas baixas, acredita-se que uma das consequências dessa generalização é a maior frequência de iluminação intrusiva nos leitos (das vias) com menos de 8,00 m de largura e com passeios inferiores a 3,00 m, pois as luminárias ficam mais próximas às edificações. Devido à altura das aberturas não foi possível medir as iluminâncias em todos os pontos do problema, mas dos dez pontos medidos, sete foram superiores ao limite estabelecido pela *Guidance Note Controlling Light Pollution and Reducing Lighting Energy Consumption* (2007), o que reforça a ideia de inadequação da iluminação.

Por outro lado, a análise do conflito entre vegetação e iluminação teve um resultado diferente do esperado, pois se imaginava que haveria mais ocorrências da questão, sendo encontrados em apenas três pontos. Ainda que muitas luminárias estejam posicionadas próximas à copa das árvores, o fato de elas terem sido podadas ou de ainda estarem se desenvolvendo, faz com que a situação seja pouco frequente. Desse modo, há possibilidades de futuros conflitos, caso não seja feita a manutenção periódica.

Essa preocupação de integrar a iluminação à vegetação é recente e uma das possíveis soluções apontadas seria o uso de luminárias com altura de montagem reduzida, entretanto é preciso que se considere a possibilidade de agravar o ofuscamento (MASCARÓ, 2006).

Neste contexto, tem-se que tanto a iluminação histórica preservada quanto a iluminação recentemente instalada contribuem para todos os componentes da poluição luminosa, uma situação que contrasta com um dos objetivos do Plano Diretor de Iluminação Pública de Porto Alegre, que é o controle do fenômeno. A análise desse instrumento, feita no Capítulo 4, já evidenciava lacunas em relação à questão, que se confirmaram no estudo de campo. A correta especificação da fotometria e temperatura de cor das luminárias seria suficiente para esse controle, entretanto, essa medida não foi identificada.

Diante disso, esse cenário é agravado porque as ações referentes à infraestrutura são processos lentos e que, depois de instalados, permanecerão por anos contribuindo ou trazendo danos aos indivíduos e ao ambiente, já que a iluminação que foi substituída tinha uma média de 30 anos. Tendo em vista que os demais planos analisados no contexto nacional apresentaram estruturas semelhantes, julga-se que se a pesquisa fosse feita em outros locais, os achados seriam semelhantes. O que demonstra que, embora a iluminação pública venha sendo renovada em muitas cidades brasileiras, a Administração Municipal falha na elaboração desses instrumentos quando não aborda o controle da poluição luminosa com profundidade e permite o agravamento da questão.

CAPÍTULO 7



Área central de Porto Alegre

CONCLUSÕES

O entendimento de como a Iluminação pública da área central de Porto Alegre poderia contribuir para a poluição demonstrou que o problema resulta não apenas do emprego inadequado da iluminação elétrica, mas também de sequência de ações que levam a essa situação.

Conforme visto no capítulo anterior, a questão está relacionada fundamentalmente à iluminação pública de LED, devido às especificações impróprias de temperatura de cor, fotometria e espaçamento das luminárias. O que demonstra que a utilização de sistemas mais modernos, vistos como sustentáveis energeticamente, também pode implicar efeitos indesejados quando determinadas características são desconsideradas.

Desse modo, é questionável o quanto a modernização da iluminação pública com tal configuração é benéfica, já que, no sentido de redução da poluição luminosa, as antigas luminárias de vapor de sódio, instaladas há 30 anos, estavam mais adequadas que as recentemente utilizadas. Cenário que perdurará por décadas, uma vez que uma das características da iluminação de LED é a elevada vida útil.

A sucessão de eventos que resultaram nessa inadequação inicia com a resistência ao tema por parte dos tomadores de decisão, tendo sequência no tratamento superficial encontrado nas legislações, a ausência de órgãos de fiscalização e desconhecimento por parte da comunidade. Eventos recorrentes nas cidades brasileiras pesquisadas, em oposição ao contexto internacional analisado, em que o controle da poluição luminosa apresentou tratamento mais rigoroso.

A mencionada resistência ao tema não pode ser confundida com desconhecimento, pois as informações sobre esse existem, inclusive o objetivo de controlar a poluição luminosa consta no Plano Diretor de Iluminação Pública de Porto Alegre. Entretanto, na prática as ações são opostas, logo, considera-se esse escopo uma formalidade presente no instrumento, característica que se repetiu nos demais planos nacionais estudados.

A ideia de formalidade caracteriza a forma de conceber a iluminação pública na cidade, pois embora a DIP institua procedimentos iniciais para o desenvolvimento dos projetos, como visitas noturnas e diurnas às áreas de intervenção, análise da infraestrutura, há uma clara abstração da realidade urbana na área estudada. Fato exemplificado pela utilização das mesmas luminárias em todas as vias, independentemente de sua largura e dos passeios, mesmo que esses requisitos sejam estabelecidos por norma como critérios de projeto.

Outro aspecto da resistência ao tema é associado às práticas da gestão da iluminação pública no Brasil, voltada à eficiência energética e aspectos quantitativos. Com isso, os planos de iluminação concentram-se em medidas para reduzir gastos, alcançar padrões mínimos de iluminâncias, implantar novas tecnologias e desenvolver metodologias de cadastro, enquanto questões fundamentais, como utilizar a iluminação para qualificar o ambiente noturno e evitar a poluição luminosa, são tratadas superficialmente. Logo, a abordagem orientada para otimizar recursos suplanta a intenção de utilizar os planos diretores de iluminação como norteadores do desenvolvimento urbano.

