

Iluminando Cidades Brasileiras

**Modelos de negócio para Eficiência Energética
em Iluminação Pública**

Edição do Seminário



WORLD BANK GROUP

01 de junho de 2016

ILUMINANDO CIDADES BRASILEIRAS

Modelos de negócio para Eficiência Energética em Iluminação Pública



Este volume é um produto da equipe do Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento / Banco Mundial. Os resultados, interpretações e conclusões expressas neste volume não refletem necessariamente a opinião dos Diretores Executivos do Banco Mundial ou dos países por eles representados.

O Banco Mundial não garante a precisão das informações incluídas neste trabalho e não aceita qualquer responsabilidade por qualquer consequência da sua utilização. As fronteiras, cores, denominações e outras informações apresentadas em qualquer mapa deste trabalho não implicam qualquer opinião por parte do Banco Mundial sobre o status legal de qualquer território ou o endosso ou aceitação de tais fronteiras.

Direitos e Permissões

O material desta publicação é protegido por direitos autorais. A reprodução total ou parcial do texto deste documento sem permissão pode constituir violação da lei aplicável. O Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento / Banco Mundial incentiva a divulgação do seu trabalho e concede a permissão para reproduzir partes do mesmo, desde que citada a fonte.

Para permissões para fazer fotocópias ou reimprimir qualquer parte deste trabalho, favor enviar uma solicitação com informações completas para: Copyright Clearance Center Inc., 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, E.U.A. telefone: 978-750-8400, fax: 978-750-4470; Internet: www.copyright.com.

Todas as outras consultas sobre direitos e licenças, incluindo direitos subsidiários, devem ser dirigidos ao Gabinete do editor, o Banco Mundial, 1818 H Street, NW, Washington, DC, 20433, E.U.A., fax: 202-522-2422 e-mail: pubrights@worldbank.org.

BRAZEEC

O Programa de Eficiência Energética para Cidades do Brasil (BRAZEEC) é uma iniciativa financiada pelo ESMAP com o objetivo de promover ações de eficiência energética (EE) através da identificação de modelos de negócios viáveis e replicáveis em cidades brasileiras nas áreas de: iluminação pública, edifícios públicos, indústrias urbanas e transporte. O trabalho inclui um foco no fortalecimento de quadros institucionais, a fim de melhorar a gestão da eficiência energética a nível municipal.

Os objetivos gerais do projeto são: (i) elaborar modelos de negócios para melhorar a EE nos quatro setores acima referidos que possam ser implementados por várias cidades no Brasil, (ii) aumentar a capacidade das partes interessadas (setores municipal e privado) para implementar os modelos de negócio identificados para EE, (iii) criar um efeito de demonstração que, a longo prazo, possa expandir as iniciativas de EE em um contexto mais amplo nas cidade.

ESMAP

O Programa de Assistência à Gestão do Setor Energético (ESMAP) é uma iniciativa global de geração de conhecimentos e assistência técnica administrado pelo Banco Mundial. O programa oferece serviços analíticos e consultivos para países de média e baixa renda para ampliar seu know-how e sua capacidade institucional para o atingimento de soluções sustentáveis no campo de energia para a redução da pobreza e crescimento econômico. O ESMAP é financiado pela Austrália, Áustria, Dinamarca, Finlândia, França, Alemanha, Islândia, Lituânia, Holanda, Noruega, Suécia, Suíça e Reino Unido, bem como pelo Banco Mundial.



Energy Sector Management Assistance Program

Energy Sector Management Assistance Program
The World Bank
1818 H Street, NW
Washington, DC 20433 USA
email: esmap@worldbank.org
web: www.esmap.org

Índice do Relatório

GLOSSÁRIO DE SIGLAS E ABREVIACÕES	viii
PREFACIO	ix
RECONHECIMENTOS	x
I SUMÁRIO EXECUTIVO	1
II INTRODUÇÃO	26
III VISÃO GERAL DAS TENDÊNCIAS DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA COM LEDs	28
III.1 Tecnologias e economias potenciais	28
III.2 Benefícios associados à melhoria do parque de iluminação pública	30
III.3 Exemplos internacionais	30
IV O MERCADO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA NO BRASIL: VISÃO GERAL	33
IV.1 Aspectos gerais	33
IV.2 A transferência dos ativos	36
IV.3 Participação do setor privado—Regimes de licitação	37
V OPORTUNIDADES E DESAFIOS DO MERCADO BRASILEIRO	40
V.1 As oportunidades para LEDs no contexto Brasileiro	40
V.1.1 Oportunidade 1: Preços de energia e dos equipamentos em direções opostas ..	40
V.1.2 Oportunidade 2: Incentivos para municípios investir em seus ativos	42
V.1.3 Oportunidade 3: Fonte de recurso específico para custear o serviço de iluminação pública	42
V.1.5 Oportunidade 4: Alinhamento com Políticas Públicas do Clima	44
V.2 Os desafios para LEDs no contexto Brasileiro	44
V.2.1 Desafio 1: Alto custo e escassez de recursos públicos	44
V.2.2 Desafio 2: Limites de acesso a outras fontes de financiamento	46
V.2.3 Desafio 3: Risco de crédito e risco político municipal	48
V.2.4 Desafio 4: A situação macroeconômica	49
VI MAPEAMENTO DOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA	51
VI.1 Formação de <i>clusters</i>	51
VI.2 Agrupamentos homogêneos	52

VII	MODELOS DE NEGÓCIO PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA NO BRASIL	55
VII.1	Introdução dos Modelos de Negócio.....	55
VII.2	Apresentação dos Modelos de Negócios.....	57
	Modelo M1: Parceria Público-Privada (PPP).....	57
	Modelo M2: Consórcio de Municípios para PPP.....	61
	Modelo M3: Financiamento Municipal.....	65
	Modelo M4: Programas de Concessionárias de Energia Elétrica.....	68
	Modelo M5: Modelo de ESCO.....	71
	Modelo M6: Consórcio Municipal ou Agente Central de Compras.....	72
	Modelo M7: Autofinanciamento.....	77
	Modelo M8: Transferência de luminárias.....	79
VII.3	Resumo dos Modelos e Mapeamento ao Grupos de Municípios.....	81
VIII	MECANISMOS DE FINANCIAMENTO E APRIMORAMENTO DE CRÉDITO	84
VIII.1	Mecanismos de Financiamento.....	84
VIII.2	Mecanismos de Garantias.....	89
IX	CONCLUSÕES E PRÓXIMOS PASSOS	91
X	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95
	ANEXO 1: METODOLOGIA DE GERAÇÃO DE CLUSTERS E AGRUPAMENTO DE MUNICÍPIOS	97
	ANEXO 2: PADRÕES E ESPECIFICAÇÕES INTERNACIONAIS PARA LUMINÁRIAS DE ALTO DESEMPENHO	111

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1	Características da base de dados	8
Tabela 2	Características chave dos agrupamentos	9
Tabela 3	Estatísticas dos grupos de municípios	9
Tabela 4	Resumo dos modelos de negócio	10
Tabela 5	Modelos de negócio para cada grupo	19
Tabela 6	Mapeamento da Adequação dos Instrumentos Financeiros aos Modelos de Negócios	20
Tabela 7	Outros Mecanismos de mitigação de risco	23
Tabela 8	Recomendações no desenho de COSIP	25
Tabela 9	Resumo das características dos LEDs em comparação com outras tecnologias	28
Tabela 10	Características do entorno dos domicílios brasileiros – presença de elementos selecionados	33
Tabela 11	Quantidade de lâmpadas no Sistema Nacional de Iluminação pública Cadastro Eletrobrás (situação em 2012)	35
Tabela 12	Regimes de licitação para projetos de eficiência energética em sistemas de iluminação pública	38
Tabela 13	Principais restrições da Lei de Responsabilidade Fiscal a operações de crédito	47
Tabela 14	Características da base de dados	52
Tabela 15	Médias das variáveis em cada grupo	53
Tabela 16	Agrupamento dos clusters de acordo com características marcantes	53
Tabela 17	Relevância dos grupos de municípios	54
Tabela 18	Resumo dos Modelos de Negócios	55
Tabela 19	Atores-chave que se aplicam a todos os modelos de negócio	56
Tabela 20	Projetos de PPP em andamento no Brasil segundo o estágio do projeto	60
Tabela 21	Matriz de funções e atores do modelo M2	62
Tabela 22	Matriz de funções e atores no modelo M3	66
Tabela 23	Matriz de funções e atores no modelo M4	70
Tabela 24	Matriz de funções e atores no modelo M5—ESCOs	73
Tabela 25	Matriz de funções e atores no modelo M6—Consórcio Municipal ou Agente Central de Compras	75
Tabela 26	Matriz de funções e atores no modelo M9—Autofinanciamento	78
Tabela 27	Matriz de funções e atores no modelo M8—Transferência de luminárias	81
Tabela 28	Atores principais para cada etapa dos modelos de negócio	82
Tabela 29	Modelos de negócio para cada grupo	83
Tabela 30	Mapeamento da Adequação dos Instrumentos Financeiros aos Diversos Modelos de Negócios	85
Tabela 31	Mapeamento de Adequação dos Instrumentos Financeiros para os Modelos de Negócios	87
Tabela 32	Outros mecanismos de mitigação de risco	90
Tabela 33	Recomendações no desenho de COSIP	94
Tabela 34	Características da base de dados	99
Tabela 35	Matriz de correlação das variáveis listadas	100
Tabela 36	Relevância das variáveis na formação dos grupos	106
Tabela 37	Médias das variáveis em cada grupo	107
Tabela 38	Classificação dos clusters em cada variável	108
Tabela 39	Critérios de atribuição da nota, para cada variável	108
Tabela 40	Reagrupamento dos clusters de acordo com as características marcantes	109
Tabela 41	Relevância dos grupos de municípios, números absolutos	110
Tabela 42	Relevância dos grupos de municípios, %	110

ÍNDICE DE FIGURAS (INCLUI GRÁFICOS)

Figura 1	Maiores projetos de modernização da iluminação pública, utilizando LEDs	2
Figura 2	Responsabilidade pela manutenção da iluminação pública, % dos municípios	4
Figura 3	Tarifa média de energia elétrica para iluminação pública, variação %	5
Figura 4	Exemplo de estruturação do modelo de PPP	11

Figura 5	Modelo de PPP com consórcio	12
Figura 6	Exemplo de estruturação do modelo de financiamento municipal	13
Figura 7	Exemplo de estruturação do modelo de Programas de Concessionárias	14
Figura 8	Exemplo de estruturação no modelo de ESCO	15
Figura 9	Exemplo de estruturação do modelo de Contratação Centralizada	16
Figura 10	Exemplo de estruturação do modelo de Auto Financiamento	17
Figura 11	Exemplo de estruturação do modelo de Transferência de luminárias	18
Figura 12	Exemplo de uso de Garantias do modelo de PPP	22
Figura 13	Maiores projetos de modernização de iluminação pública com LEDs	31
Figura 14	Cobertura da iluminação pública em % dos moradores dos domicílios por faixa de renda domiciliar	34
Figura 15	Concentração dos pontos de luz no território nacional, por município	35
Figura 16	Porcentagem dos municípios que têm conhecimento da aplicação de LEDs na iluminação pública	35
Figura 17	Estados dos últimos municípios a transferir os ativos de iluminação	37
Figura 18	Responsabilidade pela manutenção da iluminação pública, % dos municípios	39
Figura 19	Tarifa média de energia elétrica para iluminação pública, variação percentual	41
Figura 20	Cobrança da contribuição da iluminação pública, % dos municípios	43
Figura 21	Suficiência da contribuição para cobrir as despesas de iluminação pública, % dos municípios	44
Figura 22	Taxa básica de juros (Taxa Selic) anualizada, % ao ano	49
Figura 23	Taxa de câmbio (reais brasileiros em relação ao dólar dos EUA)	50
Figura 24	Exemplo estruturação no modelo de PPP	57
Figura 25	Exemplo estruturação de modelo de PPP com consórcio	61
Figura 26	Exemplo de estruturação de modelo de financiamento municipal	65
Figura 27	Exemplo de estruturação do modelo de Programas de Concessionárias	69
Figura 28	Exemplo de estruturação no modelo de ESCO	72
Figura 29	Exemplo de estruturação no modelo de Contratação Centralizada	74
Figura 30	Exemplo de estruturação no modelo de Autofinanciamento	77
Figura 31	Exemplo de estruturação do modelo de Transferência de luminárias	80
Figura 32	Exemplo do uso de garantias no modelo de PPP	89
Figura 33	Representação esquemática da análise de cluster	103
Figura 34	Evolução da estatística pseudo-F para diferentes quantidades de grupos	105
Figura 35	Evolução da estatística CCC para diferentes quantidades de grupos	105
Figura 36	Diagrama de dispersão das médias dos clusters, relativas às variáveis PIB e economias por ligação	106
Figura 37	Diagrama de dispersão das médias dos clusters, relativas às variáveis DCL/RCL e percentual de não cobertura da iluminação pública	107

Glossário de siglas e abreviações

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABGF	Agência Brasileira de Fundos Garantidores e Garantias
AFD	Agência Francesa de Desenvolvimento
AgeRio	Agência Estadual de Fomento, Estado do Rio de Janeiro
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ARO	Antecipação de Receitas Orçamentárias
BAR	Base de Ativos Regulatória
BB	Banco do Brasil
BDMG	Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais
BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BNDES/FINEM	BNDES Financiamento de Empreendimentos
BNDES/PMAT	BNDES Modernização da Administração Tributária e da Gestão dos Setores Sociais Básicos
BRDE	Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul
BRL	Real brasileiro (Brazilian real)
CAF	Corporação Andina de Fomento
CAPEX	Despesa de Capital (Capital expenditure)
CEF	Caixa Econômica Federal
CEMAB	Consórcio Intermunicipal de Energia e Iluminação Pública do Maciço de Baturité
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais S.A.
CEPAC	Certificado de Potencial Adicional de Construção
CFI	Credenciamento de Fabricantes Informatizado
CIDES/MG	Consórcio Público Intermunicipal de Desenvolvimento Sustentável do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba
CIGIP/AL	Consórcio Público para Gestão da Energia Elétrica e Serviços Públicos
CIP e/ou COSIP	Contribuição para o Custeio da Iluminação Pública dos Municípios
CONIAPE/PE	Consórcio Intermunicipal do Agreste Pernambucano e Fronteiras
COP-21	21ª Conferência das Partes
DC	Direito Creditório
DCL	Dívida Corrente Líquida
DISCO	Empresa de distribuição de energia elétrica (Distribution company)
EBP	Estruturadora Brasileira de Projetos
EE	Eficiência Energética (ou Energy Efficiency)
EPC	Engenharia, contratação e construção (Engineering, procurement and construction)
ESCO	Empresa de serviços de conservação de energia (Energy services companies)
ESMAP	Programa de Assistência à Gestão do Setor Energético (Energy Sector Management Assistance Program)
FGIE	Fundo Garantidor de Infraestrutura
FGTS	Fundo de Garantia do Tempo de Serviço
FI-FGTS	Fundo de Investimentos do FGTS
FIDC	Fundo de Investimento em Direitos Creditórios
FIP	Fundo de Investimento em Participações
FIR	Fundo de Investimento Referenciado
FPM	Fundo de Participação dos Municípios
FSB	Financial Stability Board (Conselho de estabilidade financeira)
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde, Ministério da Saúde
G-20	Grupo dos 20 Países
GBM	Grupo Banco Mundial

GHG	Gases de efeito estufa (Green house gases)
GWh	Giga-Watt-hora
HPS	Lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão (High pressure sodium)
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IFC	Corporação Financeira Internacional
IFGF	Índice Firjan de Gestão Fiscal
IFM	Instituições Financeiras Multilaterais
INDC	Contribuições pretendidas determinadas nacionalmente (Intended nationally determined contributions)
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IP	Iluminação Pública
IPI	Imposto sobre Produtos Industrializados
IPWEA	Institute of Public Works Engineering Australasia
IR	Imposto sobre a Renda
IRC	Índice de Reprodução de Cor
LED	Diodo emissor de luz (Light emitting diode)
MDIC	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio
MIGA	Agência Multilateral de Garantia de Investimentos
MME	Ministério das Minas e Energia
NDC	Contribuições determinadas nacionalmente (Nationally determined contributions)
ONG	Organização não governamental
OPEX	despesas operacionais (operational expenditure)
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PCH	Pequena central hidrelétrica
PEE	Programa de Eficiência Energética
PIB	Produto Interno Bruto
PMI	Procedimento de manifestação de interesse
PPIAF	Mecanismo de assessoria de infraestrutura público-privado (Public-Private Infrastructure Advisory Facility)
PPP	Parceria público-privada
PR	Patrimônio de Referência
PRG	Garantia parcial de risco (Partial Risk Guarantee)
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PROCEL-Reluz	Programa Nacional de Iluminação Pública e Sinalização Semafórica Eficientes
PROESCO	Programa de Eficiência Energética
RAS	Assistência técnica reembolsável (Reimbursable technical assistance)
R20	Regions of Climate Action
RCL	Receita Corrente Líquida
RDC	Regime Diferenciado de Contratações
RGR	Reserva Global de Reversão
SEB	Skandinaviska Enskilda Banken
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SPE ou SPV	Sociedade de Propósito Específico (ou "Special Purpose Vehicle")
SSL	Iluminação em estado sólido (Solid state lighting)
TCAF	Mecanismo de ativo transformacional de carbono (Transformational Carbon Asset Facility)
TJLP	Taxa de Juros de Longo Prazo
TWh	Tera-Watt-hora
USAID	Agência dos Estados Unidos para o Desenvolvimento Internacional

Prefacio

O setor de iluminação pública no Brasil está passando por um ponto de inflexão. Tecnologias como LEDs já estão sendo utilizadas em larga escala em várias cidades no mundo, e permitem grandes economias de energia e de custos de manutenção. No Brasil, desde fins de dezembro de 2014, todas as prefeituras assumiram a plena responsabilidade pela manutenção do parque de iluminação pública, as quais tem o máximo interesse em reduzir seus crescentes custos com energia. Entretanto, esta nova tecnologia é intensiva em capital, o que naturalmente conduz às seguintes indagações por partes dos municípios: (i) esta tecnologia já está comprovada e atingirá os ganhos de energia e vida-útil previstos? (ii) como se comparam os investimentos em iluminação pública frente a outras prioridades sociais do município? (iii) quais são as opções para estruturar e financiar um projeto amplo de modernização do parque de iluminação?

Para responder a estas (e a outras perguntas-chave) o Grupo Banco Mundial, como parte de sua agenda-verde, tem examinado os benefícios, riscos e modelos de financiamento dos projetos de iluminação pública com LEDs. Iniciamos ao final de 2013 dando suporte técnico às prefeituras do Rio de Janeiro e Belo Horizonte para identificar as áreas de maior potencial em eficiência energética na esfera do município, onde a iluminação pública foi identificada como uma das áreas mais promissoras. O trabalho evoluiu para uma análise dos mecanismos possíveis de financiamento, onde o modelo de PPPs via Concessão Administrativa parecia reunir uma série de vantagens para as grandes cidades.