A busca pela economicidade contrasta com um dos efeitos da poluição luminosa, que é o desperdício de recursos financeiros, pois, como citado anteriormente, o segundo maior gasto dos municípios é com iluminação pública. Por isso, acredita-se que o esclarecimento sobre a quantidade de energia desperdiçada e, conseqüentemente, de recursos perdidos, seria um aspecto fundamental para a mudança do tratamento dado ao problema. Entretanto, reconhece-se que essa situação pode apresentar resultados, mas nem por isso é ideal, pois as motivações para o controle da poluição luminosa deveriam ir além da economicidade.

Mesmo que os planos de iluminação apresentassem medidas adequadas de controle da poluição luminosa, esses só seriam eficazes se houvesse departamentos de fiscalização e penalidades aos responsáveis por eventuais descumprimentos, no entanto, nacionalmente essas questões não foram observadas.

Também é alarmante a ausência de prazos para os instrumentos serem revistos, o que implica sua obsolescência, de modo que os instrumentos falam em tecnologias de vapor metálico e de sódio, enquanto as cidades as substituem por LED. Desse modo, a aplicabilidade é reduzida, já que apresentam medidas e sistemas que estão entrando em desuso.

As questões relacionadas aos planos de iluminação nacionais são oriundas da própria forma de os conceber, pois ficou evidente que não são elaborados por equipes multidisciplinares, que deveriam ser formadas por especialistas, fabricantes e ainda serem submetidos à avaliação da comunidade, a fim de que as diferentes demandas sejam equilibradas. Assim acontece com o plano de Porto Alegre, que foi formalizado como um Decreto, com uma abordagem muito mais política do que orientadora dos procedimentos da iluminação pública.

Tendo em vista que as questões vinculadas ao problema entraram em evidência na década de 1970, é inadmissível que ainda seja tratado de modo superficial. Neste sentido, no contexto internacional observa-se uma evolução, já que o estudo das legislações demonstrou avanços em relação ao seu controle. Inicialmente as restrições eram direcionadas à manutenção do funcionamento dos observatórios astronômicos, entretanto, hoje os objetivos delas são amplos e consideram os demais componentes do fenômeno, e não apenas o brilho do céu. Em relação aos planos diretores de iluminação estudados, observou-se a mesma situação, pois a questão é abordada de modo mais amplo nos instrumentos que já passaram por processos de revisão – Lyon e Viena –, de modo que as novas demandas puderam ser incorporadas.

Ainda que determinados países estejam mais avançados em relação a esse controle, há a barreira da falta de padronização de conteúdo e de critérios dos planos diretores de iluminação, pois cada instrumento apresenta medidas diferentes, por vezes considerando somente alguns dos componentes do problema. O motivo é a inexistência de consenso do que seja um plano diretor de iluminação, de quais aspectos deveria apresentar, até que ponto poderia condicionar a iluminação pública e em qual período de tempo deveria ser revisado.

A qualidade desses instrumentos não é suficiente sem a construção da consciência coletiva sobre a questão, para que os indivíduos tenham ciência dos efeitos não-visuais da luz, havendo organizações que já trabalham com este objetivo, como IDA e IESNA. Entende-se que essa compreensão seja um objetivo complexo de ser alcançado, pois implica aceitar que a luz elétrica

inadequada também pode ser fonte de poluição. São recorrentes menções à poluição do ar, água, visual e até sonora, mas a possibilidade da luz poluir ainda é pouco explorada. O estímulo ao interesse pela astronomia pode auxiliar nesse processo, já que é uma das atividades mais prejudicadas. Além disso, o trabalho de instituições e profissionais da saúde poderia contribuir com alertas sobre os efeitos indesejados da iluminação inadequada nos indivíduos.

Entretanto, apenas dessa desejável consciência coletiva, os índices de poluição luminosa possivelmente permanecerão elevados nos curto e médio prazos, pois conforme já mencionado, as alterações relacionadas à infraestrutura são processos lentos. Além disso, muitas cidades brasileiras recentemente tiveram seus sistemas renovados, sendo o uso da tecnologia do LED em alta temperatura de cor a primeira opção, pois inicialmente havia diferenças de valores em relação aos equipamentos com temperaturas mais baixas, entretanto já existem alternativas para esta situação; mas que não são utilizadas.

Com isto, a configuração de iluminação pública que vem sendo implantada leva a crer que se a pesquisa fosse realizada em outras cidades brasileiras, os resultados seriam semelhantes. Fato alarmante, pois significa que a própria municipalidade implanta sistemas que agravam a poluição luminosa.

O uso desmedido do LED em alta temperatura de cor pode ser relacionado com a não limitação deste fator pela Norma Brasileira de Iluminação Pública, NBR 5101:2012, mesmo sendo esclarecidos os efeitos de ofuscamento, brilho do céu e iluminação intrusiva causados pela temperatura. Percebe-se a desconexão entre o conhecimento produzido mediante pesquisas, nacionais e internacionais, e a aplicação na atuação profissional.

Além disso, a norma não limita as iluminâncias máximas, apenas estabelecendo limites mínimos a serem seguidos. Situação que incita o questionamento de como uma norma de abrangência nacional, revista no ano de 2012 e elaborada por um extenso corpo técnico, não aborda tais aspectos?

Outra questão associada a essa norma é o fato de ter uma característica prescritiva, em que são descritos uma série de procedimentos a serem seguidos, mas os resultados a que se chegam com esses procedimentos não são considerados plenamente, faltando uma forma de avaliar o desempenho dos sistemas.

Os fabricantes dos sistemas de iluminação exercem um papel fundamental, pois a legislação adequada e a disseminação dos conhecimentos não têm aplicabilidade se não houver produtos adequados disponíveis. Mesmo que já existam tecnologias com desempenhos satisfatórios em relação à poluição luminosa, sugere-se a busca pela melhoria contínua dos sistemas.

Um dos aspectos a ser contemplado seria uma possível classificação do quanto as luminárias públicas contribuem para o problema, a exemplo do que acontece com os selos do consumo de energia dos equipamentos eletrônicos. Isto é, uma certificação do quão poluente determinado sistema seria. Logo, a escolha por determinados equipamentos seria mais consciente e não apenas o resultado do atendimento de requisitos estabelecidos pelas prefeituras nos processos de compras.

Ao considerar tais aspectos, o estudo realizado permitiu uma análise ampla da ocorrência da poluição luminosa, considerando pontos que vão além das questões técnicas, evidenciando as causas anteriores à inadequação dos projetos e equipamentos: a não incorporação do conhecimento que se tem a respeito do tema nos projetos, as iniciativas unilaterais e que não têm a participação de diferentes setores – comunidade, fabricantes e administração –, as lacunas legais e as questões relacionadas a procedimentos de implementação.

A complexidade do fenômeno faz com que a pesquisa não se esgote com os resultados obtidos, pois a continuidade do trabalho possibilitaria responder a outras questões derivadas deste estudo: Como ocorre a poluição luminosa no local de estudo, considerando a iluminação privada? Qual a extensão de seus efeitos? E, principalmente, quais estratégias permitiriam a reversão desse fenômeno que é crescente em Porto Alegre?

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. G. Uso da Tecnologia de Estado Sólido (LEDs) na Iluminação Pública. In: **2º Seminário de Eficiência Energética na Iluminação Pública**, 2,, 2005, Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <<http://www.sef.usp.br>>. Acesso em: 7 set. 2017.
- APARECIDA DE GOIÂNIA. Prefeitura Municipal. **Projeto básico de implantação de PPP de iluminação pública**. Aparecida de Goiânia, 2016. Disponível em: <http://www.aparecida.go.gov.br/documentos/consultapublicapppp/K_EDITAL%20-%20ANEXO%20IX.pdf>. Acesso em: 8 nov. 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5101: Iluminação Pública**. Rio de Janeiro, 2012.
- BANCO MUNDIAL. **Iluminando Cidades Brasileiras**. Modelos de negócio para Eficiência Energética em Iluminação Pública. Washington, 2016. Disponível em: <http://wbg-eficienciaip.com.br/pdfs/1613639_EE_Lighting_Portuguese_Web.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2017.
- BARBACENA. Prefeitura Municipal. **Prefeitura anuncia três grandes obras de iluminação**. Barbacena, 2012. Disponível em: <<http://www.barbacena.mg.gov.br/2/noticias/?id=5358>>. Acesso em: 13 ago. 2017.
- BARBACENA. Prefeitura Municipal. **Plano de Iluminação Pública de Barbacena**. Barbacena, 2015. Disponível em: <http://barbacena.mg.gov.br/download/PDIP_Barbacena_06_08_2015.pdf>. Acesso em: 23 out. 2016.
- BASSO, R. L. R. **Plano Diretor de Iluminação Urbana do Centro Histórico de São Paulo: uma nova ambiência e atmosfera para os calçadões**. 2008. 215 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2008. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-26112010-150644/publico/Dissertacao_final.pdf>. Acesso em: 4 abr. 2017.
- BERNARDO, L. M. **Histórias da luz e das cores**. Porto: Editora da Universidade do Porto, 2005.
- BIBLIOTECA NACIONAL DEL CONGRESO DE CHILE. **Decreto 686**. [S.I.], 1999. Disponível em: <<https://www.leychile.cl/N?i=139923&f=2014-05-03&p>>. Acesso em 11 de jun. 2017.
- BOYCE, P. **Human factors in lighting**. 2. ed. New York: Taylor & Francis Group, 2003.
- BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Institui o Estatuto das Cidades. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 138, n. 1, p. 1-5, 10 jul. 2001.
- BRYSON, Bill. **Em casa: Uma breve história da vida doméstica**. [S.I.]: Editora Companhia das Letras, 2011.

CATALUNHA. Ordenación Ambiental del Alumbrado para la Protección del Medio Nocturno, 2001. Disponível em: <www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2001-11962>. Acesso em 20 fev. 2017.

CENTRO HISTÓRICO DE PORTO ALEGRE. In: GOOGLE MAPS, 2016. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps>>. Acesso em: 10 out. 2016.

CHANEY, W. Does Night Lighting Harm Trees? **Forestry and Natural Resources Indiana**, v.17, 2002. Disponível em: <<http://physics.fau.edu/observatory/lightpol-Plants.html>>. Acesso em 30 jan. 2017

CINZANO, P.; FALCHI, F. Quantifying light pollution. **Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer**, [S.l.], v. 139, p. 13-20, 2014.

CINZANO, P.; FALCHI, F.; ELVIDGE, C. The first world atlas of the artificial night sky brightness. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, [S.l.], v. 328, n. 3, p. 689-707, 2001.

CLARKE, T. Day one for light pollution law. **Nature**. [S.l.]: 2002. Disponível em: <<http://www.nature.com/news/2002/020531/full/news020527-14.html>>. Acesso em 5 set. 2016.

COSTA, G. J. C. **Iluminação econômica: cálculo e avaliação**. 3. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2006.