Entretanto, o Brasil conta com 5.570 municípios, os quais apresentam uma enorme diversidade em termos de necessidades, renda per capita, conhecimento técnico e acesso a financiamentos. O Grupo Banco Mundial percebeu que o modelo de PPP, apesar de atrativo para um grupo privilegiado de cidades de grande e médio porte, seria de difícil viabilização em cidades menores ou naquelas em situação creditícia menos robusta. Visando cobrir um espectro mais amplo de cidades, lançamos este estudo, com o objetivo de identificar modelos de negócio e financiamento que pudessem ser aplicáveis à variedade dos municípios brasileiros, para que todos possam se beneficiar das economias de energia e melhoria do serviço de iluminação prestado à sua população.

Este relatório por Meyer, Freire & Maurer, é um primeiro esforço neste sentido. Esperamos que este Relatório seja útil às autoridades governamentais, prefeitos, instituições financeiras e fabricantes de equipamento, dentre outros. Gostaríamos de enfatizar a necessidade de definir uma estratégia clara a nível país com esforços de coordenação entre os diferentes atores, agências e esferas de governo no suporte aos municípios para a consecução destes objetivos.

O Grupo Banco Mundial reitera seu interesse continuado em trabalhar com estes agentes na busca de soluções que atendam às características variadas das regiões e municípios do Brasil.

Antonio Barbalho



Gerente

Prática Global de Energia e Indústrias Extrativas

Região da América Latina e do Caribe

Reconhecimentos

Este relatório foi elaborado por Megan Meyer, Javier Freire e Luiz Maurer do Grupo Banco Mundial, com base em análises realizadas por Pezco Consultoria, e sob a liderança de Christophe de Gouvello e Antonio Barbalho. Representa a Edição do Seminário para o Fórum Modelos de Negócios para Eficiência Energética em Iluminação Pública no dia 1 de junho em São Paulo. O relatório será atualizado e finalizado após do Fórum, incorporando o feedback das participantes no evento.

O relatório se beneficiou de contribuições significativas de: Peter Curley (The Climate Group); Marcel de Costa Siqueira (Eletrobrás); Paulo Oliveira (Banco Nacional de Desenvolvimento); Fernando Camacho (Banco Nacional de Desenvolvimento); Fernando de Paiva Pieroni (São Paulo Negócios); Maria Eduarda Berto (Estruturadora Brasileira de Projetos); Clara Ramalho (Lumina Consultoria); e Castagnari Consultoria Ltda.

A equipe de Pezco Consultoria Ltda que apoiou a elaboração deste relatório foi formada por Frederico Araujo Turolla, Luis Fernando Rigato Vasconcellos; Helcio Shiguenori Takeda; Jorge Luiz Dietrich; Marcio Fernandes Gabrielli; Jorge Oliveira Pires; e André Yoshizumi Gomes.

Este trabalho foi desenvolvido graças ao apoio do Programa de Assistência à Gestão do Setor Energético (ESMAP) abaixo da Programa de Eficiência Energética para Cidades do Brasil (BRAZEEC).

Os autores gostariam de agradecer às organizações e entidades que se dispuseram a compartilhar seus conhecimentos e impressões à medida que este estudo se desenvolvia. Erros ou omissões são de exclusiva responsabilidade dos autores.

I Sumário executivo

■ I Introdução

As cidades estão entre os maiores consumidores de energia elétrica no mundo, respondendo por dois terços de todo o consumo e por mais de 70% das emissões globais de gases de efeito estufa. No ambiente urbano, em geral, as redes de iluminação constituem uma importante fonte de consumo de energia. De fato, no Brasil, iluminação pública representa mais de 4% do consumo total de energia do país, e o custo de energia para iluminação pública já representa o segundo maior item orçamentário de grande parte dos municípios, superado apenas pelos gastos com a folha de pagamento. Portanto, projetos de eficiência energética no setor de iluminação pública têm um papel importante para a redução de emissões de cidade, além de oferecer benefícios para o orçamento municipal.

Em âmbito global, os países participantes da 21ª Conferência das Partes (COP-21) em novembro de 2015 submeteram suas propostas de contribuição para a questão da mudança climática, que passaram a ser denominadas INDCs—*Intended Nationally Determined Contributions* (ratificadas em abril de 2016). Entre outros objetivos, o Brasil se comprometeu a realizar a transição de sua matriz energética para energias renováveis, que inclui ganhos de eficiência no setor elétrico da ordem de 10% até 2030. Cerca de um quinto desta meta poderia ser obtido com a conversão do parque de iluminação pública para tecnologias mais eficientes.

Luminárias que utiliza a nova tecnologia de LEDs, ou *Light-Emitting Diodes*, despontaram como uma alternativa técnica e comercialmente viável para investimentos em eficiência energética no segmento de iluminação pública. As lâmpadas de LEDs são entre 40% 60% mais eficientes em termos de energia do que as tecnologias atualmente instaladas no parque brasileiro, além de oferecer reduções importantes nos custos de operação e manutenção e a capacidade integrar a infraestrutura das luminárias eficientes com sistemas inteligentes de monitoramento. Dessa forma, é possível dispor de uma estrutura básica de “cidades inteligentes”. Além disso, a qualidade superior da nova tecnologia de iluminação tem o efeito positivo de reduzir a criminalidade e aumentar a percepção de segurança dos cidadãos.

Embora mais eficientes, a tecnologia de LEDs é bem mais intensiva em termos de capital do que as tecnologias anteriores. Os municípios estão analisando a possibilidade de atrair o capital privado—por exemplo, sob a forma de PPP—para realizar esse processo de modernização, liberando as prefeituras do ônus de utilizar suas dotações orçamentárias ou espaço fiscal para fazer os investimentos necessários. Os projetos de PPP são uma alternativa mais viável para cidades de grande e médio porte com boa posição creditícia do que para a maioria dos municípios brasileiros onde essas características não são observadas. Por isso, faz-se necessário desenhar modelos de negócio e de financiamento que permitam “universalizar” o

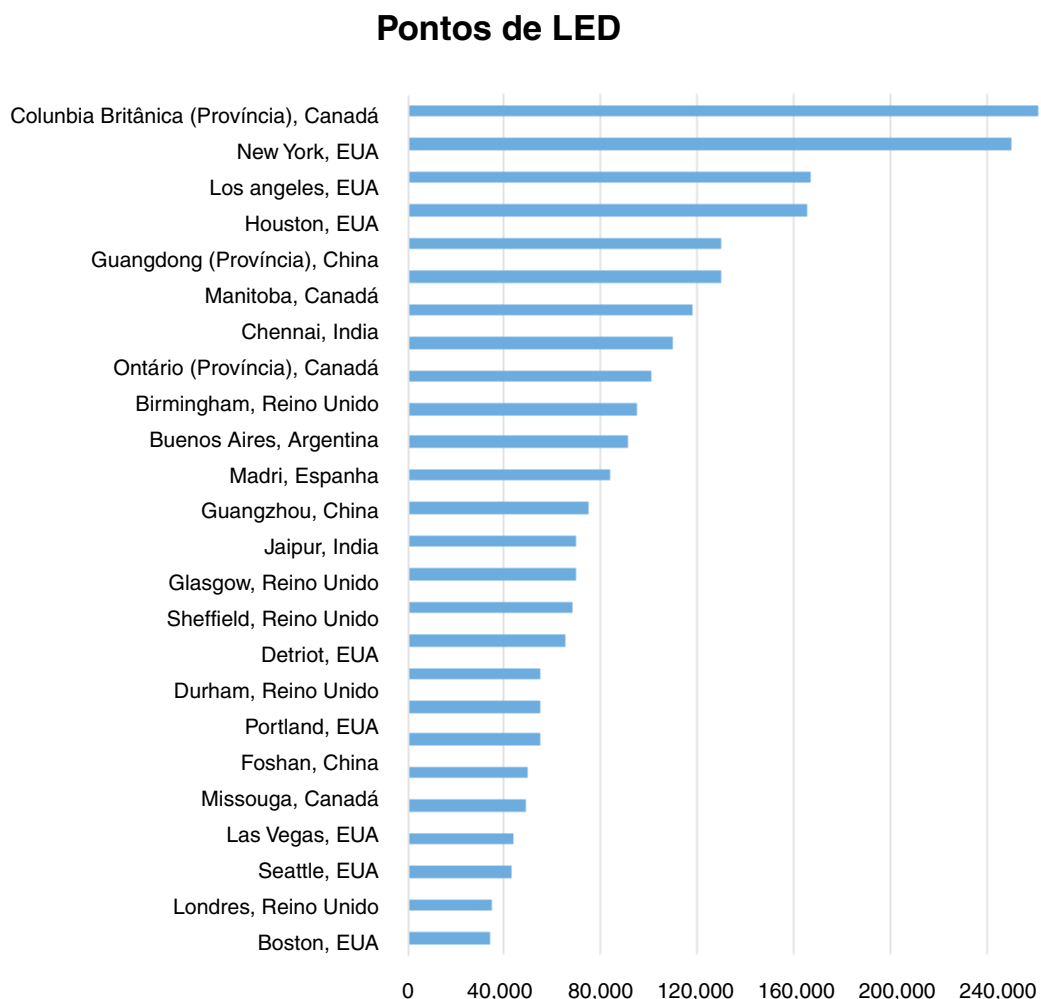
processo de modernização do parque de iluminação pública dos municípios brasileiros, levando em conta a grande diversidade existente.

Este relatório teve como objetivo principal identificar modelos de negócio e financiamento que, considerando o ambiente institucional e as características do mercado, permitam a execução de projetos de modernização sustentáveis do parque de iluminação pública, com benefícios para prefeituras, cidadãos e o meio ambiente, e com a maior celeridade possível.

■ II Visão geral das tendências da iluminação pública com a tecnologia de LEDs

Em 2012, a ONG Internacional The Climate Group, foi uma das primeiras organizações a fazer estudos em cidades com projetos de iluminação pública com a tecnologia de LEDs para confirmar o desempenho e a aceitação dessa nova tecnologia. Utilizando o exemplo de 12 cidades, o estudo demonstrou que a tecnologia

Figura 1 Maiores projetos de modernização da iluminação pública, utilizando LEDs¹



Fonte: The Climate Group

¹ Objetivo dos projetos; Os projetos se encontram em vários estágios de planejamento / implementação.

à base de LEDs atinge níveis de economia energética de 50% a 70%, chegando até 80%, quando combinada com sistemas de gestão e controle inteligentes. Além das economias de energia e custos de manutenção reduzidos, a iluminação LEDs gerou uma ampla gama de benefícios socioeconômicos, tais como melhorias na qualidade de iluminação, diminuição da insegurança e melhorias nas atividades da economia local. A adoção de sistemas de controle inteligentes permitiu maior flexibilidade em termos de opções de iluminação, com um foco maior nas pessoas.

Atualmente, cidades as mais variáveis em termos de escala, localização geográfica, clima, etc. começaram a implementar projetos de modernização com LEDs, conforme demonstrado na Tabela abaixo.

Os preços das luminárias com LEDs estão caindo rapidamente, a um nível de aproximadamente 10% por ano, e os equipamentos vêm se beneficiando do dinamismo tecnológico e dos ganhos de escala. Por isso, uma revolução rumo à tecnologia LEDs será quase inevitável nos próximos anos. Embora inevitável, o ritmo de modernização da iluminação pública global dependerá dos mecanismos financeiros disponíveis para cidades, além da vontade política para priorizar esses projetos. Com o propósito de aumentar o ritmo de adoção das lâmpadas de LEDs, em 2015 The Climate Group instou todas as cidades do mundo a passar a utilizar tecnologias de iluminação tão ou mais eficientes que a tecnologia de LEDs até 2025.

■ III O mercado de iluminação pública do Brasil: Visão geral

Estima-se que o setor de iluminação pública no Brasil tenha mais de 18 milhões de pontos de luz, com uma penetração do serviço prestado cerca de 95,5% dos domicílios. O parque luminotécnico instalado é composto predominantemente de lâmpadas a vapor de sódio de alta pressão e, em menor escala, por lâmpadas a vapor de mercúrio. A penetração da tecnologia LEDs é muito baixa, embora diversas cidades tenham projetos piloto em andamento para implementar a tecnologia.

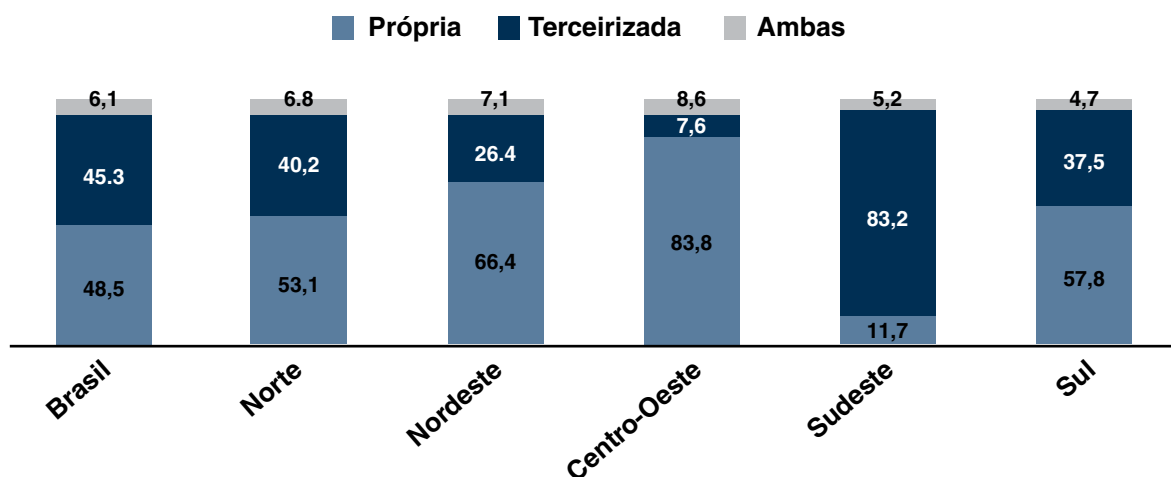
Uma mudança regulatória teve um impacto importante no segmento de iluminação pública Brasil nos últimos anos. Em 2013, a ANEEL determinou que até o final de 2014 todos os ativos de iluminação pública que antes estavam em poder das concessionárias de energia elétrica deveriam ser transferidos para os municípios, afetando aproximadamente a 42% de municípios brasileiros.² Com a conclusão dessa transferência, todos os municípios passaram a exercer plenamente o direito à titularidade dos serviços, conforme determinado pela Constituição brasileira, bem como com a obrigação de gerenciar os ativos e prestar serviço adequado à população.

De acordo com a legislação, todos os serviços de iluminação pública devem ser prestados pelas prefeituras, seja de forma direta ou mediante terceirização. Atualmente, muitos municípios estão terceirizando o serviço de manutenção para o setor privado, sob o regime jurídico estabelecido pela Lei 8.666 ou Pregão (Lei 10.520/01). Segundo uma pesquisa por amostragem realizada pelo Grupo Banco Mundial mais da metade das cidades brasileiras terceiriza, no todo ou em parte, seus serviços de manutenção, conforme mostra a Figura 2 a seguir.

Uma nova modalidade disponível para as prefeituras é a de outorgar os serviços de iluminação pública por meio de uma concessão administrativa, ou Parceria Público-Privada (PPP)—sob a égide da Lei 11.079/04. Como poder concedente, as prefeituras têm pleno poder para definir o modelo de negócio que melhor lhe convier, desde que aparado na legislação em vigor. Já existem inclusive alguns casos de concessões

² Resolução 587/2013,

Figura 2 Responsabilidade pela manutenção da iluminação pública, % dos municípios



Fonte: Pesquisa do Grupo Banco Mundial

outorgadas recentemente para alguns municípios de porte médio, e também casos de grandes concessões em andamento para algumas capitais brasileiras. A despeito das vantagens dos modelos de concessão, que serão discutidas mais adiante, estes podem não ser os mais adequados para atender às necessidades das mais diversas cidades brasileiras.

■ IV Oportunidades e Desafios no Mercado Brasileiro

Oportunidade 1: Elevado custo de energia e custos decrescentes para a tecnologia LEDs

A tarifa média da energia para iluminação pública saltou 38,8% em 2015, após um aumento expressivo de 10,9% no ano anterior. A tendência é de aumentos crescentes, embora em proporções bem menores, nos anos vindouros. Os altos custos de energia, combinado com os preços decrescentes da tecnologia LEDs, se traduzem diretamente em uma grande oportunidade econômica e financeira para os municípios brasileiros, além de estarem alinhados com objetivos nacionais na área de mudança climática.

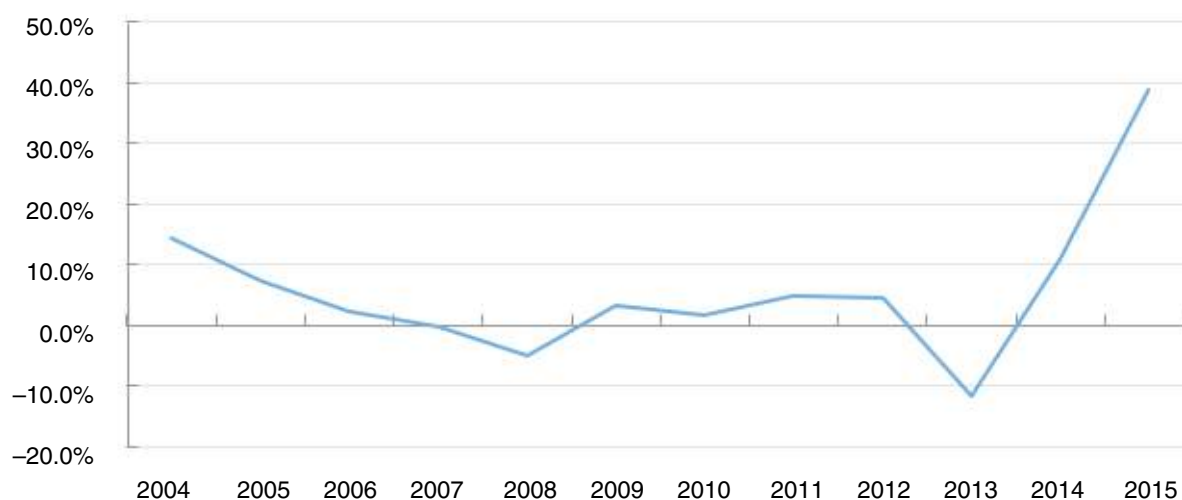
Oportunidade 2: Incentivos para municípios investir em seus ativos

Mais de 40% dos municípios brasileiros foram recentemente beneficiados com a transferência de equipamentos e da gestão do sistema de iluminação pública. Embora inicialmente a incorporação deste serviço possa representar custos adicionais, diferentemente das distribuidoras de energia, os municípios têm um incentivo de garantir uma gestão eficiente e reduzir o consumo associado a esta infraestrutura. Esta mudança recente criou uma massa crítica de municípios em busca de soluções para uma mesma questão e que, na maioria dos casos, contam com orçamento específico para atender este serviço (veja texto a seguir). Isso resulta em um grande mercado potencial tanto para fabricantes como empresas dedicadas à instalação e gestão de parques de iluminação pública.