COTA, D. N. França ataca a poluição luminosa: o sorriso das estrelas. **Mais Energia Mais Vida**. [S.l.], 2013. Disponível em: <<http://maisenegriamaisvida.blogspot.com.br/2013/03/franca-ataca-poluicao-luminosa-o.html>>. Acesso em: 28 jan. 2017.

CROUZET, F. Lyon Festival of Lights: how it all began. **This is Lyon**, Lyon: 2016. Disponível em: <<https://thisislyon.fr/things-to-do/festivals/lyon-festival-of-lights-2016/how-it-all-began/>>. Acesso em: 09 jul. 2017

CURITIBA. Prefeitura Municipal. **Plano de Iluminação Pública de Curitiba**. Curitiba, 2011. Disponível em: <<http://www.ippuc.org.br/mostrarpagina.php?pagina=313&idioma=1&liar=n%E3o>>. Acesso em 24 de jan. 2017.

DEPARTMENT OF PHYSICS FLORIDA ATLANTIC UNIVERSITY. **Light Pollution Harms Plants in the Environment**, Florida, 2002. Disponível em: <<http://physics.fau.edu/observatory/lightpol-Plants.html>>. Acesso em: 18 mar. 2016.

FREEMAN L. The most magical job in Britain: Enchanting story of our last gas street lights, and the five men who keep them burning just as they did in Dickens' day. **Daily Mail**, nov. 2014. Disponível em: <<http://www.dailymail.co.uk/news/article-2848038/The-magical-job-Britain-Enchanting-story-gas-street-lights-five-men-burning-just-did-Dickens-day.html>>. Acesso em 24 de mar. 2017.

DARK SKY FINDER. **Light Pollution Maps**, 2016. Disponível em: <<http://www.lightpollutionmap.info/>>. Acesso em: 26 jul. 2016.

DARK SKY RANGERS. **Concurso Desenho DSR**. Disponível em: <<http://dsr.nuclio.pt/concursos/concurso-desenho-dsr/>>. Acesso em: 27 jan. 2016.

DAVIES, K. Lights out – France to force shops and offices to go dark overnight. **The Guardian**, Londres, 2013. Acesso em 27 de fev. 2017. Disponível em:<https://www.theguardian.com/world/2013/jan/30/lights-out-france-shops-offices>

DEL-NEGRO, D.; MANSFIELD, K. Urban Lighting Master Plans: Environmental and Sustainable Guidelines. **The International Journal of Environmental Sustainability**. [S.l.], v.9, n.4, p. 49-59, 2014.

DEPARTAMENTO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA. **Plano Diretor de Iluminação Pública de Porto Alegre**, Porto Alegre, 2009. Disponível em: <<http://dopaonlineupload.procempa.com.br>>. Acesso em: 2 set. 2015.

DERZE, F. **Cidade à noite: iluminação artificial e modernidade**. 2014, 360 f. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade de Brasília, Brasília, 2014. Disponível em: < https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/16758/1/2014_FarleyDerze.pdf>. Acesso em 12 out. 2015

DOMICIANO, H. Prefeitura abre processo licitatório de R\$ 14 mi para iluminação pública **Diário Grande do ABC**, [S.l.], 2017. Disponível em: <<http://www.dgabc.com.br/Noticia/2670468/prefeitura-abre-processo-licitatorio-de-r-14-mi-para-iluminacao-publica>>. Acesso em 13 de ago. 2017.

ELETROBRÁS. **Manual de Iluminação Procel**, Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/MANUAL%20DE%20LUMINACAO%20-%20PROCEL_EPP%20-AGOSTO%202011.pdf. Acesso em 05 jul. 2017

ELLIOT, G. **Lighting London's Street: A short history**, [S.l.], 2014. Disponível em: <<http://graceelliott-author.blogspot.com.br/2014/09/lighting-londons-street-short-history.html>>. Acesso em 10 fev.2017.

ELSAHRAGTY, M.; KIM, J. International Conference on Sustainable Design, Engineering and Construction: Assessment and Strategies to Reduce Light Pollution Using Geographic Information Systems. **Procedia Engineering**, [S.l.]: v. 118, p. 479-488, 2015. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187770581502113X>>. Acesso em: Acesso em: 20 fev.2016.

ESTRELLA, A.; CORDEIRO, M. **Introdução à história da iluminação a gás**, [S.l.], 2007. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/doc/3960437/Introducao-a-Historia-da-Ilumacao-a-Gas>>. Acesso em: 7 out. 2016.

FALCHI, F. Bringing back the night: the fight against light pollution. **The Guardian**, Londres, 2013. Disponível em: <<https://www.theguardian.com/environment/2013/aug/22/night-fight-light-pollution>>. Acesso em: 01 de jun. 2017.

FALCHI, F. What rising light pollution means for your health? **BBC**, [S.I.], 2016 Disponível em: <<http://www.bbc.com/future/story/20160617-what-rising-light-pollution-means-for-our-health>>. Acesso em 18 de ago. 2017.

FALCHI, F. *et al.* The new world atlas of artificial night sky brightness. **Science Advances**, [S.I.], v.2, n.6, p. 1-25, 2016. Disponível em: <http://advances.sciencemag.org/content/2/6/e1600377/tab-pdf>. Acesso em: 10 mar. 2017.

FERNANDES, G.; COELHO, M. O impacto da poluição luminosa. **Revista Especial Scientific American**, [S.I.], v.3, n.3, p. 42-47, 2010. Disponível em: < http://www.amda.org.br/Artigo_01.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2015

FERREIRA, L. B.; TORRECILHA, N.; MACHADO, S. H. S. A técnica de observação em estudos de administração. **Encontro Nacional dos Programas de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração**, v. 36, 2012.