Oportunidade 3: Fonte de recurso específica para custear o serviço de iluminação pública

Em dezembro de 2002, uma emenda constitucional facultou a cobrança da contribuição para custeio do serviço de iluminação pública (CIP ou COSIP, doravante denominada COSIP) aos municípios e Distrito Federal com a finalidade exclusiva de custear os serviços de iluminação pública. Trata-se de um recurso vinculado, cujo objetivo é custear o fornecimento de eletricidade, bem como a manutenção, instalação e melhoria dos equipamentos de iluminação pública. Além disso, a legislação permite a cobrança da COSIP na

Figura 3 Tarifa média de energia elétrica para iluminação pública, variação %



conta de energia elétrica. Uma pesquisa por amostragem realizada pelo Banco Mundial junto aos municípios brasileiros mostrou que a maioria deste (81,6%) já cobra a COSIP e, em boa parte dos demais municípios, um projeto de lei neste sentido já se encontra em processo de tramitação.

A existência da COSIP traz a segurança de que serão gerados recursos para custear o processo de modernização dos sistemas de iluminação pública. Os fluxos da COSIP podem ser usados como garantia em modelos de negócio com financiamento (p.ex., pagamento de empréstimos, contraprestação a ser paga ao concessionário, no caso de uma PPP, etc.).

Oportunidade 4: Alinhamento com Políticas Públicas do Clima

Como explicado na introdução, na COP-21, os países—incluído Brasil—submeteram INDCs. Entre outros objetivos, o Brasil comprometeu-se a fazer a transição de sua matriz energética para energias renováveis, com a meta de que a matriz contenha 45% de fontes de energia renováveis até 2030. Para alcançar essa meta, foram incluídos os ganhos de eficiência alcançados no setor elétrico, da ordem de 10% até 2030. Cerca de um quinto desta meta poderia ser alcançado simplesmente pela conversão do parque de iluminação pública para a tecnologia LEDs, tendo em vista que a eficiência desta nova tecnologia representaria uma economia adicional de 2% no consumo de energia elétrica do país.

Apesar das grandes oportunidades existentes, ainda persistem desafios de natureza institucional para que se possa investir na conversão dos parques de iluminação das cidades brasileiras, a saber:

Desafio 1: Alto custo e escassez de recursos públicos

O principal desafio à conversão do parque de iluminação pública é o nível relativamente elevado de investimento necessário no momento inicial do projeto. Esse desafio permanece mesmo quando o projeto de conversão dos equipamentos apresenta viabilidade econômico-financeira em função da economia de energia a ser gerada e da redução dos custos de manutenção.

Foram criados dois programas de eficiência energética do governo federal brasileiro—o PROCEL-Reluz, administrado pela Eletrobrás, e o PEE—Programa de Eficiência Energética, administrado pelas concessionárias de energia e gerenciado pela ANEEL, mas estes não estão aportando recursos significativos para investimento em eficiência energética do parque de iluminação pública brasileira.

O Procel Reluz é um fundo federal constituído com recursos setoriais que financiava a modernização dos sistemas de iluminação pública. O PROCEL-Reluz realizava financiamentos às concessionárias, que os repassavam aos municípios. Entre 2000 e 2014, o Procel Reluz propiciou a substituição de 2,78 milhões de pontos de iluminação pública. O valor financiado pela Eletrobrás foi de R\$ 521 milhões, ao passo que as concessionárias investiram R\$ 173 milhões. Desde janeiro de 2014, não há novas liberações de financiamentos da RGR para o Procel Reluz. O programa encontra-se paralisado no momento.

O Programa de Eficiência Energética (PEE) é uma obrigação de investimento que passou a constar dos contratos de concessão das distribuidoras de energia elétrica a partir do ano de 2000 e que prevê a que as concessionárias devam aplicar no mínimo 0,5% de sua Receita Operacional Líquida em atividades voltadas para o combate ao desperdício de energia elétrica. De acordo com a regulamentação do PEE, cabe às concessionárias de distribuição selecionar projetos de eficiência energética dentro dos parâmetros da lei aplicável e apresentá-los à ANEEL. A ANEEL recentemente estabeleceu um mecanismo de seleção competitiva de projetos de eficiência energética para receber parte dos recursos do PEE, com o objetivo de forçar as distribuidoras a selecionarem ações de eficiência energética com melhor relação de custo-benefício.

Desafio 2: Limites de acesso a outras fontes de financiamento

Existem atualmente importantes restrições de financiamento para os municípios brasileiros, devido à Lei de Responsabilidade Fiscal.³ Por exemplo, para as Operações de Crédito, a lei impõe o limite de 16% da Receita Corrente Líquida (RCL) das prefeituras. Existem algumas exceções como, por exemplo, para financiamentos provenientes de organismos multilaterais ou instituições federais de crédito ou de fomento, desde que sejam para projetos de investimento para aprimorar a administração das receitas e da gestão fiscal, financeira e patrimonial. Esta exceção também se aplica às operações do PROCEL-Reluz para projetos de iluminação pública. A lógica supostamente é que—semelhante aos recursos destinados à modernização tributária—os investimentos em eficiência energética melhoram a situação fiscal do município por resultar em uma redução de gastos ao longo do tempo.

Desafio 3: Risco de crédito municipal

O risco de crédito municipal é um dos desafios mais difícil de superar, não somente no Brasil mas também em projetos de financiamento municipal em todo o mundo. Dado que o município é sempre o proprietário dos ativos de iluminação pública no Brasil e sempre o agente ultimamente responsável por gerar fluxos de caixa para pagamento dos custos de investimento, investidores em projetos de iluminação pública atuando em nome das prefeituras estarão expostos ao riscos de crédito (ainda que de forma residual) e ao risco político do município.

Como explicado anteriormente, a existência da COSIP oferece uma fonte de recursos destinados para o uso exclusivo em iluminação pública, uma característica não observada na maioria dos outros setores municipais. Mesmo assim, a mera existência de COSIP não elimina a percepção de risco de um projeto. A COSIP pode enfrentar fragilidades, como um possível congelamento/contingenciamento destas receitas por órgãos de fiscalização/controlar, ou uma formulação incapaz de assegurar a suficiência de COSIP durante a um ciclo completo de investimento. Por exemplo, segundo dados da pesquisa por amostragem de municípios, em 44,1% deles a contribuição é considerada suficiente para cobrir as despesas municipais com o serviço de iluminação pública. Contudo, em outros 31,3% a contribuição é considerada insuficiente, enquanto 24,6% não conseguem avaliar a suficiência da contribuição.

³ Lei nº 101/2001, Resoluções do Senado Federal (40/2001 e 43/2001) e portarias da Secretaria do Tesouro Nacional (396/2009, 138/2010 e 306/2012).

Dessa forma, a lei municipal que define a COSIP deve ser bem formulada. Por exemplo, a arrecadação da COSIP deve ser suficiente para cobrir o valor dos compromissos assumidos com a prestação de serviços de iluminação pública, bem como um possível risco de desequilíbrio entre a arrecadação da COSIP e o total desses compromissos. Recomendações adicionais sobre a formulação da COSIP são apresentadas nas conclusões e no relatório completo.

No entanto, dependendo do perfil do município, mesmo quando este dispõe de uma COSIP bem formulada, é possível que os financiadores ou concessionárias exijam outros tipos de garantir para investir em projetos de iluminação pública, particularmente em cidades com menor capacidade financeira.

Desafio 4: A situação macroeconômica

O cenário macroeconômico brasileiro nos últimos anos tem criado um ambiente desfavorável para os investimentos em infraestrutura em geral. Alguns fatores são particularmente relevantes para os projetos de iluminação pública.

Em primeiro lugar, os custos de empréstimos, que já eram elevados, aumentaram ainda mais. O valor de referência da taxa de juros básica da economia, no fim de março de 2015, era de 14,25% ao ano, o dobro da taxa praticada ao início de 2013. Em segundo lugar, a taxa de câmbio sofreu recentemente uma mudança de patamar, depreciando o Real. Essa depreciação eleva os custos dos equipamentos importados, o que constitui em desafio diante da ausência de produção nacional de luminárias com LEDs, e aumenta o risco enfrentado por investidores internacionais em potencial.

■ V Mapeamento dos municípios brasileiros para iluminação pública

O Brasil tem 5.570 municípios, com alto grau de heterogeneidade, tanto em termos de características socioeconômicas (nível de renda e desenvolvimento) como também físicas e demográficas. Dessa forma, não é possível conceber um modelo de negócio generalizado para projetos de iluminação pública. Assim, o primeiro desafio é agrupar os municípios em função de suas similaridades, para desenvolver soluções mais adaptadas a cada tipo de município.

Este estudo considerou um conjunto de características que inclui o porte econômico; o tamanho e densidade da rede de iluminação; o grau de desenvolvimento socioeconômico; a situação fiscal; indicadores setoriais de tecnologia; e cobertura de rede existente.⁴ Para levar em conta todo esse conjunto de características, optou-se pela utilização do método de clusterização e posterior formação de grupos por similaridade. Para mais informações sobre o processo de clusterização, ver Anexo I.

O procedimento de formação dos grupos de municípios foi realizado em duas etapas: 1ª) análise estatística de clusters, seguida da 2ª) identificação de clusters homogêneos. Essa estratégia permitiu que fossem consideradas múltiplas dimensões relevantes (tamanho, desenvolvimento, situação fiscal, densidade da rede, indicadores setoriais), mantendo um número pequeno de agrupamentos.

Para a etapa da análise estatística de clusters foram consideradas as variáveis apresentadas no quadro a seguir.

⁴ Cabe notar que uma classificação de municípios que considerasse apenas seu tamanho excluiria fatores que são essenciais para a seleção dos modelos de negócio.

Tabela 1 Características da base de dados

Objetivo / proxy	Variável	Unidade	Ano de informação
Tamanho do município	PIB—Produto Interno Bruto	Milhares de Reais	2012
Desenvolvimento	PIB per capita	Reais	2012
Verticalização do município	Economias por ligação de água ⁵	Razão	2013
Gestão fiscal	IFGF ⁶	Índice	2013
Endividamento municipal	DCL/RCL ⁷	Razão	2015
Tamanho da rede	Número de pontos de luz ⁸	Número	2014
Tecnologia da rede operacional	Uso de lâmpadas de vapor de mercúrio em proporção superior a 20% ⁹	Indicador	2014
Cobertura da rede	Percentual do município não coberto pela iluminação pública ¹⁰	Percentual	2014

Fontes dos dados: IBGE; FIRJAN; Tesouro Nacional; Ministério das Cidades; Grupo Banco Mundial.

Através de uma metodologia de agrupamento, foram obtidos 18 clusters iniciais (grupos homogêneos), que foram posteriormente reorganizados em seis grupos, mediante uma avaliação qualitativa das características que levariam à implantação de modelos de negócio similares. Esta reorganização considerou, principalmente, as características de escala e de gestão fiscal. Os resultados dessa análise são apresentados na tabela a seguir.¹¹

Nota-se que os estimados resultando da metodologia de agrupamento—incluindo números de cidades, população, pontos de luz, etc.—deveriam ser considerados indicativos com o propósito limitado de criação de uma visão geral do mercado.

A Tabelas acima mostram que os municípios dos Grupo A e B tem boa escala (> 20.000 pontos) e também boa gestão fiscal; estes dois grupos representam somente 3% do número de municípios no país, embora concentrem 41% da população e 42% dos pontos de iluminação. O Grupo C tem relativamente boa escala (tipicamente > 20.000 pontos) e relativamente boa gestão fiscal. Este grupo representa 6% dos municípios brasileiros, 7% da população, e 11% dos pontos de luz. O Grupo D caracteriza-se por escala relativamente baixa (tipicamente <5.000 pontos) embora relativamente boa gestão fiscal. O Grupo D inclui 16% dos municípios brasileiros, 11% da população, e 12% dos pontos de luz do país. A cidades de Grupo E tem

⁵ Para a aproximação das redes de iluminação pública, foi utilizado um serviço público que percorre essencialmente a mesma geografia, o de abastecimento de água por rede geral. Dessa forma Assim, foi observada a densidade da rede de abastecimento de água, que também reflete a verticalização do espaço urbano (economias por ligação). Uma ligação é um ramal conectado à rede de distribuição. Uma economia é uma unidade consumidora. Por exemplo, um edifício com dez apartamentos pode ter uma única ligação servindo a dez economias e, para esse prédio, a razão economias por ligação seria de 10.

⁶ O Índice Firjan de Gestão Fiscal (IFGF), que tem por objetivo medir a forma como os impostos/tributos pagos pela sociedade são administrados pelas prefeituras, é. É composto por cinco indicadores: Receita Própria, Gastos com Pessoal, Investimentos, Liquidez e Custo da Dívida.

⁷ Razão entre DCL (Dívida Corrente Líquida = Dívida Consolidada deduzida dos haveres financeiros) e RCL (Receita Corrente Líquida (RCL)). Existem casos em que o município pode ter DCL negativa, ou seja, a disponibilidade de caixa é superior às obrigações financeiras. Neste caso, um índice DCL/RCL negativo indica o quanto de caixa possui o município relativamente à Receita Corrente Líquida.

⁸ Valor estimado.

⁹ A tecnologia da rede foi aproximada pelo uso de lâmpadas de vapor de mercúrio em proporção superior a 20%.

¹⁰ Foi utilizado o percentual do município não coberto pela iluminação pública. Nestas variáveis, foram utilizados dados de pesquisa amostral realizada pelo Grupo Banco Mundial junto aos municípios brasileiros, não havendo dados disponíveis para o universo de municípios.

¹¹ A lista fornecida no sítio <http://wbg-eficienciaip.com.br/>

Tabela 2 Características chave dos agrupamentos

Grupo	Número de Municípios		Escala (pontos de iluminação)	Gestão fiscal
	Total	%		
A	47	1%	++++	+++
B	88	2%	++++	+++
C	329	6%	+++	+++
D	887	16%	++	+++
E	3.406	61%	+	++
F	813	15%	+	+

Classificação: em azul claro = boa; em azul escuro = moderada; em cinza = limitada

Tabela 3 Estatísticas dos grupos de municípios

Grupo	População			Pontos de Iluminação			Investimentos necessários (R\$)		
	Total (milhões)	%	Média	Total (milhões)	%	Média	Total (bilhões)	%	Média (milhões)
A	59,9	29%	1.274.015	5,1	27%	107.499	7,7	27%	161,3
B	23,8	12%	270.041	2,8	15%	31.490	4,2	15%	47,2
C	14,7	7%	44.701	2,1	11%	6.303	3,2	11%	9,5
D	23,0	11%	25.967	2,2	12%	2.437	3,3	12%	3,7
E	64,4	32%	18.921	5,1	28%	1.493	7,7	28%	2,2
F	18,6	9%	22.894	1,2	7%	1.533	1,8	7%	2,3
TOTAL	204,4	100%	36.704	18,4	100%	3.302	27,8	100%	5,0

Fonte: elaboração e estimativas do Grupo Banco Mundial e Pezco. Preços de equipamentos baseados em levantamento por equipes do Grupo Banco Mundial em junho de 2015. Preços de equipamentos são estimados a R\$1.500 por ponto (excluindo controles inteligentes), baseados em levantamento por equipes do Grupo Banco Mundial em junho de 2015. Os preços não incluem o potencial impacto na escala de compras. Foi utilizada a taxa de câmbio oficial do dia 13/05/2016, de R\$ 3.5/US\$.

pequena escala (< 2.000 pontos de luz) e gestão fiscal moderada. Este grupo inclui o maior número de cidades e população dentre todos os grupos—representando 61% e 32% do país, respectivamente—e aproximadamente 28% das pontos de luz no Brasil. Finalmente, as cidades do Grupo F caracterizam-se por ter pequena escala (< 2.000 pontos de luz) e gestão fiscal limitada, representando 15% das cidades, 9% da população e 7% dos pontos de luz no país.

■ VI Modelos de negócio para iluminação pública no Brasil

A diversidade dos municípios brasileiros fica patente quando os mesmos são organizados em seis grupos com características relativamente homogêneas. Com base nestas características, serão propostos diversos modelos de negócio, que estão descritos na Tabela 4 a seguir:

Tabela 4 Resumo dos modelos de negócio

Modelo	Breve descrição
M1—PPP Municipal	Criação de concessionária, à qual o município outorga uma ampla gama de responsabilidades mediante concessão administrativa para modernização do parque de iluminação pública e para prestar serviços de iluminação pública eficiente.
M2—Consórcios para PPPs	PPP em consórcio de municípios, que utiliza o instrumento de PPP a partir de um convênio entre diversos municípios de um mesmo estado.
M3—Financiamento Municipal	Emissão de debêntures ou endividamento municipal, que permitiria a municípios que não queiram ou não tenham capacidade (técnica ou financeira) para contratar PPP financiarem os investimentos necessários para a conversão do parque em LEDs.
M4—Programas de Concessionárias de Energia	Potencialização dos recursos provenientes do pagamento de energia elétrica pelos consumidores, sendo que a concessionária financiaria a compra de LEDs.
M5—Empresas de Serviço de Energia ESCO (s)	ESCOs buscariam os recursos no mercado e realizariam os investimentos necessários para a modernização nos municípios; a operação e manutenção continuariam a ser executadas pela prefeitura.
M6—Consórcio Municipal ou Agente Central de Compras	Criação de consórcios municipais para centralização de compras de LEDs para beneficiar-se de economias de escala no preço dos equipamentos.
M7—Autofinanciamento	Utilização das receitas <i>pari passu</i> com as despesas e investimentos, ou acumulação de valores para o investimento, ao longo de tempo, sem obtenção de financiamento.
M8—Transferência de Luminárias	Solução provisória, que consiste no remanejamento de equipamentos usados de vapor de sódio (ou vapor metálico) que serão liberados pela conversão em LEDs, para municípios que não têm boas perspectivas de converter seu próprio parque para LEDs no futuro próximo.

Nota-se que enquanto a formação de um consórcio municipal é uma condição necessária para o modelo M2, a agregação (com fins de criar escala, reduzir custos de transação, etc.) poderia ser realizada através do uso de consórcios municipais em vários outros modelos.

A seção seguinte fornece um resumo das características dos modelos de negócio, os grupos de municípios aplicáveis, as vantagens e desvantagens, e os riscos e fatores de mitigação para cada um deles. Mais detalhes sobre os modelos, incluindo os atores-chave para cada etapa do projeto, são fornecidos na Seção VII do relatório completo.