FERREIRA, M. M. **A evolução da iluminação na cidade do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Light: Sinergia, 2009.

FILLIPI, L. Instalação irregular de postes 'apaga' estrelas do céu de Campinas. **Globo**, [S.I.], 2012. Disponível em: < <http://g1.globo.com/sp/campinas-regiao/noticia/2012/07/postes-de-luz-irregulares-atrapalham-observacao-de-estrelas-em-campinas.html>>. Acesso em 25 de julho de 2017.

FINCHER, W.; BODUCH, M. **Standards of human comfort: relative and absolute**. Texas, 2009. Disponível em: <https://soa.utexas.edu/sites/default/disk/preliminary/preliminary/1-Boduch_Fincher-Standards_of_Human_Comfort.pdf>. Acesso em: 5 de out. 2016.

FRANCO, S. C. **Porto Alegre ano a ano: uma cronologia histórica 1732/1950**. Porto Alegre: Suliane Editora: 2012.

GABEL, P. 9/11 Tribute in Light: A behind-the-scenes look at how the Sept. 11. **Daily News**, [S.I.], 11 set. 2014. Disponível em: <<http://www.nydailynews.com/new-york/9-11-video-behind-scenes-september-11th-tribute-light-rehearsal-article-1.1936161>>. Acesso em: 5 de set. 2017

GARGAGLIONI, S. R. **Legislação Poluição Luminosa** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <rachel.adolpho@gmail.com> em 27 de jan. de 2017.

GARGAGLIONI, S. R.; DUPAS, F.; ARDILA, R. Previsão dos Impactos Causados por Poluição Luminosa com Ênfase nos Sítios de Observação Astronômica e Síntese da Proposta de Legislação Nacional. **Holos Environment**, Rio Claro, v. 12, n. 1, p. 27-40, 2012.

GARGAGLIONI, S. **Análise legal dos impactos provocados pela poluição luminosa do ambiente**, 2007. 118f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2007. Disponível em: <<https://saturno.unifei.edu.br/bim/0032988.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2015.

GASTON K.; VISSER M.; HOLKER, F. The biological impacts of artificial light at night: the research challenge. **Philosophical Transactions B**, [S.l.], v. 310, 2015. Disponível em: <<http://rstb.royalsocietypublishing.org>>. Acesso em: 30 set. 2015.

GIANELLI, B. *et al.* **O emprego de tecnologia LED na iluminação pública: seus impactos na qualidade de energia e no meio ambiente**. Guaratinguetá: UNESP, 2009. Disponível em: <https://www.unimep.br/phpg/bibdig/pdfs/docs/19052014_182700_silviocampos.pdf>. Acesso em: 08 jan. 2016

GODOY, P.; CANDURA P. Iluminação Urbana. **O Setor Elétrico**, São Paulo, v. 116, set. 2015. Disponível em: <http://www.osetoreletrico.com.br/web/documentos/fasciculos/ed-116_Fasciculo_Cap-IX-Iluminacao-publica-e-urbana.pdf>. Acesso em: 08 mar. 2017

GRONFIER, C.; WRIGHT, K. P.; KRONAUER, R. E.; CZEISLER, C. A. Entrainment of the human circadian pacemaker to longer-than-24h days. **Neuroscience**, [S.l.], v. 104, n. 21, p. 9081- 9086, maio 2007. Disponível em: <<http://www.pnsa.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0702835104>>. Acesso em: 25 jan. 2016.

HAIM, A.; ZUBIDAT, A.E. Artificial light at night: melatonin as a mediator between the environment and epigenome. **The Royal Society**, [S.l.], v. 370, n. 1667, p. 201-221, 2015. Disponível em : <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4375362/>>. Acesso em: 05 jun. 2017.

HALLIDAY D.; RESNICK R.; WALKER J. **Fundamentos de Física: mecânica**. v.1, n.9, [S.l.]:LTC, 2009.

HAN, P., *et al.* Monitoring trends in light pollution in China based on nighttime satellite imagery. **Remote Sensing**, v. 6, n. 6, p. 5541-5558, 2014. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2072-4292/6/6/5541/htm>>. Acesso em maio 2017.

HARB, F.; HIDALGO, M. P.; MARTAU, B. Lack of exposure to natural light in the workspace is associated with physiological, sleep and depressive symptoms. **Chronobiology International**, [S.l.], v. 32, p.368-375, 2015. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25424517>>. Acesso em: 15 fev. 2016.

HEILIG, P. Light Pollution. **Spektrum Augenheilkd**, Áustria, v. 5, p. 267-270, 2010. Disponível em: < <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00717-010-0440-8>>. Acesso em 27 jun. 2016.

HITTI, M. Night Shift Work May Cause Cancer. **WebMD**, [S.l.], 2007. Disponível em: <http://www.webmd.com/cancer/news/20071130/night_shift-work-may-cause-cancer>. Acesso em: 26 mai. 2016.

HONG, H. **Design basis to quality urban lighting masterplan**, 2007. 243 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – School of Design and Environment National University of Singapore, Singapura, 2007. Disponível em:<<http://scholarbank.nus.sg/bitstream>

/10635/16167/1/Design%20Basis%20to%20Quality%20Urban%20Lighting%20Masterplan.pdf>. Acesso em: 25 de abril 2017.

ILLINOIS LIGHTING INSTITUTE. **Lighth**, [S.l.], 2011. Disponível em: <<http://www.illinoislighting.org/links.html>>. Acesso em: 20 set. 2017

ILLUMET. **Produtos** [S.l.], 2017. Disponível em: <<http://ilumet.com.br/site/>>. Acesso em 02 março 2017.

INDEPENDENT. Milky Way no longer perceptible from 89% of Malta because of light pollution. **Independent**, [S.l.], 18 jun. 2016 Disponível em: <http://www.independent.com.mt/articles/2016-06-18/local-news/Milky-Way-no-longer-perceptible-from-89-of-Malta-because-of-light-pollution-6736159220>>. Acesso em: 02 nov. 2016.

INTERNACIONAL DARK-SKY ASSOCIATION. **Model Lighting Ordinance (MLO) with User's Guide**, [S.l.], Second Public Review, 2011. Disponível em: <<http://darksky.org/lighting/lighting-ordinances/>>. Acesso em: 25 out. 2016

INTERNATIONAL DARK-SKY ASSOCIATION. **Fighting light pollution: smart lighting solutions for individuals and communities**, Mechanicsburg: Stackpole Books, 2012.

JUNQUEIRA M.; YUNES G. A iluminação artificial como elemento estruturador da paisagem urbana contemporânea. In: Seminário de Investigação em Urbanismo, 7., 2015, Barcelona. **Anais Eletrônicos**, Barcelona: Universitat Politècnica da Catalunya, 2015. Disponível em: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/81307/99MVD_JunqueiraMariana_YunesGilberto.pdf?sequence=1&iAllowed=y>. Acesso em: 02 abril. 2017.

KATZ, Y.; LEVIN, N. Quantifying urban light pollution – A comparison between field measurements and EROS-B imagery. **Remote Sensing of Environment**, v. 177, p. 65-77, 2016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425716300451>>. Acesso em: 04 fev. 2017.

LAGANIER, V. **Mundo Arc**. [S.l.], n. 23, p. 28-30, mar. 2005. Disponível em: <<https://www.mondiale.co.uk/mondoarc>>. Acesso em: 28 jun. 2016.

LIGHT. **História da Light**, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <<http://www.light.com.br/grupo-light/Quem-Somos/historia-da-light.aspx>, 2012>. Acesso em: 31 mar. 2016.

LIGHT POLLUTION MAP. **Light Pollution Map Porto Alegre**, [S.l.], 2011. Disponível em: <<http://www.lightpollutionmap.info/>>. Acesso em: 8 nov. 2016

LIN, R. A desert plea: Let there be darkness. **Los Angeles Times**, Los Angeles, 2011. Disponível em: <http://articles.latimes.com/2011/jan/04/local/la-me-light-pollution-20110104/2>. Acesso em: 29 de maio 2017.

LION. **Le nouveau Plan Lumière**. Lyon, 2007. Disponível em: <<http://www.lyon.fr/page/projets-urbains/plan-lumiere.html>>. Acesso em: 25 nov. 2016

LONGCORE, T.; RICH, C. Ecological light pollution. **Frontiers in Ecology and the Environment**. Califórnia, v. 2, n. 4, p. 191-198, 2004. Disponível em: <[http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/1540-295\(2004\)002\[0191:ELP\]2.0.CO;2/abstract](http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/1540-295(2004)002[0191:ELP]2.0.CO;2/abstract)>. Acesso em: Acesso em: 21 set. 2016

LUCI. Lighting Master Plans. **Cities and Lighting**. Lyon, 2015, v.3 p.12-15. Disponível em: <<http://www.luciasociation.org/magazine/Cities-Lighting-003/>>. Acesso em: 14 nov. 2016

LYNCH, K. **A imagem da cidade**. Tradução Jefferson Luiz Camargo. 3.Ed. São Paulo: Martins Fontes, 2011.

MAGANHIN, C. Efeitos da melatonina no sistema genital feminino: breve revisão. **Revista Associação Médica Brasileira**, São Paulo, v. 54, n. 3, p. 267-71, 2008. <http://www.scielo.br/pdf/ramb/v54n3/a22v54n3.pdf>. Acesso em: 8 out. 2017

MARTAU, B.T. A luz além da visão. **Revista Lume Arquitetura**, São Paulo, v. 38, p.62-68, jun/jul, 2009. Disponível em: http://www.lumearquitetura.com.br/pdf/ed38/ed_38%20AT%20lumina%C3%A7%C3%A3o%20e%20Sa%C3%BAde.pdf. Acesso em: jun. 2015.

MARTAU, B.T. O conceito da luz circadiana e suas implicações na arquitetura. In: **Anais da 67ª Reunião Anual da SBPC**, São Paulo, 2015. Disponível em: <http://www.sbpnet.org.br/livro/67ra/PDFs/arq_3954_1900.pdf>. Acesso em: 3 mar. 2016.

MARTINS, I. Plano Diretor de Iluminação de Curitiba. **Schreder**, Curitiba, fev. 2012. Disponível em: <<http://www.schreder.com/pt-br/escoladeiluminacao/dossie/planodiretordeiluminacaodecuritiba>>. Acesso em: 28 ago. 2017

MASCARÓ, L. **Iluminação Pública**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.

MASCARÓ, Lucia. **A iluminação do espaço urbano**. Porto Alegre: Masquatro Editora, 2006.

MEIER, J.; HASENÖHRL, U.; KRAUSE, K.; POTTHARST, M. **Urban lighting, light pollution and society**. Nova Iorque: Routledge, 2015.