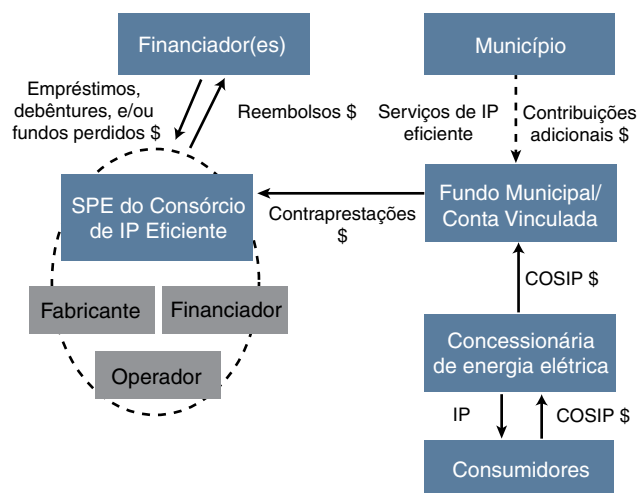
Modelo M1: Parceria Público-Privada (PPP)

Alguns projetos de iluminação pública no Brasil são capazes de atrair a participação do capital privado através de uma PPP, principalmente quando se tratam de cidades de grande porte com boa posição creditícia. Abaixo, encontra-se um resumo do modelo.

Características Principais

- Presença de um concessionário, onde o município outorga uma concessão que implica em uma gama de responsabilidades (instalação, O&M) do sistema ao longo do contrato.
- SPE representando o consórcio vencedor (por exemplo, um operador, financiador e fabricante), será responsável por alavancar financiamento.
- Cidade remunera a concessionária em contraprestações mensais usando COSIP (ou, se não existe ou não é suficiente, via orçamento municipal).
- COSIP é arrecadada pela concessionária de energia elétrica e repassada a um fundo municipal, ou a uma conta vinculada.

Figura 4 Exemplo de estruturação do modelo de PPP



Grupos

- Grupos A e B, representam um total de 135 municípios, ou seja 2,4% dos municípios brasileiros
- Representam 40,9% da população total; investimentos são de 10,1 bilhões de reais, que requerem 42,4% do investimento necessário em todo o país.

Vantagens

- O setor público transfere a maioria do risco de desempenho ao setor privado, quem tem mais capacidade para gerenciar este risco.

Desvantagens

- Custos de transação envolvidos na preparação de uma PPP podem ser significativos

Riscos

- Mais apropriada aos municípios do Grupo C, que apresentam baixa escala, tipicamente com porte inferior a 20.000 luminárias

Mitigadores

- Treinamento de municípios, padrões de contrato
- Implementar COSIP, garantias de crédito.
- Envolvimento de Tribunal de Contas nas etapas iniciais do processo.
- Garantias de desempenho dos fabricantes e concessionário.

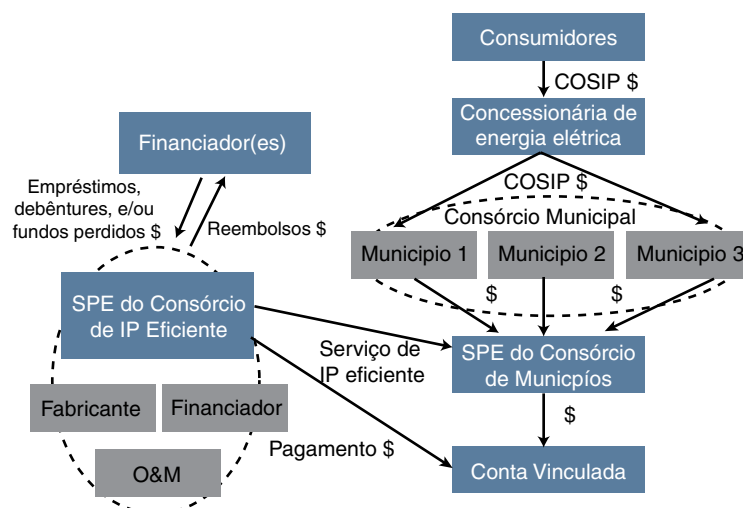
Modelo M2: Consórcio de Municípios para PPP

Por não ser viável para um grande número de municípios realizar concessões, individualmente, na forma de PPP, o consorciamento de municípios pode ser uma solução para gerar a escala necessária para o modelo de PPPs. A experiência internacional indica que há grandes ganhos de escala na aquisição de luminárias. Abaixo encontra-se um resumo do modelo.

Características Principais

- Consorciamento de municípios de pequena ou média escala, com criação de uma SPE.
- Muito parecido a M1, embora um consórcio de municípios seja o poder concedente.
- SPE de consórcio de municípios reembolsa a concessionária em contraprestações mensais da COSIP (ou, se não existe ou não é suficiente, orçamento municipal).
- COSIP é arrecadada pela concessionária de energia elétrica e repassada a uma conta vinculada.

Figura 5 Modelo de PPP com consórcio



Grupos

- Mais apropriada aos municípios do Grupo C, que apresentam baixa escala, tipicamente com porte inferior a 20.000 luminárias

Vantagens

- Expande o modelo de PPP para uma gama maior de municípios.
- Diversificação dos riscos políticos e de crédito dos municípios

Desvantagens

- Governança mais complexa de um consórcio, custos de transação e a percepção de risco podem ser elevados.

Riscos

- Falta de capacitação do consórcio
- Falta de clareza da governança do consórcio
- Risco de crédito municipal, falta de financiamento
- Falta de marco regulatório

Mitigadores

- Treinamento de municípios e consórcio; padrões de contrato
- Implementar COSIP, garantias de crédito.
- Envolvimento de Tribunal de Contas nas etapas iniciais do processo.
- Garantias de desempenho dos fabricantes e concessionário.

Modelo M3: Financiamento Municipal

O alto nível de capital necessário para implementar a tecnologia de LEDs é o principal desafio à conversão do parque de iluminação pública, tendo em vista principalmente o nível relativamente elevado de investimento necessário no início do projeto. No Modelo M3, cabe à Administração Pública municipal a responsabilidade da captação de financiamentos e a realização dos investimentos. Abaixo, encontra-se um resumo do modelo.

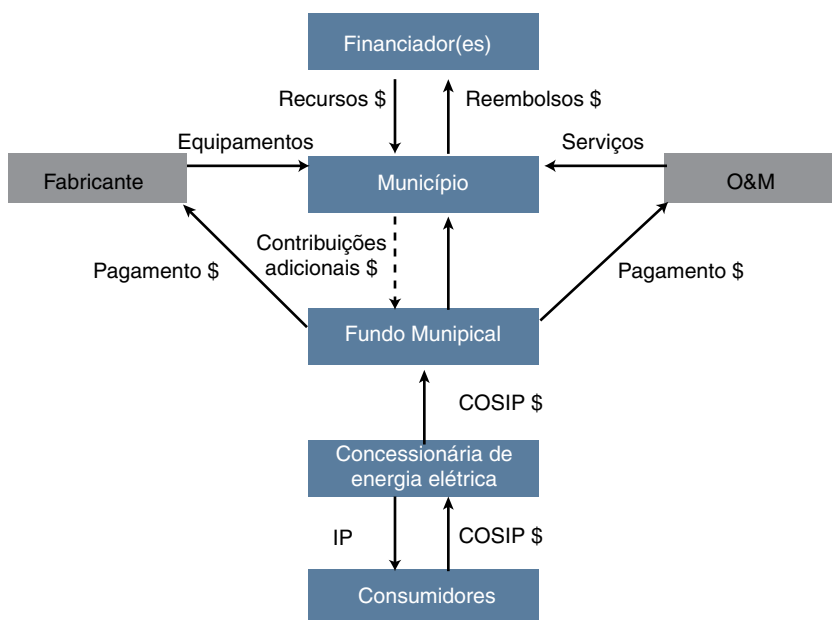
Características Principais

- A cidade toma empréstimos ou emite debêntures.
- Cidade reembolsa o financiador em contraprestações mensais usando a COSIP (ou, se não existir ou não for suficiente, o orçamento municipal), arrecadada pela concessionária de energia elétrica e repassada para um fundo municipal ou conta vinculada.
- Município é responsável pela execução dos serviços de O&M, por conta própria ou terceirizado e fiscalizado.

Grupos

- Os municípios relativamente pequenos de Grupos B (total de 88) e os municípios do Grupo C (total de 329), por terem boa gestão fiscal e escala, mas talvez não o suficiente para justificar os custos de transação associados com a estruturação de uma PPP.

Figura 6 Exemplo de estruturação do modelo de financiamento municipal



Vantagens

- Menor complexidade de estruturação do projeto (menos atores, processo rotineiro de licitação previsto na Lei 8.666/93).

Desvantagens

- Limites restritos de endividamento municipal desqualificam muitos municípios.
- Municípios poderiam usar o seu espaço fiscal para investimentos que não poderiam ser feitos pelo setor privado.
- O setor público assume a maior parte da responsabilidade pelo desempenho do projeto.

Riscos

- Risco de capacitação técnica e humana para gerenciar o processo.
- Risco de crédito municipal, falta de interesse dos investidores.

Mitigadores

- Treinamento em melhores práticas nacionais/internacionais; licitações competitivas; garantias de desempenho tecnológico adequadas; assessoria especializada para os municípios.
- Aproveitar a experiência de consórcios na área de tratamento de resíduos sólidos
- Implementar COSIP, garantias de crédito.

Modelo M4: Programas de Concessionárias de Energia Elétrica

Como descrito anteriormente, os dois programas nacionais voltadas para o segmento de iluminação pública—o PROCEL-Reluz e o PEE—tem a Concessionária de Energia com um papel importante no financiamento e/ou facilitação do investimentos em modernização de iluminação pública a escala. Embora, o modelo destes programas oferecem atualmente um potencial pouco para aumentar a escala de investimento por falta de recursos, poder-se-ia vislumbrar um cenário futuro em que as Concessionárias pudessem apoiar o processo modernização do parque de IP do Brasil, da mesma forma que poderiam fazê-lo para uma gama maior de projetos de eficiência energética. Abaixo, encontra-se um resumo do modelo.

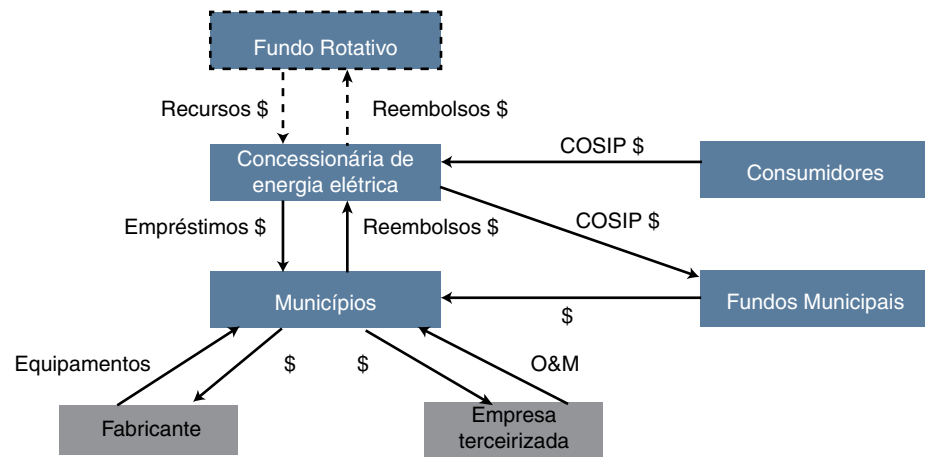
Características Principais

- Representaria uma ampliação do programa de PEE, com alguns aspetos distintos.
- Concessionária de Energia concede empréstimos aos municípios complementados com contraprestação, e eles recuperariam estes gastos com recursos de duas fontes: município (COSIP ou orçamento municipal) e um aumento da tarifa de energia elétrica (com já acontece na programa de PEE).
- Receitas líquidas do programa seriam utilizadas na criação de um fundo rotativo para iluminação pública.
- Município é responsável pela execução dos serviços de O&M (por conta própria ou terceirizado).

Grupos

- Municípios dos grupos D e E (>4.200 municípios; 75% da população); em alguns casos, alguns municípios dos grupos C e F. Representa R\$ 9,4 bilhões de investimento.
- Porte relativamente pequeno, com gestão fiscal razoavelmente boa.

Figura 7 Exemplo de estruturação do modelo de Programas de Concessionárias



Vantagens

- Custos dos empréstimos abaixo dos níveis do mercado de capitais.
- Benefícios de centralização da captação de recursos e melhor diversificação de risco.
- Alternativa para municípios com poucas outras opções de levantar recursos.

Desvantagens

- Requer uma mudança regulatória por parte de ANEEL em um ambiente em que a tendência é reduzir o envolvimento das Concessionárias de Energia no setor.

Riscos

- Falta de interesse por parte das Concessionárias de Energia, ou não aprovação do conceito pela ANEEL.
- Demanda de recursos pelos municípios excede a oferta
- Falta de capacidade dos municípios para implementar o projeto.

Mitigadores

- Engajamento forte com ANEEL sobre os benefícios do programa; ou, no curto prazo, as Concessionárias direcionariam mais recursos de PEE para o setor de iluminação pública.¹²
- Restringir municípios elegíveis (p.ex. pequeno-médio porte, etc.)
- Treinamento para municípios

¹² Isso talvez seja possível para concessionárias que atuam em áreas com poucos consumidores de baixa renda. Existe a obrigação regulatória de investir 60% dos recursos de PEE neste grupo de consumidores, mas em algumas áreas de concessão o mercado já está saturado, e as concessionárias não encontram demanda suficiente neste setor para desembolsar recursos com essas obrigações. Recente mudança legal estabelece um máximo de 80% de investimentos do PEE em baixa renda, mas eliminou a obrigatoriedade de um limite mínimo.

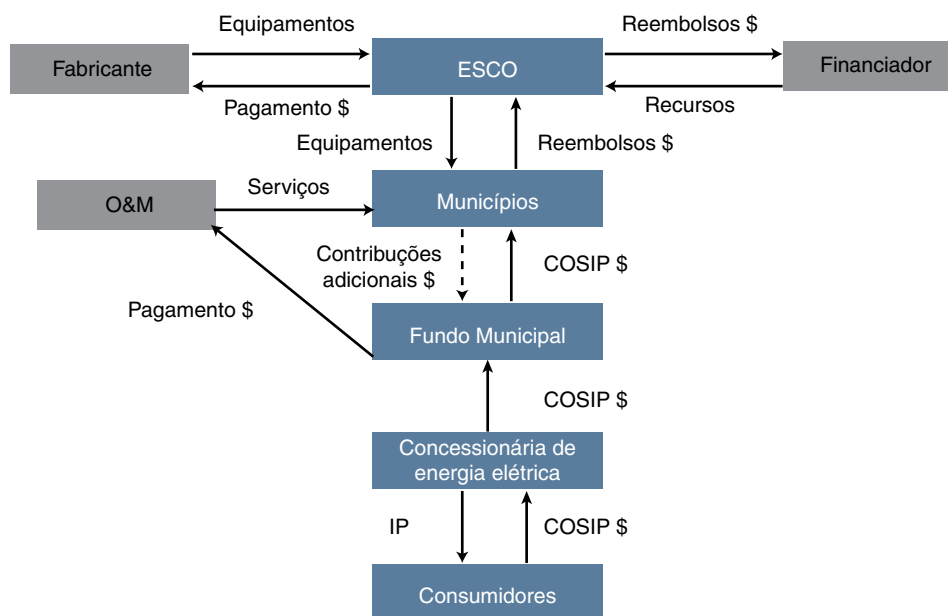
Modelo M5: Modelo de ESCO

Trata-se de um modelo de financiamento fora do balanço das prefeituras (off balance sheet financing), onde o investimento é feito por um terceiro (third-party financing). Dessa forma, os investimentos realizados na modernização não são considerados como dívida da prefeitura, não comprometendo seus limites de endividamento. Abaixo, encontra-se um resumo do modelo.

Características Principais

- Empresa ou consórcio de empresas (SPE) levanta recursos, adquire e instala luminárias LEDs em troca de um pagamento regular do município usando COSIP e/ou orçamento municipal.
- Município é responsável pela execução dos serviços de O&M (por conta própria ou terceirizado).
- Existem duas modalidades: (1) ESCOs compartilham os ganhos de eficiência, (2) ESCOs recebem um pagamento fixo pelo investimento realizado, e dão garantia técnica pelo desempenho do produto.

Figura 8 Exemplo de estruturação no modelo de ESCO



Grupos

- Este modelo se aplica ao grupo C, que totaliza 329 municípios, caracterizados por escala relativamente pequena, mas boa gestão fiscal.

Vantagens

- Oferece uma opção de financiamento fora do balanço (“off balance sheet financing”) para municípios de menor porte, sem o mesmo nível de envolvimento do regulador ou mudanças políticas como o modelo M4.

Desvantagens

- Menor abrangência em comparação com o M4 (saldo menor do ESCOs)
- Custos mais altos para municípios porque as ESCOs têm menos acesso aos recursos do município vinculado diretamente dos consumidores.

Riscos

- Falta de capacidade dos municípios para gerenciar o projeto.
- Falta de saldo suficiente do ESCO para assegurar financiamento, reduzindo a abrangência e escala do programa
- Risco de crédito municipal

Mitigadores

- Treinamento para municípios
- Aumentar linhas de financiamento disponíveis para ESCOs; focar nas ESCOs que são empresas subsidiárias das Concessionárias de Energia; voltar-se para projetos de pequena escala.
- Implementar COSIP, garantias de crédito.

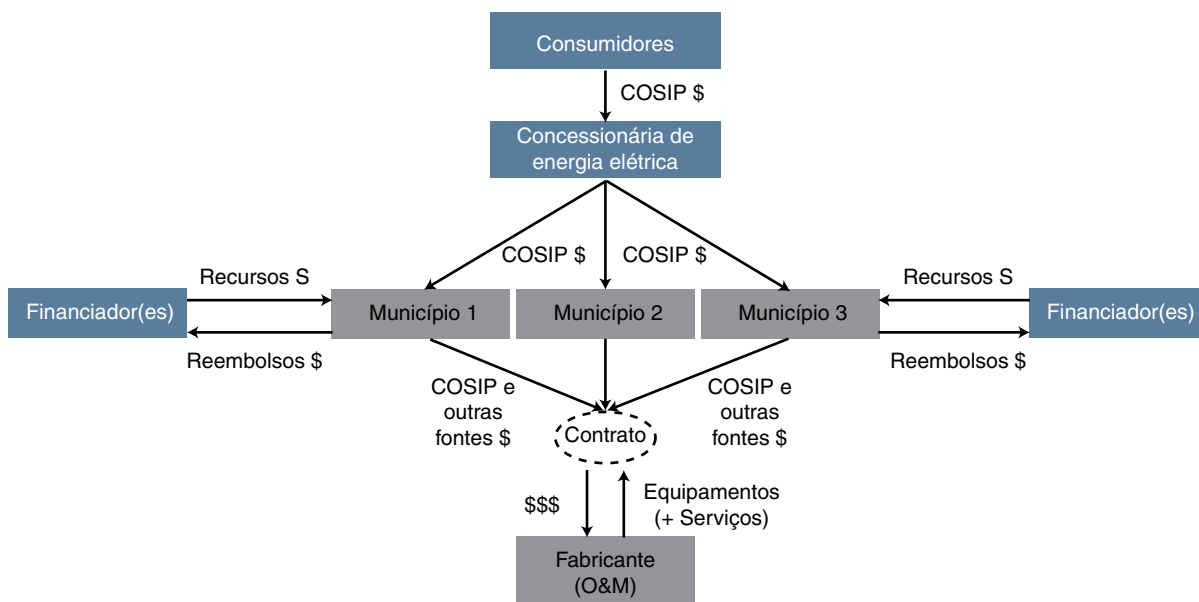
Modelo M6: Consórcio Municipal ou Agente Central de Compras

Este modelo procura capturar os ganhos de escala relacionados com uma contratação agregada de equipamentos (e possivelmente serviços) sem ter a responsabilidade de obter financiamentos. Abaixo, encontra-se um resumo do modelo.