MIGUEZ C. J. Em busca da qualidade na iluminação urbana. **Revista Lume Arquitetura**. São Paulo. n. 17, ed. 23, 2006. Disponível em: <http://www.lume.com.br/pdf/ed23/ed_23_ilum_urb.pdf>. Acesso em 10 mar. de 2017.

MOHSHER, D. Help Make Better Map of Global Light Pollution. **Wired**. Califórnia, 2011. Disponível em: <<https://www.wired.com/2011/03/light-pollution-map/>>. Acesso em 20 jul. de 2017.

MONTENEGRO, A, *et al.* Avaliação Lumínica e Instituições Asilares para Idosos. In: Encontro Nacional do Ambiente Construído, 13., 2010, Canela. **Anais eletrônicos**. Canela: 2010.

Disponível em: <http://docplayer.com.br/19103371-Avaliacao-luminica-em-instituicoes-asilares-para-idosos.html>. Acesso em 10 out. de 2016.

NARISADA, K.; SCHREUDER, D. **Light Pollution Handbook**. Series: Astrophysics and Space Science Library, Vol. 322, Hardcover Ed., Dordrecht , Holanda, 2004.

NETO, J. A. S; CASTRO, B. F. Melatonina, ritmos biológicos e sono-uma revisão da literatura. **Revista Brasileira Neurologia**, v. 44, n. 1, p. 5-11, 2008.

NASA. **Night Lights**, 2016: Disponível em: <www.blue-marble.de/nightlights>. Acesso em: 30 ago. 2016.

NITERÓI. Prefeitura lança programa "Mais Iluminação" em Niterói. **Guia de Niterói**. Niterói, 2013. Disponível em: <<http://www.guiadeniteroi.com/prefeitura-lanca-programa-mais-iluminacao-em-niteroi>>. Acesso em: 7 jul. 2017.

OLSEN, R. N.; GALLAWAY, T.; MITCHELL, D. Modelling US light pollution. **Journal of Environmental Planning and Management**, v. 57, n. 6, p. 883-903, 2014.

OWES, S. Flagstaff: The World's First Dark Sky City. **Dark Saky Diary**. [S.l.], 2011. Disponível em: <<https://darkskydiary.wordpress.com/2011/10/02/flagstaff-the-worlds-first-dark-sky-city/>> Acesso em 09 de jun. 2017.

PAINTER, K.; FARRINGTON, D. P. Street lighting and crime: diffusion of benefits in the Stoke-on-Trent project. **Surveillance of public space: CCTV, street lighting and crime prevention**. p. 77-122, 1999.

PASSO FUNDO. Prefeitura Municipal. **Cidade Mais Luz**. Passo Fundo, 2014. Disponível em: <<http://www.pmpf.rs.gov.br/secao.php?t=11&p=153>>. Acesso em 19 out. 2016.

PAZ, F.; CASTRO, F. La Ley que protege el cielo de Canarias cumple su veinticinco aniversario. **Revista Luces**. n. 50, 2013. Disponível em: <https://issuu.com/e-publicacion/docs/original_revista_cei50b>. Acesso em 17 jul. 2017.

POLTOSI, J. R. Plano Diretor de Iluminação Urbana. **Revista Arqutextos**, v. 10, n. 118.13, 2010. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arqutextos/10.118/3374>>. Acesso em 25 nov. 2016.

REVISTA LUME ARQUITETURA. Primeira na implantação da Gestão Completa de iluminação urbana. **Revista Lume Arquitetura**, São Paulo, n. 15, p. 27 -30, 2005. Disponível em: <<https://www.lumearquitetura.com.br/lume/default.aspx?mn=943&c=0&s=243&friendly=edicao-15>>. Acesso em: 3 de maio 2017.

PORTO ALEGRE. Prefeitura Municipal. **Parcão ficará quatro vezes mais iluminado com novos investimentos**. Porto Alegre, mar. 2015. Disponível em: http://proweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/portal_pmpa_cidade/default.php?p_noticia=176218. Acesso em: 12 abr.2017.

PORTO ALEGRE. Prefeitura Municipal. **Plano diretor de iluminação pública da cidade de Porto Alegre**. Porto Alegre, 2011. Disponível em: <<http://www2.portoalegre.rs.gov.br>>. Acesso em: 23 jul. 2016.

PORTO ALEGRE. Prefeitura Municipal. **Porto Alegre + Luz**. Porto Alegre, 2010. Disponível em: <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/smov/default.php?p_secao=122>. Acesso em: 09 abr.2017.

RABAZA, O. *et al.* A new method of measuring and monitoring light pollution in the night sky. **Lighting Researching and Technology**, [S.l.], 2014; v. 46, p. 5–19, 2014. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1477153513510235>. Acesso em: 2 jul. 2016.

RAHAIM, N. Monterey County Now. **Monterey County Weekly**. Montenegro, jan. 2017. Disponível em: http://www.montereycountyweekly.com/blogs/news_blog/city-of-monterey-loses-lawsuit-over-streetlights/article_89e8e764-d3b2-11e6-b53b-935d775754e7.html?utm_medium=social&utm_source=email&utm_campaign=user-share>. Acesso em: 13 jan. 2017.

RICH, C.; LONGCORE, T. **Ecological consequences of artificial night lighting**. Washington: Island Press, 2013.

ROSITO, L. H. Desenvolvimento da Iluminação Pública no Brasil. **O Setor Elétrico**, São Paulo, v. 36, p.30-35, jan. 2009. Disponível em: <http://www.osetoelettrico.com.br/ose/assets/2c688ee8/ed.36_fasciculo_capitulo_1_desenvolvimento_da_iluminacao_publica_no_brasil.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2016

SÃO BERNARDO DO CAMPO. Prefeitura Municipal. **Plano de Iluminação Pública de SBC**. São Bernardo do Campo, 2015. Disponível em: <http://www.saobernardo.sp.gov.br/documents/10181/399045/Plano+Iluminacao+sitio+PMSP+26_02_15.pdf/0edf4728-6511-4140-93e5-d5bb3cbb506e>. Acesso em: 21 out. 2016

SÃO PAULO. Secretaria Especial de Comunicação. **Programa LED nos bairros**. São Paulo, 2016. Disponível em: <<http://www.capital.sp.gov.br/noticia/programa-led-nos-bairros-entrega-12-164-pontos-de-iluminacao-no-jardim-angela>>. Acesso em: 7 jul 2017.

RUDGE, F. Por que Prêmio Nobel para o LED azul. **Sociedade Brasileira de Física**, [S.l.], 2014. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/v1/index.php?option=com_content&view=article&id=604:por-que-premio-nobel-para-o-led-azul&catid=150:opinioao&Itemid=316>.

RYBCZYNSKI, W.; VON, S. B. **Casa: pequena história de uma idéia**. Rio de Janeiro: Record, 1996.

SADENCO. **Concluída a Eficientização da Iluminação Pública de Porto Alegre – RS**. Porto Alegre, 2012. Disponível em <https://sadenco.com.br/noticias/concluida-a-eficientizacao-da-iluminacao-publica-de-porto-alegre-rs>. Acesso em 09 abr. 2017.

SANTOS, E. R. **A iluminação pública como elemento de composição da paisagem urbana**. 2005. 109 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Universidade Federal de Curitiba, Curitiba, 2005. Disponível em: < https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/81307/99MVD_JunqueiraMariana_YunesGilberto.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 03 out. 2016.

SILVA, A.; VALCU M., KEMPENAERS, B. Artificial night lighting rather than traffic noise affects the daily timing of dawn and dusk singing in common European songbirds. **Behavioral Ecology**. [S.l.], p. 103, 2014. Disponível em: <<https://academic.oup.com/beheco/article/25/5/1037/2633786/Artificial-night-lighting-rather-than-traffic>>. Acesso em: 13 nov. 2016.

SILVA, D. C. "Refração da luz"; **Brasil Escola**, [S.l.], 2015. Disponível em <<http://brasilescuela.uol.com.br/fisica/a-refracao-luz.htm>>. Acesso em 30 de set. de 2017

SILVA, L. L. F da. **Iluminação pública no Brasil: aspectos energéticos e institucionais**. 2006. 161 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006. Disponível em <http://www.ppe.ufrj.br/pppe/production/tesis/llfroes.pdf>. Acesso em 30 de abril de 2017

SINGAPURA. **Night Lighting Master Plan of Developments in the Central Business District (CBD), Marina Centre and Marina Bay**. Singapura, 2009. Disponível em: <<https://www.ura.gov.sg/uol/circulars/2009/apr/dc09-08.aspx>>. Acesso em: 20 nov. 2016

SOUZA, C. D. de. **A percepção da qualidade do sistema de iluminação artificial da praça Adair Figueiredo**. 188 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2017. Disponível em: < <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/170639>>. Acesso em: 20 jan. 2018.

STEVENS, R. G. Light-at-night, circadian disruption and breast cancer: assessment of existing evidence. **International journal of epidemiology**, v. 38, n. 4, p. 963-970, 2009.

VICTORIAN LIGHTING. **A Short History of Lighting**. 2015. Disponível em: <<http://victorianlighting.co.uk/short-history-lighting/>>. Acesso em 15 jan. 2017.

VIENA. Licht 2016 – Der Masterplan. Viena, 2016. Disponível em: <<https://www.wien.gv.at/verkehr/licht/pdf/masterplan-licht-teil1.pdf>>. Acesso em: 27 nov. 2016

VILLE DE LYON. **Le nouveau Plan Lumière**, Lyon, 2007, 16p. Disponível em: <https://www.lyon.fr/sites/lyonfr/files/content/migrated/787/158/PLAN_LUMIERE_VF_BD-0.pdf>. Acesso em: 1 ago. 2017.

WELSH, Brandon C; FARRINGTON, David P. **Effects of improved street lighting on crime: a systematic review**, London: Home Office, 2002.

APÊNDICE:

Entrevista feita ao Engenheiro Edson de Oliveira, da Divisão de Iluminação Pública de Porto Alegre, em junho de 2016.

1. Como são iniciados os projetos de iluminação pública em Porto Alegre? Quais as etapas?
2. Quais profissionais estão envolvidos neste processo?
3. Os projetos consideram a redução da poluição luminosa como requisito?
4. Quais tipos de luminárias estão instaladas na área da pesquisa?
5. Quais são os setores atuais da DIP?
6. Houve um contrato com a ELETROBRÁS em 2009, para reduzir o consumo de energia e aumentar a qualidade da iluminação, há algum dado sobre a redução do consumo ou das melhorias?
7. Há algum dado sobre o quanto foi economizado com a mudança para o LED?
8. Sabe-se percentualmente quanto de iluminação pública LED já foi instalada na cidade?
9. Na compra de luminárias para iluminação pública, quem determina os requisitos a serem atendidos? Quais profissionais estão envolvidos?
10. Existe algum termo de referência padrão para compra das luminárias?
11. Na compra de luminárias para a iluminação pública a temperatura de cor é um fator levado em conta?