Características Principais

- O estabelecimento de um consórcio ou outro agente (ou processo) de compras centralizado,
- Se for criada uma SPE, a SPE poderia alavancar recursos para os municípios; em caso contrário, os municípios seriam responsáveis.
- Municípios são responsáveis pela execução dos serviços de O&M (por conta própria ou terceirizado).

Figura 9 Exemplo de estruturação do modelo de Contratação Centralizada



Grupos

- Este modelo se aplica aos municípios dos Grupos C e D (1.216 municípios; 21,8% da população).
- Em alguns casos, pode se aplicar aos grupos E e F.

Vantagens

- Potencial de menor custos de transação, em comparação ao modelo M2, se não for criado uma SPE.

Desvantagens

- Se não for criado uma SPE, a dificuldade dos municípios em obter financiamento não é resolvida.

Riscos

- Falta de capacidade dos municípios para preparar as especificações técnicas.
- Coordenação complexa para levantar financiamento para vários municípios.
- Risco de crédito municipal; falta de interesse dos investidores.

Mitigadores

- Treinamento para municípios
- Padrões para temas jurídicos e financeiros para os consórcios de municípios
- Implementar COSIP, garantias de crédito.

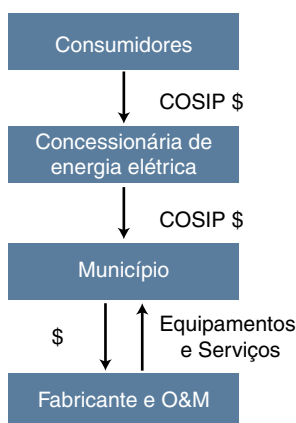
Modelo M7: Autofinanciamento

Quando os municípios não têm outra opção para captar recursos para seus projetos, uma opção disponível é simplesmente o autofinanciamento do projeto ao longo de um período mais longo no tempo, ditado pela disponibilidade financeira. Abaixo, encontra-se um resumo do modelo.

Características Principais

- Prefeituras realizarão os investimentos em modernização utilizando receitas de iluminação pública pari passu com as despesas e investimentos correspondentes.
- Implica um ritmo lento de investimentos (e maior prazo de modernização), que depende fundamentalmente dos excedentes da COSIP ou orçamento municipal.

Figura 10 Exemplo de estruturação do modelo de Auto Financiamento



Grupos

- Este modelo se aplica aos municípios dos Grupos C e D (1.216 municípios; 21,8% da população).
- Em alguns casos, pode se aplicar aos grupos E e F.

Vantagens

- Poucos custos transacionais porque não requer arranjos financeiros ou institucionais
- Pode ser uma das únicas opções viáveis para algumas cidades se não houver suporte do governo

Desvantagens

- Em municípios com menor capacidade e de baixa escala, há menor espaço para a criação de COSIP em nível adequado para a realização dos investimentos.
- Maior risco de desempenho para os municípios

Riscos

- Falta de capacidade dos municípios para preparar as especificações técnicas.
- Alto custo por lâmpada devido à menor escala; falta de recursos para implementar o projeto

Mitigadores

- Treinamento para municípios
- Implementação de COSIP de forma robusta com previsão de superávit para modernização

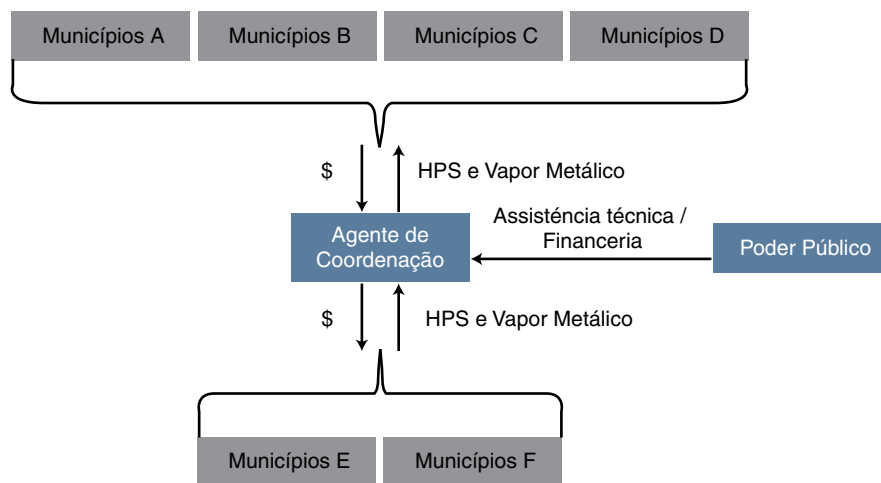
Modelo M8: Transferência de luminárias

Este modelo consiste na transferência do parque de HPS (ou lâmpadas multi-vapor metálicas), juntamente com as luminárias completas, de cidades modernizando com LEDs a municípios com lâmpadas menos eficientes. O pressuposto do modelo é a conversão massiva, nos próximos anos, de lâmpadas de vapor de sódio e de vapor de mercúrio em equipamentos novos de LEDs.¹³ Com essa conversão, haverá um estoque significativo de lâmpadas de vapor de sódio de segunda mão que, após a substituição, ficará disponível para a transferência para locais que não tem opções para investir em LEDs e ainda utilizam outras tecnologias menos eficientes.

Características Principais

- Um sistema provisório de transferência do parque de HPS de municípios modernizados com LEDs para municípios sem capacidade de modernizar no curto ou meio prazo.
- Criação de uma estrutura de coordenação para facilitar as transações bilaterais usando leilões transparentes (feito por um agente público ou privado).
- Compradores seriam prefeituras ou empresas terceirizadas; vendedores seriam prefeituras ou agentes privados que tenham adquirido ativos de prefeituras.

Figura 11 Exemplo de estruturação do modelo de Transferência de luminárias



Grupos

- Grupos E e F, com 4.219 municípios (cerca de 1,6 bilhões de reais)

Vantagens

- Oferece uma oportunidade de melhoria da eficiência energética e serviço para os municípios com baixo poder aquisitivo ou dificuldades fiscais/institucionais.

Desvantagens

- A implementação de um sistema de venda/permuta/doação pode ser operacionalmente complexa
- Possivelmente menor vida útil dos equipamentos permutados

Riscos

- Coordenação complexa, resultando em custos altos de transação
- Falta de interesse ou capacidade de entes públicos e/ou privados para o esquema
- Falta de recursos ou capacitação dos municípios.

Mitigadores

- Envolvimento de ator público para fiscalizar o processo e i
- Preços devem compensar os municípios pelo risco técnico
- Implementação de COSIP consistente com previsão de superávit para modernização

¹³ O parque instalado de lâmpadas de vapor de sódio correspondia, em 2012, a 11,4 milhões de unidades, bastante superior aos 1,2 milhão de pontos de luz atualmente existentes nos municípios do Grupo F. O total das lâmpadas de multivapor metálico era de 201 mil, e das lâmpadas de vapor de mercúrio, candidatas para substituição, 3,8 milhões. Há ainda um parque operacional de iluminação pública que utiliza lâmpadas incandescentes (188 mil), mistas (283 mil), fluorescentes (160 mil) e halógenas (10,9 mil).

Tabela 5 Modelos de negócio para cada grupo

Grupo	M1 PPP Municipal	M2 PPP com Consórcios	M3 Financiamento Municipal	M4 Programas de Concessionárias de Energia	M5 ESCO (s)	M6 Consórcio Municipal / Agente Central de Compras	M7 Auto- financiamento	M8 Transferência de Luminárias
A	Preto							
B	Preto	Cinza	Preto					
C		Preto	Preto	Cinza	Preto	Preto	Cinza	
D				Preto		Preto	Preto	
E				Preto		Cinza	Preto	Preto
F				Cinza		Cinza	Preto	Preto

Fonte: Grupo Banco Mundial, elaborada pela Pezco **Legenda:** Preto = Sugerido; Cinza = Possível

A Tabela 5 permite uma visualizar da correspondência entre os agrupamentos e os respectivos modelos de negócio sugeridos. É importante destacar que vários modelos de negócio podem ser utilizados na maior parte dos grupos, dependendo das condições iniciais e da preferência do governo de cada cidade.

■ VII Mecanismos de Financiamento e Aprimoramento de Crédito

Cada um dos modelos de negócio descritos anteriormente apresenta especificidades que podem afetar as opções e modelos de financiamento, conforme mostra a Tabela 6 a seguir. Alguns modelos, como M1 e M5, podem ser atraentes para o setor privado, enquanto outros, como M3, dependem fundamentalmente da existência de linhas de crédito direcionadas ao setor público, em que a prefeitura tem um papel preponderante no financiamento da modernização e futura operação do parque de iluminação pública.

Cada um dos principais instrumentos financeiros constantes da Tabela 6 será definido a seguir, bem como sua aplicabilidade aos diversos modelos de negócio.

1. *COSIP*. Trata-se do imposto cobrado pelas empresas distribuidoras na conta de energia elétrica dos consumidores e que é repassado ao município para cobertura das despesas de custeio e expansão de seu sistema de iluminação pública. Trata-se de um fundo dedicado, não podendo ser usado para outras finalidades. A COSIP apresenta segurança jurídica como garantia para a modernização do setor de IP. Trata-se de um diferencial competitivo que atrai capitais privados para participar da modernização do setor, seja através de uma PPP sob a forma de concessão administrativa, seja através de mecanismos mais simples como empresas de serviço de eficiência energética. A maioria dos municípios brasileiros já implementou a COSIP e a tendência é os demais venham a fazê-lo.
2. *Private Equity*. Trata-se da participação do capital privado como acionista de uma SPE cujo objetivo é a modernização do sistema de iluminação pública. Há várias modalidades de engajamento da SPE, que vão desde uma concessão administrativa outorgada por um município (M1) até estruturas mais simples, em que uma empresa de serviços, ou ESCO, se encarrega de efetuar a substituição das lâmpadas pelas tecnologias LEDs, mas a operação e manutenção são realizadas pela prefeitura (M5).
3. *Empréstimos de Bancos Privados*. Trata-se de uma modalidade em que bancos comerciais privados (nacionais ou estrangeiros) emprestam recursos diretamente às prefeituras (M3, M6, M7) ou a

Tabela 6 Mapeamento da Adequação dos Instrumentos Financeiros aos Modelos de Negócios

Instrumento Financeiro/Modelo de Negócio	M1 PPP Municipal	M2 Consórcios para PPPs	M3 Financiamento Municipal	M4 Concessionárias de Energia	M5 ESCOS	M6 Consórcio Municipal/ Agente Central de Compras	M7 Auto- Financiamento	M8 Transferência de Luminárias
COSIP ou Orçamento Municipal	●	●	●	◐	●	●	●	◐
Private Equity	●	●	○	○	●	○	○	○
Empréstimos Bancos Privados	◐	◐	◐	○	◐	◐	○	○
Debentures, FIDC, FIP, Green Bonds	◐	◐	◐	○	◐	○	○	○
Bancos de Desenvolvimento (domesticos, multilaterais)	◐	◐	◐	○	◐	◐	○	○
BNDES—FINEM	◐	◐	◐	◐	●	◐	○	◐
Empréstimos Bancos Públicos (BB, CEF)	◐	◐	◐	◐	◐	◐	○	◐
Financiamentos Setoriais (PEE, RELUZ, PROCEL)	○	○	◐	●	◐	◐	○	◐
FI-FGTS	○	○	◐	○	○	○	○	○
Garantias de credito (p.ex. Banco Mundial)	◐	◐	◐	◐	◐	○	○	○

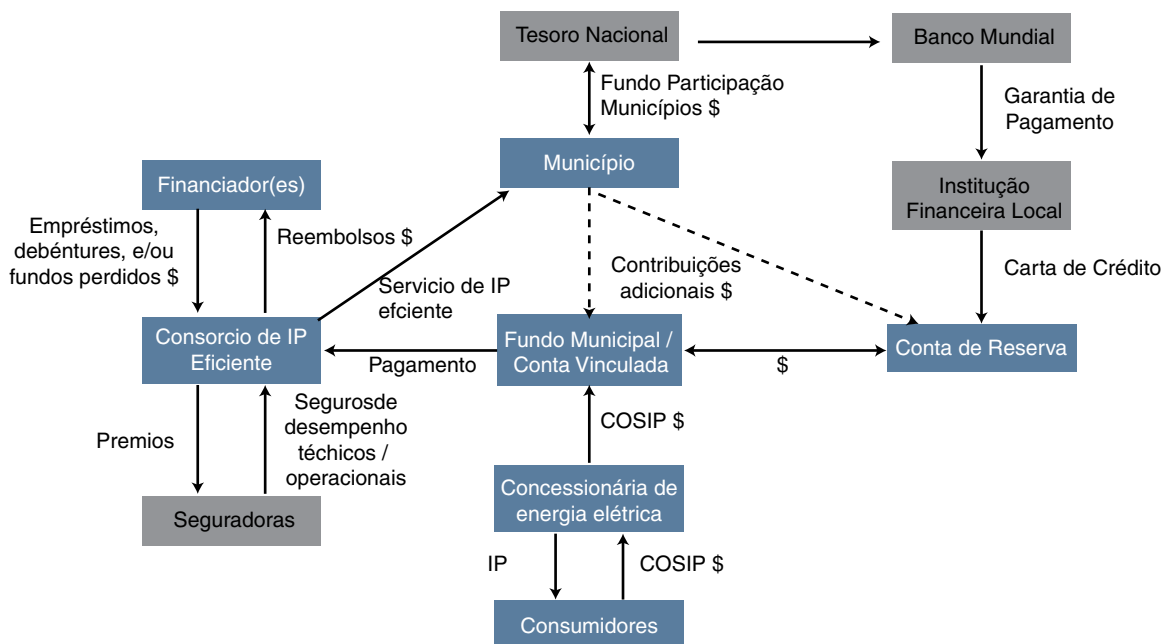
Legenda: *Círculo Cheio = mais adequado ou indicado; Círculo vazio = não aplicável ou não indicado*

agentes atuando em nome destas para modernização do setor de iluminação (M1, M2, M5). No caso de empréstimos destinados ao setor público, os municípios estão sujeitos aos limites de endividamento aplicáveis.

4. *Debêntures, FDIC, FIP, Green Bonds*. Estas são formas que permitem levantar recursos no mercado financeiro nacional ou internacional em maior volume e a custos mais competitivos, recursos estes que são necessários para projetos de maior escala. Uma breve descrição de cada um destes instrumentos é apresentada a seguir:
 - a. *Debêntures* são instrumentos de dívida (títulos) emitidos por uma SPE (M1), por um consórcio (M2) ou mesmo uma prefeitura (M3). Os mesmos concedem aos investidores direitos de crédito. É um instrumento de securitização bem aceito nos mercados de capitais brasileiros.
 - b. *FIDCs* são fundos mútuos de investimento que investem pelo menos 50% dos seus ativos líquidos em direitos creditórios. São uma ferramenta adequada para securitizar fluxos futuros de recursos para projetos de infraestrutura—tais como a COSIP. FIDCs podem adquirir debêntures emitidas por várias SPEs (M1, M2, M5) ou prefeituras (M3).
 - c. *FIPs*. (Fundos de Investimento em Participações). São fundos de investimento fechados que investem em ações, debêntures e títulos conversíveis de qualquer companhia brasileira de capital aberto ou fechado, desde que ela seja uma sociedade anônima. São mais aplicáveis aos modelos M1 e M2.
 - d. *Green Bonds*. São instrumentos de crédito que podem ser emitidos por agentes privados, instituições do governo ou multilaterais. São emitidos para levantar recursos para projetos em apoio à agenda climática, ou seja, relacionados à melhoria do meio ambiente. Este instrumento seria indicado para projetos de grande porte, sejam eles conduzidos pelo setor privado (M1) ou por grandes prefeituras (M3).
5. *BNDES—Infra, DesenvolveSP, AgeRio, BDMG e Multilaterais*. Estas instituições disponibilizam uma série de instrumentos voltados para o financiamento de projetos de eficiência energética, incluindo potencialmente projetos de iluminação pública. O BNDES tem sinalizado seu interesse em apoiar os projetos de PPP para modernização de iluminação pública, tais como os de São Paulo e Belo Horizonte (M1). As agências Desenvolve SP, AgeRio e BDMG repassam recursos do BNDES ou podem oferecer suas próprias linhas de financiamento. Estas fontes seriam mais indicadas para os modelos M1 e M3, apresentando também bom potencial para os modelos M2 e M5. O Banco Mundial pode, em princípio, financiar grandes municípios. Seu braço privado, a IFC, pode financiar empresas privadas bem como participar minoritariamente em algumas das parcerias público-privadas. Estas instituições podem ainda prestar assistência técnica e ajudar as prefeituras na formulação e estruturação das parcerias público-privadas.
6. *BNDES-FINEM*. Trata-se de uma linha dedicada a projetos de eficiência energética, que substituiu a linha PROESCO do BNDES. A linha BNDES-Finem¹⁴ aceita operações com valor igual ou superior a R\$ 5 milhões, cobrindo até 70% dos itens financiáveis. É provável que a linha BNDES-Finem se aplique também a projetos de modernização de menor porte, onde exista uma empresa ESCO (M5), ou mesmo projetos realizados pelo setor público (M3, M4 e M6).
7. *Empréstimos Bancos Públicos (BB, CEF)*. Estas instituições gozam de invejável capilaridade junto às prefeituras municipais, muitas das quais são seus clientes ativos, incluindo em áreas de infraestrutura. A CEF dispõe ainda de um corpo técnico qualificado e descentralizado que poderia

¹⁴ Linha do BNDES voltada ao financiamento de empreendimentos. De maneira geral, o BNDES Finem financia projetos acima de R\$ 20 milhões, com cobertura de 50% dos itens financiáveis, mas esses parâmetros são mais favoráveis (R\$ 5 milhões e 70%) no caso de projetos de eficiência energética.

Figura 12 Exemplo de uso de Garantias do modelo de PPP



prestar assistência às prefeituras menores na revisão de seus projetos de IP. O BB e CEF talvez possam colaborar de forma mais expressiva em projetos do setor público (M3) e de prefeituras com consórcio para compras (M6) a fim de universalizar a modernização do parque de IP.

8. *Financiamentos Setoriais (PEE, Reluz, PROCEL)*. Como já foi explicado, fundos setoriais desempenharam um papel importante na modernização dos sistemas de IP. Entretanto, mudanças de natureza legal reduziram os recursos disponíveis para este setor. Há vários projetos em andamento que implicam uma revisão do papel do PROCEL, alocação de recursos do PEE para gestão pela Eletrobrás e no futuro nos critérios legais de alocação dos recursos do PEE. O futuro, portanto, é incerto. É possível que as concessionárias (M5) possa facilitar ou coordenar os recursos destinados à eficiência energética do segmento (M5).
9. *FI-FGTS*. Os recursos do FGTS tem apoiado uma série de projetos na área de infraestrutura urbana. Entretanto, haja vista as recentes alterações institucionais, faria sentido tratar projetos de modernização como parte da infraestrutura urbana. A alocação de recursos do FI-FGTS requer deliberação do Conselho Gestor do Fundo. Possivelmente caberia ao Ministério das Cidades tomar a iniciativa de propor tal alteração ao Gestor do Fundo. Por hora, estes fundos não estão disponíveis, seja qual for o modelo de negócio escolhido.
10. *Mecanismos de aprimoramento de crédito (credit enhancement)*—p.ex. PRG WORLD BANK. Formas de credit enhancement podem ser essenciais para o financiamento dos projetos de iluminação pública. Mesmo que a COSIP seja bem formulada e forneça uma garantia adequada para financiadores dos projetos de iluminação pública, pode haver uma percepção de risco residual de insuficiência de recursos e exposição ao risco crédito municipal.

A Figura 12 a seguir mostra um esquema potencial para o uso de garantias dentro de uma PPP para iluminação pública para mitigar os riscos acima, incluindo a criação de uma conta de reserva como garantia parcial de pagamento para as contraprestações do município para o consórcio de IP do PPP. Normalmente, este mecanismo é formulado para cobrir as obrigações da Conta Vinculada por um prazo de três a seis meses. O mecanismo conta com garantia soberana do Tesouro Nacional.

Tabela 7 Outros Mecanismos de mitigação de risco

Mecanismo	Riscos mitigados	Observação
Garantia do fabricante	Risco de desempenho técnico	Garantias fornecidas por muitos fabricantes (custo incluído no preço de LEDs)
Garantia da seguradora	Risco de desempenho técnico e/ou operacional	Companhias de resseguro; (p.ex. MunichRe), mesmo que ainda não esteja maduro no mercado
Seguros de instituições financeiras multilaterais	Risco político	MIGA (Banco do Brasil)
Garantia do governo federal para infraestrutura (ABGF)	Riscos não gerenciáveis	Fundo Garantidor de Infraestrutura (FGIE) tende a focar em grandes projetos, não atendendo à maior parte dos municípios.

Fonte: Elaborada pela Pezco, com base em consultas a atores e fontes públicas.

■ VIII Outros Riscos e Mecanismos de Mitigação

Um projeto de iluminação pública deve atentar para uma série de outros riscos, incluindo risco da tecnologia de LEDs, risco de desempenho nos aspectos operacionais, risco político, entre outros. Garantias e outras formas de mitigação são particularmente importantes para apoiar projetos que contem com a participação do setor privado, seja como concessionária, ESCO, ou como provedor de recursos na condição de instituições financeiras privadas. As situações onde riscos podem ser mitigados estão presentes na maior parte dos modelos, de M1 a M5.

A Tabela 7 abaixo apresenta vários mecanismos para abordar tais riscos em projetos de iluminação pública.

■ IX Conclusões e próximos passos

Os municípios brasileiros encontram um contexto relativamente favorável para investimentos no setor, com alta significativa dos preços da energia, queda dos custos da tecnologia e, na maior parte dos municípios, a existência de recursos específicos através da COSIP.

Através de uma primeira caracterização dos municípios brasileiros em termos de tamanho, gestão fiscal e características da rede de iluminação é possível identificar grupos com capacidades e necessidades diferenciadas.

Os oito modelos de negócio apresentados consideram as características dos grupos de municípios identificados, propondo estruturas e fontes de financiamento para viabilizar a modernização de todo o parque de iluminação pública. Estes modelos abarcam uma gama completa de fontes de financiamento, desde modelos operados e financiados diretamente pelo setor privado até programas nacionais de fomento ou operações financiadas com receitas próprias dos municípios.

É importante que os municípios façam uma avaliação das próprias necessidades e capacidades para o desenho e/ou gerenciamento da operação associada ao modelo de negócio que irão aplicar. O seguinte passo é identificar as melhores fontes de financiamento para viabilizar a operação incluindo, quando necessário, mecanismos adicionais de aprimoramento de crédito, tais como garantias para a mitigação do risco municipal. O relatório apresenta dez instrumentos de financiamento e aprimoramento de crédito e inclui um mapeamento da compatibilidade destes instrumentos com os modelos de negócio.

Grande parte destes modelos e instrumentos precisam de algum tipo de apoio institucional para acelerar a sua implementação a nível nacional. O resultado deste estudo indica que o cenário provável é o uso do modelo de negócio de autofinanciamento para mais que 90% de cidades que correspondem a 50% dos pontos de iluminação (o seja, Modelo M8; Grupos D, E e F). Isso implicaria uma modernização bastante lenta do parque brasileiro, reduzindo assim os benefícios econômicos e sociais que a tecnologia de LEDs poderia trazer (e.g., economias de energia, segurança pública, melhoria de serviços aos cidadãos, etc.). Devido a isto, é imperativo identificar lacunas e achar soluções para poder incluir o máximo número de cidades brasileiras nesta revolução tecnológica.

Lacunas identificadas e soluções propostas

A tabela a seguir apresenta as barreiras e lacunas que impedem o completo desenvolvimento dos modelos e instrumentos propostos, assim como algumas recomendações baseadas no conteúdo deste relatório:

Lacunas / Barreiras	Recomendações	Atores-chave
Insuficiência de políticas nacionais para iluminação pública eficiente; Ausência de uma estratégia a nível nacional	Desenhar uma estratégia nacional, incluindo programa de metas; Promover legislação específica; Identificar e designar ator(es) responsáveis	Ministério de Minas e Energia; Ministério das Cidades; Ministério de Indústria e Comércio
Insuficiência de linhas públicas ou setoriais de financiamentos subsidiados	Criação de nova(s) linhas e/ou instrumentos direcionados para municípios que não podem atrair investimentos privados	Eletrobrás; Distribuidoras de Energia; Conselho Curador do FGTS
Insuficiência de capacitação técnica e/ou de gestão de iluminação pública a nível dos municípios	Criação de programa(s) nacionais/ estaduais para assistência técnica; Criação de ferramentas para avaliação de projetos; Criação de modelos padronização para contratos de iluminação pública	Eletrobrás; Bancos de Desenvolvimento; Bancos Públicos; Agências Estaduais de Desenvolvimento; SENAI; Instituto Brasileiro de Administração Municipal
Alto custo dos LEDs pelo baixo nível de nacionalização	Criação de uma política industrial de nacionalização (taxas de importação, etc.); Linhas de financiamento para produção nacional de LEDs	Ministério de Indústria e Comércio; Ministério da Fazenda; BNDS
Alto custos de transação para PPPs	Tipificação de modelos de negócio e padronização de contratos / instrumentos financeiros	Bancos de Desenvolvimento; Bancos Públicos
Altos custos de transação para operação e financiamento de consórcios públicos	Marco legislativo para consórcios públicos precisa ser aprimorado; Permitir financiamento direto da pessoa jurídica do consórcio público	Ministério das Cidades; Associação Brasileira de Municípios
A percepção do risco de crédito municipal afasta a inversão privada	Criação/disponibilização de instrumentos para mitigar a percepção do risco de crédito municipal.	Governo Federal; Organismos multilaterais
Percepção de risco de desempenho das luminárias	Normatização/certificação de equipamentos; Padronização das garantias oferecidas pelos fornecedores; outros produtos de garantia, como seguros	Associação Brasileira de Normas Técnicas; Inmetro; Seguradoras; Ministério de Indústria e Comércio

Lacunas / Barreiras	Recomendações	Atores-chave
Falta de normatização/certificação de LEDs para permitir comparação entre produtos	Normatização/certificação de equipamentos	Associação Brasileira de Normas Técnicas; Inmetro; Empresas de certificação
Falta de padronização de COSIP	Criação de guias para implantação / ajuste da COSIP	Instituto Brasileiro de Administração Municipal
Lei de Responsabilidade Fiscal restringe investimentos acima de 16% da Receita Corrente Líquida	Excluir investimentos em eficiência energética que melhorem a situação fiscal do município ao longo do tempo	Governo Federal

Tabela 8 Recomendações no desenho de COSIP

Mecanismo de indexação	<ul style="list-style-type: none"> É recomendável que a COSIP seja indexada aos preços da energia elétrica e outros custos relativos à O&M, para que aumentos da tarifa e/ou serviços de O&M não coloquem o município em risco de déficit.
Mecanismo de reajuste regular	<ul style="list-style-type: none"> É recomendável que os municípios instituam na própria Lei Municipal, um mecanismo de reajuste claro ou até automático para todas as faixas de consumo. Isso pode mitigar (embora não evite completamente), os riscos de interferência política nos valores de COSIP.
Previsão da possibilidade de vinculação	<ul style="list-style-type: none"> Do ponto de vista dos investidores potencias neste setor, direcionar os recursos de COSIP para uma conta vinculada (“escrow account”) diminui bastante a percepção do risco de crédito do município. Assim, é recomendável que, se o município estiver considerando atrair investimentos para um projeto de modernização, o município institua essa possibilidade na lei que define a COSIP.
Esclarecer a finalidade dos recursos da COSIP	<ul style="list-style-type: none"> Tem havido discussões no judiciário sobre a abrangência de utilização da COSIP, por exemplo questionando se a COSIP pode ser usada apenas para O&M, ou se seria aplicável para investimentos em modernização. A legislação municipal deve ser clara neste sentido para evitar problemas.
Normas de arrecadação da COSIP	<ul style="list-style-type: none"> É importante que o município e a concessionária de energia implementem um acordo robusto e claro quanto à maneira de arrecadação e repasse da COSIP, realizado pela concessionária de energia em nome do município. Além disso, os municípios deveriam ter capacitação para poder fiscalizar este processo.

Dada a importância de padronização de COSIP para avançar projetos de iluminação pública, a tabela abaixo apresenta algumas recomendações de padrões no desenho da COSIP que poderiam ser consideradas por Prefeituras considerando a sua implementação o revisão.

Próximos Passos

Este relatório identificou uma série de desafios e oportunidade relacionadas à modernização do setor de iluminação pública no Brasil. O próximo passo é a consulta mais ampla junto a atores públicos e privados, incentivando o diálogo entre as partes e oferecendo elementos aos tomadores de decisões das diversas esferas públicas e privadas para que possam gerar propostas mais concretas, compondo uma agenda efetiva de melhoria do segmento de iluminação pública no Brasil.

II Introdução

As cidades representam um grande consumidor de energia no mundo. Concentram dois terços do consumo de energia e mais de 70% das emissões globais de gases de efeito estufa.¹⁵ No ambiente urbano, as redes de iluminação são importantes fontes de consumo de energia elétrica. No Brasil, o custo de energia para iluminação pública já representa o segundo maior item orçamentário para grande parte dos municípios, superado apenas pelos gastos com folha de pagamento. Ademais, após de novos regulamentos que requer que todos os municípios recebam os ativos de iluminação pública das empresas concessionárias, o setor de iluminação pública chega a ser um dos poucos setores onde as prefeituras tem controle direto sobre os ativos (em comparação com transporte, por exemplo); assim, as prefeituras tem incentivos de investir e capacidade de implementar projetos neste setor se mesmos.

No Brasil, a iluminação pública utiliza principalmente lâmpadas de vapor de mercúrio e de sódio, que vêm sendo superados por lâmpadas de LEDs, de *Light-Emitting Diodes*, que são entre 40–60% mais eficiente da tecnologia atualmente instalada no parque brasileiro, já em operação em algumas cidades importantes de outros países. A disponibilidade e a crescente difusão da tecnologia de LEDs oferece uma oportunidade única para que as cidades brasileiras reduzam seu consumo de energia, especialmente considerando os aumentos no preço de energia nos últimos anos.

As vantagens dessa nova tecnologia não se encerram na eficiência energética. Além disso, oferecem reduções importantes nos custos de operação e manutenção, e adicionam importantes benefícios colaterais associados à melhoria da iluminação, como a redução da criminalidade e o aumento da percepção de segurança e autoestima dos cidadãos.

Apesar dos grandes benefícios associados à conversão do parque instalado nessa nova tecnologia, há importantes entraves econômico-financeiros e institucionais para seu avanço nas cidades brasileiras. Importaneamente, a tecnologia de LEDs, embora mais eficiente, é bem mais capital-intensiva que as tecnologias precedentes. Assim, o principal desafio à conversão do parque de iluminação pública é o nível relativamente alto de investimentos que deve ser feito de maneira concentrada no momento inicial.

A realização dos benefícios da conversão para as novas tecnologias requer o desenho de modelos de negócio que permita a realização dos investimentos necessários. Para lograr uma modernização do parque nacional do Brasil, os modelos de negócio tem que considerar a diversidade dos municípios brasileiros. Além disso, precisam soluções financeiras que alavancam capital do setor privado e que oferecem para os riscos de crédito municipal e desempenho do projeto.

¹⁵ Também conhecido pela sigla em inglês GHG (*Green House Gases*).

Já que os preços dos LEDs estão caindo e os benefícios são grandes, a transição ao tecnologia de LEDs e quase inevitável. Muito embora, o ritmo dessa conversão é incerto. Assim, este relatório teve como objetivo principal identificar modelos de negócio e financiamento que, considerando o ambiente institucional e as características do mercado, permitam gerar os recursos necessários no curto- ou médio-prazo aos projetos de modernização sustentável do parque de iluminação pública no país, com fins de trazer os benefícios a prefeituras, cidadãos, e o médio ambiente logo possível.

Este relatório alavancou estudos já realizados pelo Grupo Banco Mundial especificamente para o mercado de iluminação pública no Brasil, incluindo: estudos de pré-viabilidade para as cidades do Rio de Janeiro e Belo Horizonte;¹⁶ uma pesquisa amostral sobre a situação da iluminação pública nos municípios brasileiros;¹⁷ visitas de campo realizadas por consultores do Banco Mundial em cinco áreas¹⁸ no Brasil; análise de agrupamento e modelos preliminares de negócio realizada por PEZCO consultores. Além disso, o estudo se beneficiou de análises prévias do Banco Mundial e da Corporação Financeira Internacional (IFC) relativos a outros países e regiões.

O relatório tem cinco sessões principais, a seguir:

- **Seção III** apresenta as tendências internacionais da iluminação pública com as novas tecnologias a base de LEDs, apresentando os seus benefícios e ilustrando com a experiência internacional;
- **Seção IV** apresenta uma caracterização do mercado de iluminação pública no Brasil, mostrando seus indicadores de cobertura, o parque tecnológico instalado, o consumo de energia atual, etc.;
- **Seção IV** apresenta as oportunidades e desafios principais para a modernização do parque brasileiro a LEDs;
- **Seção V** desenvolve, sumariamente, o trabalho técnico de mapeamento dos municípios brasileiros para a iluminação pública, descrevendo o procedimento de classificação desses municípios em clusters homogêneos e seu posterior reagrupamento em seis blocos que permitem o desenvolvimento de modelos de negócio;
- **Seção VI** apresenta as propostas de oito modelos de negócio que correspondem aos agrupamentos sugeridos para os municípios;
- **Seção VII** fornece uma panorama dos instrumentos financeiros que podem ser utilizados nos oito modelos de negócio; e,
- Finalmente, **Seção VII** apresenta conclusões e recomendações de ação. Os anexos ao estudo detalham os aspectos técnicos e oferecem mais informações para a fundamentação da análise.

¹⁶ Os estudos de pré-viabilidade foram realizados por equipes do Grupo Banco Mundial, tendo sido concluídos em agosto e setembro de 2014, respectivamente.

¹⁷ Trata-se do “Estudo da Situação da Iluminação Pública nos Municípios Brasileiros”, uma pesquisa por amostragem com entrevista direta a 300 municípios, realizada pela empresa Castagnari, contratada pelo Banco Mundial em 2015.

¹⁸ As visitas foram realizadas entre março e abril de 2015 e incluíram: Uberlândia/MG, Hortolândia/SP, o Consórcio CIDES/MG e o município de Aracoiaba/CE, entre outras.

III Visão geral das tendências da iluminação pública com LEDs

O desenvolvimento da tecnologia de iluminação em estado sólido¹⁹ vem oferecendo grandes oportunidades de reduzir o consumo de energia, bem como obter melhores resultados com a utilização dos novos equipamentos de iluminação nos ambientes residencial, empresarial e público. A estimativa da Goldman Sachs (2015) é de que nove em cada dez lâmpadas até 2025 serão de LEDs. Os custos dessa nova tecnologia vêm caindo significativamente em todas as aplicações, tanto em termos de aquisição dos equipamentos quanto de manutenção, que é bem mais econômica em relação às tecnologias anteriores.

O foco deste projeto é o setor público que começa a beneficiar-se dessa nova tecnologia de estado sólido em suas redes de iluminação. Existe grande potencial de economias importantes, que vêm acompanhadas de maiores benefícios para a população em áreas como a segurança pública e qualidade ambiental. A seguir, traça-se um panorama das tendências internacionais para o segmento de iluminação pública.

III.1 Tecnologias e economias potenciais

As tecnologias tradicionais de iluminação pública utilizadas atualmente no mercado brasileiro são principalmente à base de vapores metálicos, de mercúrio e de sódio que utilizam tubos de vidro e gás interno. A tabela a seguir apresenta uma comparação da tecnologia de LEDs com outras tecnologias selecionadas que se encontram atualmente disponíveis.²⁰

Tabela 9 Resumo das características dos LEDs em comparação com outras tecnologias

Tipo de lâmpada	Eficácia luminosa (lúmens/watt)	Índice de Reprodução de Cor (IRC)	Vida útil da lâmpada (horas)	Preço (BRL) ²¹
Vapor de sódio de alta pressão (HPS)	50–150	24	15.000–24.000	\$316
Vapor metálico	70–130	96	8.000–12.000	\$320
Vapor de mercúrio	35–65	17	10.000–15.000	\$285
LEDs	70–160	70–90+	40.000–90.000	\$1.500

Fonte: Pike Research. *Smart Street Lighting*, publicada no quarto trimestre de 2012 e entrevistas com atores-chave.

¹⁹ SSL, *solid state lighting*.

²⁰ Há outras tecnologias disponíveis, como o vapor de sódio de baixa pressão e a indução que, para fins de simplificação, não foram consideradas neste estudo.

²¹ Preços baseados em levantamento por equipes do Grupo Banco Mundial em junho de 2015. Foi utilizada a taxa de câmbio oficial do dia 16/05/2016, de R\$ 3,5/US\$.

As tecnologias baseadas em LEDs produzem mais lúmens utilizando a mesma energia, apresentam melhor reprodução de cor, oferecem partida instantânea e melhor integração a sistemas, além de reduzir os custos operacionais, conforme descrito em maiores detalhes a seguir:

- Além da eficiência da lâmpada propriamente dita, por conterem uma ótica complexa, as luminárias à base de LEDs geram um fluxo mais bem direcionado, que resulta em melhor luminosidade direcionada às vias públicas. Como consequência, a iluminação à base de LEDs é, geralmente, de 40% a 60% mais eficiente do que as tecnologias de iluminação mais comumente utilizadas atualmente, em particular, as lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão (HPS)²² ou de vapor de mercúrio. A vida útil da lâmpada de LEDs é no mínimo duas vezes mais longa do que a da iluminação HPS e de mercúrio, o que implica custos de substituição mais baixos, levando a uma redução das despesas com operação e manutenção. Em geral, a economia que se faz com a iluminação baseada na tecnologia LEDs pode ser substancial.
- A luz produzida pelas lâmpadas de LEDs é melhor. O índice de Reprodução de Cor (IRC) de LEDs é—o que significa o que o olho humano consegue distinguir cores—é de 70%–90%, quando comparado ao índice de luz do dia, considerado 100%. A título de comparação, as lâmpadas de mercúrio têm um IRC de 55%, e as HPS, de 24%. As lâmpadas de vapor metálico, no entanto, tem um IRC de 96%, mas que apresentam uma vida útil consideravelmente mais curta do que os LEDs. A luz de LEDs também apresenta mais uniformidade quando comparada a das demais tecnologias. Cada luminária LEDs tem centenas de diodos emissores de luz que podem ser montados em uma determinada direção de modo que a luz seja distribuída de maneira uniforme, algo que não é possível com as tecnologias baseadas em lâmpadas de vapores ou gás inerte.
- Ao contrário das lâmpadas de vapor de mercúrio e vapor de sódio, as lâmpadas de LEDs não possuem metais pesados em sua composição. Dessa forma, o risco de contaminação do meio ambiente pelas lâmpadas de LEDs é menor, principalmente se as mesmas forem especificadas segundo o padrão RoHS para seus componentes eletrônicos.

BOX I O desempenho da tecnologia LEDs

Em 2012, a ONG Internacional The Climate Group foi uma das primeiras organizações a fazer estudos em grandes cidades com projetos de iluminação pública à base de LEDs para confirmar o desempenho e a aceitação dessa nova tecnologia.²³ Foram estudadas 12 cidades em todo mundo, incluindo Nova York, Toronto, Hong Kong, Londres, Sydney, Adelaide e Calcutá, e o estudo demonstrou que a tecnologia LEDs atinge níveis de economia energética de 50% a 70%, chegando até 80%, quando combinada a sistemas de gestão e controle inteligentes.

Segundo este estudo, além de economias em termos de energia e custos de manutenção, a iluminação LEDs gerou uma ampla gama de benefícios socioeconômicos, tais como melhorias na qualidade da iluminação, diminuição da insegurança e melhoria na atividade econômica local. A adoção de sistema de controle inteligentes permitiu maior flexibilidade em termos de opções de iluminação, com um foco maior nas pessoas.

Em 2015, The Climate Group instou todas as cidades de mundo a passar a utilizar tecnologias de iluminação tão ou mais eficientes do que a tecnologia de LEDs até 2025.²⁴

²² HPS, *high pressure sodium*.

²³ <http://www.theclimategroup.org/lightsavers>.

²⁴ <http://www.theclimategroup.org/what-we-do/publications/the-big-switch-why-its-time-to-scale-up-led-street-lighting/>

- Por fim, os LEDs têm partida quase instantânea, o que aumenta a eficiência quando as lâmpadas são ligadas e quando ocorrem flutuações ou quedas de voltagem na rede. Os LEDs podem ser instalados juntamente com sistemas de controle inteligentes. Esses sistemas possibilitam o controle individual dos pontos de iluminação, permitindo a diminuição do brilho, a detecção imediata de problemas, o monitoramento em tempo real de todo o sistema de iluminação e o uso de medidores remotos. Tudo isso comprovadamente reduz os custos com energia e operação.

■ III.2 Benefícios associados à melhoria do parque de iluminação pública

A disponibilidade do serviço de iluminação pública no entorno de um domicílio constitui elemento importante na qualidade de vida dos moradores e da cidade em geral. A melhoria da iluminação noturna também contribui para ampliar as horas de trabalho em diversas atividades econômicas, como no setor de turismo e de entretenimento.

Em particular, a presença da iluminação pública tem sido fortemente associada à redução da criminalidade.²⁵ Um estudo de Arvate et al. (2016) encontrou evidências de que, no Brasil, a presença da iluminação pública reduz sensivelmente o número de mortes violentas em vias públicas nas cidades, especialmente nas regiões mais carentes do país.²⁶

A iluminação pública costuma ser um ponto de partida atraente para as cidades investirem em eficiência energética, uma vez que a implementação normalmente é menos complexa do que em outros setores, e a tecnologia já foi testada e aprovada. As tecnologias anteriores são relativamente ineficientes e/ou apresentam toxicidade ambiental. As lâmpadas de vapor de mercúrio, por exemplo, têm baixa eficiência e contêm materiais tóxicos, como o mercúrio.

A inovação em iluminação pública é um passo importante para o avanço em direção às cidades inteligentes. Nestas, as soluções de iluminação pública serão interligadas e devendo interagir, de forma dinâmica, com os demais elementos da infraestrutura urbana, incluindo as redes de energia e transporte, entre outros (Comissão Europeia, 2013). Os serviços de iluminação baseados na tecnologia LEDs tendem a oferecer maior integração em rede, sendo mais adequadas à realidade eletrônica das cidades mais avançadas.

Em função dessas vantagens, há uma forte tendência internacionalmente no sentido de substituir o parque instalado por equipamentos de LEDs. Cidades em todo o mundo, principalmente as de grande porte, estão realizando substituição massiva de seus equipamentos de iluminação por LEDs.

■ III.3 Exemplos internacionais

Há diversos projetos em andamento de conversão do parque luminotécnico de grandes cidades para a tecnologia de LEDs. Segundo o relatório de IPWEA (2014), os dez maiores projetos comprometidos de iluminação pública²⁷ são apresentados no gráfico a seguir.

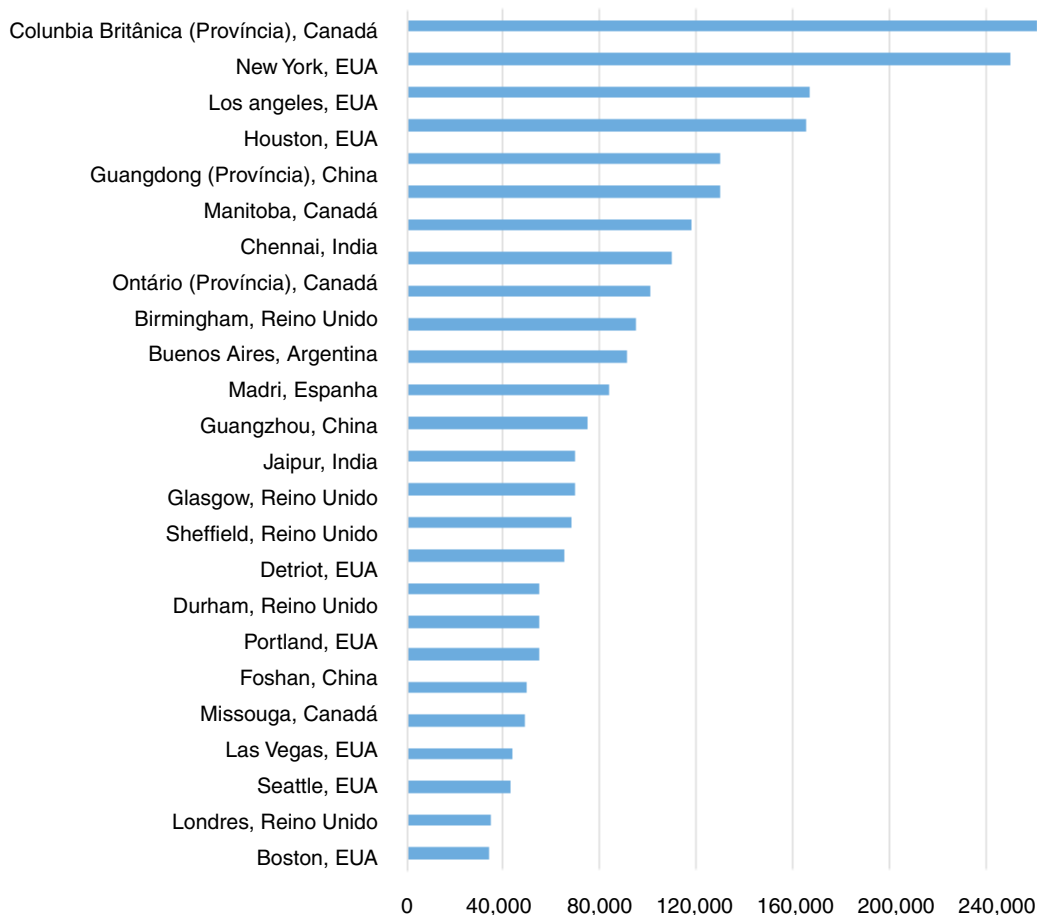
²⁵ Para obter mais detalhes sobre os benefícios da melhoria da iluminação pública sobre a redução do crime, ver Welsh e Farrington (2008).

²⁶ Neste caso, o estudo estima que, no contexto brasileiro, a cobertura integral de iluminação pública em uma cidade antes não coberta pelo serviço evitaria 48,1 mortes violentas por 100.000 habitantes; na região Nordeste do país, quando o serviço passa a abranger integralmente uma cidade que antes não dispunha de iluminação pública, a queda esperada seria de 13,4 mortes violentas por 100.000 habitantes.

²⁷ Este não inclui, por exemplo, o projeto da cidade de São Paulo, cuja licitação para outorga de concessão está em andamento.

Figura 13 Maiores projetos de modernização de iluminação pública com LEDs²⁸

Pontos de LED



Fonte: *The Climate Group*

Além destes exemplos, dentre os países em desenvolvimento que anunciaram programas ambiciosos de implementação da tecnologia de LEDs, encontram-se a Índia e a Malásia, que se dispuseram a substituir integralmente o parque instalado de iluminação pública até 2018 e 2020,²⁹ respectivamente. O Brasil ainda não tem políticas nacionais definidas neste sentido, cabendo aos municípios, que são os titulares dos ativos de iluminação pública, tomar decisões a este respeito.

Existem atualmente diversos projetos em andamento de conversão do parque luminotécnico de grandes cidades para a tecnologia de LEDs. Segundo o relatório de IPWEA (2014), os dez maiores projetos voltados para a modernização da iluminação pública³⁰ são apresentados no gráfico a seguir.

²⁸ Objetivo dos projetos; Os projetos se encontra em vários estados de planejamento / implementação.

²⁹ Informações da Goldman Sachs (2015), sendo que para a Índia a fonte é <http://ens-newswire.com/2016/01/11/indias-on-a-mission-to-convert-street-lights-to-leds/>

³⁰ Para mais detalhes sobre programas internacionais de modernização com LEDs, ver o relatório “Proven Delivery Models for LEDs Public Lighting” (Makumbe et al, Banco Mundial, a ser publicado em 2016).

Box II Eficiência energética em uma grande cidade: o caso de Los Angeles

Em sua primeira fase, o programa de modernização tecnológica do sistema de iluminação pública da cidade de Los Angeles substituiu 140 mil pontos de luz por lâmpadas à base de LEDs em um período de quatro anos. Como resultado, o consumo de energia foi reduzido em 63,1% e as emissões de carbono em 47,6 mil toneladas por ano. A economia gerada pela conversão do parque foi de US\$ 8,9 milhões e vem permitindo o reembolso mais rápido de um empréstimo com prazo de vencimento de sete anos. O lema do programa é “noites brilhantes, noites seguras” (*Bright Nights, Safe Nights*).

Fonte das informações: cidade de Los Angeles, Bureau of Street Lighting - <http://bsl.lacity.org/led.html>

IV O mercado de Iluminação Pública no Brasil: Visão Geral

Esta seção traça um panorama do mercado de iluminação pública no Brasil. São apresentados os indicadores mais recentes de cobertura das redes existentes, o parque tecnológico instalado, o consumo de energia elétrica e a evolução das tarifas. Além disso, são acompanhadas as mudanças recentes do ambiente institucional, as políticas públicas específicas do segmento, bem como a situação atual em termos da normatização técnica.

■ IV.1 Aspectos gerais

Estima-se que o mercado de iluminação pública no Brasil tenha mais de 18 milhões de pontos de luz, com uma penetração de 95,5% no entorno dos domicílios. O parque luminotécnico instalado é composto predominantemente de lâmpadas a vapor de sódio e lâmpadas a vapor de mercúrio, com baixa penetração do LEDs. Em 2015, esse parque foi responsável por 4,3% do consumo de energia elétrica do país (14,3 TWh), resultando em R\$ 3,5 bilhões destinados ao pagamento desta despesa (excluindo tributos).

IV.1.1 Cobertura do serviço de iluminação pública

Em termos de cobertura, a rede de iluminação apresenta um nível elevado de penetração, com número de domicílios atendidos superior à de outros elementos como a pavimentação ou a presença de calçada, conforme mostra a tabela a seguir.

Mesmo assim, em 2010, o contingente de domicílios ainda não atendido pelo serviço de iluminação pública era de 2,1 milhões de domicílios. O maior nível de cobertura se encontra na região Centro-Oeste, com 97%, enquanto que o menor nível de cobertura relativa é o da região norte, com 89,2% dos domicílios. É importante observar que existem, em geral, importantes variações de cobertura, em função, por exemplo, da dimensão dos municípios.

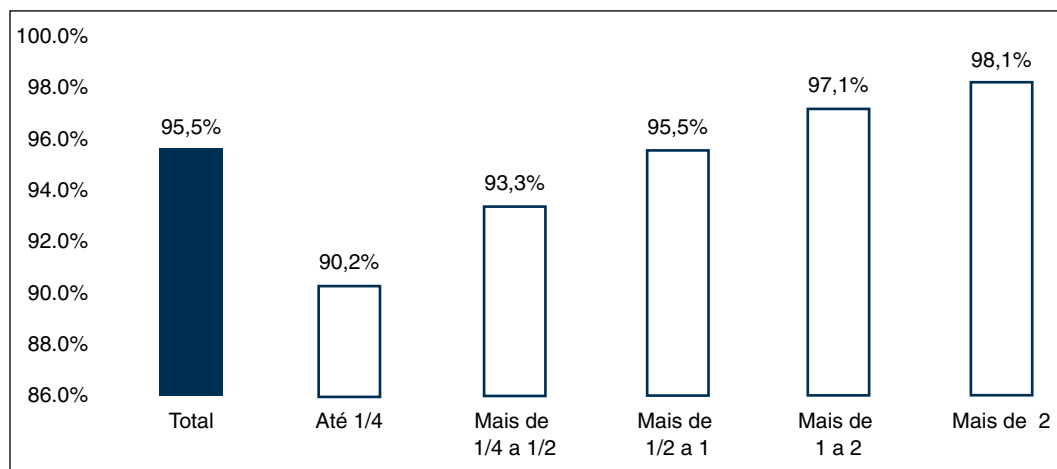
Dessa forma, municípios com até 20 mil habitantes prestam serviços de iluminação pública, em média, a 94,9% dos domicílios, enquanto que os municípios maiores, com população superior a 500 mil habitantes, têm cobertura média de 97,1% dos domicílios.

Tabela 10 Características do entorno dos domicílios brasileiros—presença de elementos selecionados

	Iluminação de áreas públicas	Pavimentação das ruas	Existência de calçada
Porcentagem de domicílios atendidos no Brasil	95,5%	81,0%	68,5%

Fonte: IBGE—Censo Demográfico 2010—Características urbanísticas do entorno dos domicílios

Figura 14 Cobertura da iluminação pública em % dos moradores dos domicílios por faixa de renda domiciliar



Fonte: IBGE—Censo Demográfico 2010—Características urbanísticas do entorno dos domicílios. Cálculos e elaboração de Pezco.

Em termos de renda dos domicílios, aqueles com até um quarto do salário mínimo de renda têm taxa média de cobertura de 90,2%, enquanto os que contam com mais de dois salários mínimos apresentam taxa de 98,1%. O gráfico a seguir detalha a cobertura por faixas de renda.³¹

Ainda restam desafios de avanço da rede, primariamente para o atendimento às populações de menor renda. Embora este estudo não trate de assuntos referentes à expansão da rede, mas sim de sua conversão para tecnologias mais eficientes, é possível que a população sem cobertura possa se beneficiar dos projetos de PPPs e das economias que a rede instalada venha a realizar em virtude da atualização tecnológica, gerando recursos que poderão ser usados para a expansão do parque.

IV.1.2 Parque tecnológico instalado

A distribuição do parque luminotécnico no Brasil acompanha segue a concentração da população em grandes cidades e ao longo da costa atlântica principalmente no Sudeste e Nordeste do país, conforme apresentado na Figura a seguir.

A tabela a seguir apresenta um resumo do perfil nacional e de suas cinco regiões em termos da tecnologia instalada, com base nas duas fontes disponíveis.

Observa-se forte concentração das tecnologias de vapor de sódio e de vapor de mercúrio no parque instalado e que em 2012 a tecnologia de LEDs apresentava uma participação muito pequena do inventário do país.

O conhecimento sobre as novas tecnologias de iluminação baseadas em estado sólido já é bastante difundido no Brasil. Uma pesquisa foi realizada pelo Grupo Banco Mundial, em maio de 2015, que incluiu uma amostra de mais de 300 municípios de todos os estados do Brasil.³² Esta pesquisa demonstra que a aplicação da tecnologia de LEDs na iluminação pública é conhecida por 84,1% dos municípios brasileiros.

³¹ A faixa de renda no Brasil é usualmente apresentada em salários mínimos. O valor do salário mínimo é definido pelo governo federal e atualizado anualmente. O valor do salário mínimo nacional válido para o ano de 2016 é de R\$ 880,00 por mês.

³² Multivapor metálico, alógenas e incandescentes, entre outras

Figura 15 Concentração dos pontos de luz no território nacional, por município

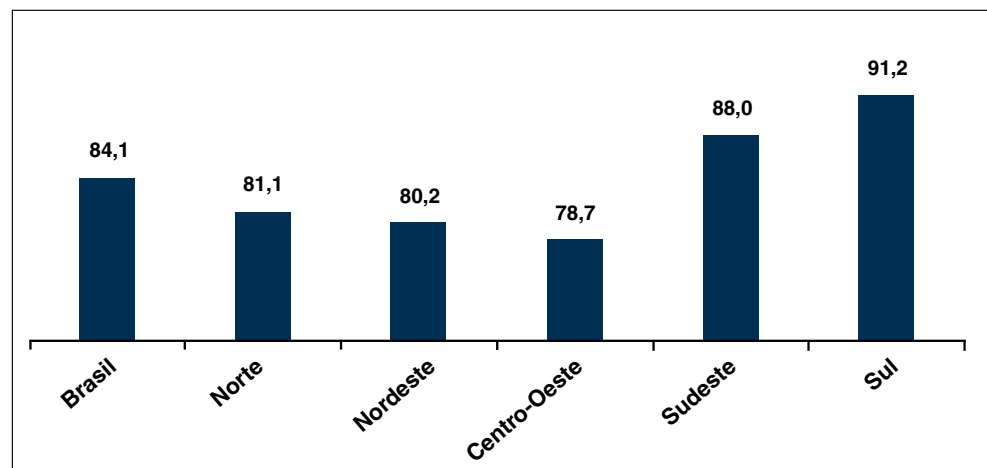


Fonte: Elaborado pela Pezco, com uso do Tableau Software.

Tabela 11 Quantidade de lâmpadas no Sistema Nacional de Iluminação Pública Cadastro Eletrobrás (situação em 2012)

	Brasil	Norte	Nordeste	Sul	Centro-Oeste	Sudeste
Vapor de mercúrio	23,6%	31,3%	20,7%	23,9%	23,0%	24,4%
Vapor de sódio	71,1%	64,5%	68,6%	71,4%	72,2%	72,5%
LEDs	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%
Outras ³³	5,3%	4,2%	10,7%	4,7%	4,9%	3,1%

Figura 16 Porcentagem dos municípios que têm conhecimento da aplicação de LEDs na iluminação pública



Fonte: Pesquisa do Grupo Banco Mundial

³³ Os resultados dessa pesquisa são apresentados ao longo das próximas seções deste Relatório.

No Brasil como um todo, quase 16% dos municípios não têm conhecimento sobre a aplicação do LEDs, e na região Centro-Oeste essa proporção de desconhecimento é superior a 20%. Esses números indicam que há ainda um trabalho a ser feito para a apresentação da nova tecnologia a um conjunto significativo de municípios, seus prefeitos e agentes públicos.

Box III Tecnologia e as preferências da população

Para conhecer a realidade local, os consultores do Banco Mundial realizaram visitas a cinco áreas no Brasil, entre março e abril de 2015. Uma das cidades pesquisadas foi Fortaleza, capital do Estado do Ceará e quinta maior cidade do Brasil, com 2,6 milhões de habitantes (2014) que conta com 183,8 mil pontos de luz. O serviço de iluminação pública da cidade está bem estruturado, com pontos cadastrados e georreferenciados, e dispõe de um Plano Diretor específico.

A estrutura do serviço está ligada, em parte, ao fato da cidade ter assumido o serviço de iluminação em 2001, antecipando o movimento de transferência que ocorreria nacionalmente cerca de catorze anos depois. A manutenção do parque e as expansões são terceirizadas para uma empresa privada, que também tem a obrigação de realizar melhorias de rede.

Uma perspectiva interessante da visita é que a população local prefere a luz branca, com reprodução mais fiel das cores. Dessa forma, embora o município já possua 345 pontos de LEDs, concentrados em pontos de interesse turístico e viário, ainda prevalece em várias áreas da cidade o uso da tecnologia a vapor metálico (54,4 mil lâmpadas), em vez da tecnologia a vapor de sódio (que conta com 128 mil lâmpadas).

Note-se que o uso da tecnologia multivapor metálica para obtenção de luz branca é ineficiente tendo em vista a disponibilidade da tecnologia de LEDs. Assim, grandes cidades como Fortaleza poderiam oferecer o que a população deseja—luz branca e seus benefícios—de forma mais econômica e sustentável, se investirem na conversão de seu parque para a nova tecnologia. A cidade de Fortaleza está apenas começando seus investimentos em LEDs e vem realizando a substituição de pontos de luz em locais específicos.

IV.2 A transferência dos ativos

A regulação do mercado de iluminação pública cabe aos municípios, que são detentores da titularidade desses serviços. Entretanto, por razões históricas, diversos municípios não reclamaram a titularidade desses ativos, que permaneceram com as companhias distribuidoras de energia elétrica. A maioria destes municípios concentrava-se nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Ceará, Pernambuco, Amapá, Roraima e parte do Paraná que juntos representam aproximadamente 42% de todos municípios brasileiros. O mapa a seguir mostra a situação de transferência de ativos no Brasil, com os estados em amarelo representando os que passaram a exercer a titularidade da iluminação pública.

Após uma sequência de resoluções normativas, que incluiu processos de consultas públicas, a Resolução no. 587, emitida em 2013 pela ANEEL determinou que até o final de 2014, todos os ativos de iluminação pública teriam que ser transferidos para os municípios, o que de fato ocorreu. Todas as atividades inerentes à prestação do serviço de iluminação pública que eram prestadas pelas concessionárias passaram a ser gerenciadas pelos municípios.

O parque luminotécnico do serviço de iluminação pública, que foi objeto da transferência, inclui normalmente os seguintes componentes:³⁴ reator; braço de iluminação; luminária; lâmpada (sódio, mercúrio, vapor metálico, LEDs); relé fotoelétrico; poste dedicado em alguns casos, etc. É importante ressaltar que nem todos os ativos necessários à prestação dos serviços foram transferidos, como, por exemplo, os veículos

³⁴ São itens que constavam do Ativo Imobilizado em Serviço (AIS) das distribuidoras de energia.

Figura 17 Estados dos últimos municípios a transferir os ativos de iluminação



Fonte: ANEEL

utilizados para manutenção. Isso constitui uma fonte de deseconomias de escopo potenciais na prestação dos serviços após a transferência dos ativos para os municípios, tendo em vista que alguns recursos dos distribuidores de energia eram compartilhados com o serviço de iluminação pública.

Da mesma forma, a desintegração vertical do serviço enseja novos custos de transação, tais como questões sobre os ativos transferidos; questões sobre a responsabilidade do novo operador; problemas de coordenação com o operador da rede elétrica para operações nos ativos de iluminação pública; e regulamentação técnica e econômica do serviço. Além disso, existem outras questões relativas ao custo dos equipamentos para as equipes do novo operador, exigindo novo investimento em itens que estavam disponíveis aos operadores anteriores.

Desde a transferência, os ativos da iluminação pública não podem mais constar do balanço das concessionárias de energia elétrica que antes operavam o serviço, nem podem mais compor a Base de Ativos Regulatória (BAR) da distribuição de energia, deixando, portanto de ter um impacto nas tarifas calculadas pela ANEEL.

■ IV.3 Participação do setor privado—Regimes de licitação

A gestão do parque de iluminação pública no Brasil fica normalmente a cargo de uma combinação de atores públicos (municípios) e privados. Em um extremo desse espectro, os municípios podem ser responsáveis por todos os aspectos da gestão, incluindo investimento em expansão e modernização, manutenção e operação do sistema. No outro extremo, o município pode repassar quase todas as responsabilidades de gestão—menos a responsabilidade de fiscalização—para o setor privado mediante a concessão do sistema de iluminação pública. Dentre as soluções intermediárias, existem municípios que terceirizam somente parte das responsabilidades ao setor privado.

O objetivo desta seção é oferecer um breve panorama dos instrumentos mais comuns utilizados pelos municípios brasileiros para a contratação de bens e/ou serviços para projetos de eficiência de iluminação pública. A tabela a seguir apresenta um resumo desses instrumentos contratuais.³⁵

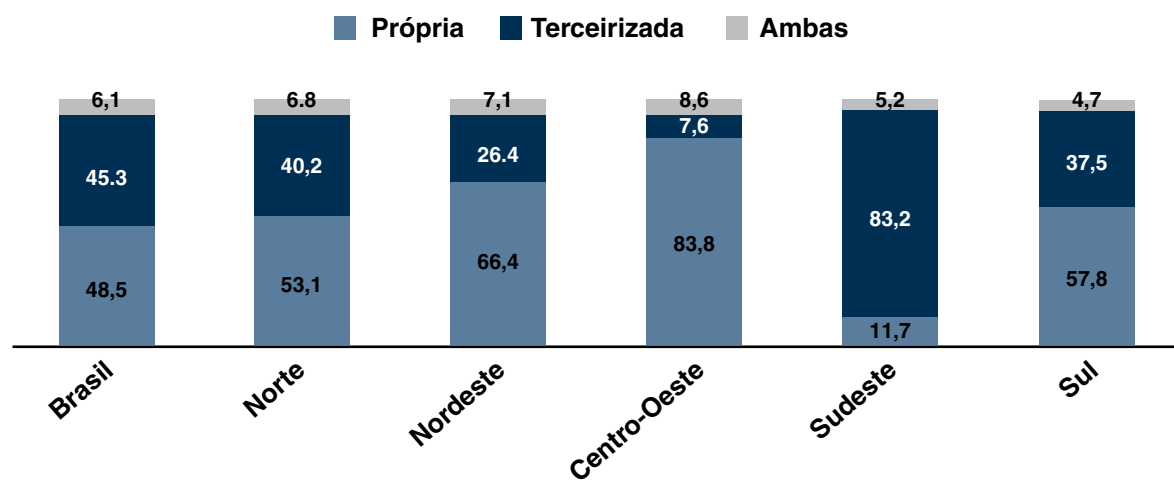
Segundo a pesquisa por amostragem realizada pelo Grupo Banco Mundial, há incidência relativamente elevada de participação do setor privado em contratos de manutenção, presumivelmente utilizando os regimes da Lei 8.666 e/ou Pregão. Em média, mais da metade das cidades brasileiras terceirizam pelo menos parte dos serviços de manutenção. Há, contudo, grande variação entre as regiões. A presença de contratos de concessão administrativa dos serviços de iluminação pública está aumentando, embora ainda seja limitada a poucos casos no Brasil, conforme será abordado mais adiante neste relatório.

Tabela 12 Regimes de licitação para projetos de eficiência energética em sistemas de iluminação pública

Instrumento	Características
Lei 8.666/93	<ul style="list-style-type: none"> • Contratos convencionais da Administração Pública, com prazo de um ano, que podem ser prorrogados por até 48 meses. • É exigida licitação ou concorrência para todos os contratos de engenharia de valor superior a R\$ 1,5 milhão. • Estabelece vários critérios para determinar o vencedor da licitação: menor preço; melhor qualidade técnica; combinação de técnica e preço; maior lance ou oferta. • O prazo de processamento depende da complexidade dos bens e/ou serviços a serem contratados—de um mês (bens simples) a até seis meses (bens + serviços)
Pregão (Lei 10.520/01)	<ul style="list-style-type: none"> • Concebida para facilitar a compra de bens e serviços comuns por governos municipais por meio de um processo conhecido como leilão reverso. • O único critério de seleção nessas licitações é a proposta de menor preço. • Contrato com prazo de um ano, que pode ser prorrogado por até 60 meses. • Processo bastante simples que pode ser concluído em menos de um mês após a publicação do edital.
PPP—concessão administrativa (Lei 11.079/04)	<ul style="list-style-type: none"> • Corresponde ao contrato de concessão em que o contratante final dos serviços é a Administração Pública, que remunera a concessionária por meio de uma contraprestação pecuniária, sem cobrança de tarifas ao usuário. • Os critérios de seleção são: tarifa mais baixa a ser cobrada dos usuários finais; combinação da tarifa mais baixa e proposta de melhor qualidade técnica; montante mais baixo a ser pago pela administração pública; combinação de montante mais baixo a ser pago pela administração pública e proposta de melhor qualidade técnica. • Contratos de concessão de PPPs podem durar de cinco a 35 anos e podem ser renovados. • Cronograma estimado para execução de um projeto de PPP é de 15 a 20 meses.

³⁵ O sistema de concessão comum (Lei 8.987/95) não está contemplado neste relatório, porque este possibilita a participação do setor privado em grandes contratos que são remunerados pelas tarifas pagas pelos usuários finais do serviço. Tendo em vista que os projetos de iluminação pública não são um serviço específico prestado aos consumidores, mas sim aos municípios, o sistema concessão comum não se aplica para esse setor. Do mesmo modo, o sistema de concessão patrocinada também não é considerado, porque o contrato correspondente prevê que parte da remuneração do concessionário seja proveniente da cobrança de tarifas aos usuários.

Figura 18 Responsabilidade pela manutenção da iluminação pública, % dos municípios



Fonte: Pesquisa do Grupo Banco Mundial

V Oportunidades e Desafios do Mercado Brasileiro

A conjuntura atual do mercado de iluminação pública apresenta oportunidades, mas também impõe desafios ao processo de modernização do parque tecnológico. Existe, por um lado, uma forte necessidade de reduzir despesas por parte dos municípios, sendo que os custos de iluminação representam uma parcela significativa dessas despesas. Por outro lado, os preços da tecnologia vêm caindo significativamente, aumentando a viabilidade deste tipo de projetos no setor, que conta com contribuição específica dos municípios.

Aspectos como o ambiente regulatório, as finanças públicas municipais, bem como os níveis de investimento necessários representam sérios desafios. Esta seção aborda esses aspectos, apresentando uma visão geral da situação atual do mercado e descrevendo os principais elementos que respaldam as propostas de modelos de negócio que serão apresentadas nas seções a seguir.

■ V.1 As oportunidades para LEDs no contexto Brasileiro

V.1.1 Oportunidade 1: Preços de energia e dos equipamentos em direções opostas

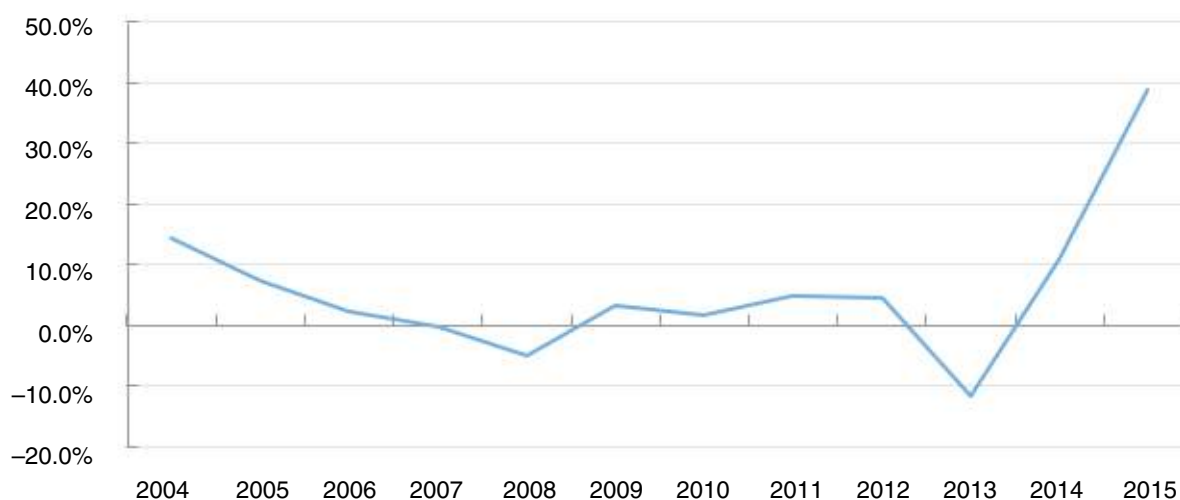
V.1.1.1 Preços de energia

A oportunidade do investimento em iluminação pública no Brasil, neste momento, está também relacionada ao cenário de direções opostas dos preços da energia elétrica e dos equipamentos. Enquanto os preços dos equipamentos se beneficiam da dinâmica tecnológica e reduzem o investimento necessário para a conversão do parque, a energia elétrica vem ficando mais cara no Brasil, o que aumenta os benefícios de projetos que tenham como resultado a redução do consumo de eletricidade. A próxima subseção analisa a tarifa da energia elétrica para a iluminação pública e sua evolução recente no Brasil.

A determinação da tarifa aplicável ao fornecimento de energia elétrica cabe, no Brasil, à Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), órgão regulador federal. A ANEEL dividiu a tarifa de energia por grupo de consumidores, em função da tensão. A iluminação pública está no subgrupo B4, que se dividem em:

- a. B4a: É a tarifa aplicável quando os ativos de IP são de propriedade do município (esta é a situação para a totalidade dos municípios neste momento).
- b. B4b: Era a tarifa aplicada enquanto os ativos de IP eram de propriedade das distribuidoras. Estima-se que esta tarifa seja 9,6% superior à B4a e essa diferença representaria a remuneração do serviço de operação e manutenção do parque de IP pela distribuidora. Com a Resolução Normativa 414/2010 da ANEEL, essa tarifa, tende a deixar de existir.

Figura 19 Tarifa média de energia elétrica para iluminação pública, variação percentual



Fonte: ANEEL—Agência Nacional de Energia Elétrica, elaboração Pezco.

A tarifa média da energia para iluminação pública saltou 38,8% entre 2014 e 2015 (de R\$ 0.18/kWh até 0.25/kWh), após alta expressiva de 10,9% no ano anterior. O gráfico a seguir mostra a variação anualizada da tarifa de energia em Iluminação Pública.

Diferentemente de outras categorias de consumidores, em que o faturamento é feito com base no consumo efetivo medido e calculado com base na tarifa correspondente, na iluminação pública, as concessionárias de distribuição não são obrigadas a instalar medidores. Em muitos casos, portanto, o consumo de energia elétrica pela rede de iluminação pública é estimado com base no inventário de equipamentos instalados e em sua potência.³⁶ O total calculado da potência do equipamento instalado é multiplicado por um número fixo de horas de utilização diária para gerar o valor estimado de kWh/dia consumido pelos serviços de iluminação pública.³⁷

V1.1.2 Preços dos equipamentos

Os preços de LEDs para iluminação pública estão caindo rapidamente em termos de US\$ por lúmen. De um lado, a escala de produção tem reduzido custos de forma quase exponencial. Em paralelo, uma tecnologia mais avançada tem permitido uma melhoria no grau de eficiência em termos de lúmens por watt. Entrevistas com especialistas sugerem que o ritmo de queda combinada de preços é da ordem de 8% a 10% ao ano. Alguns estudos prevêem um recuo de preços de até 16% por ano.³⁸

Os preços internacionais de LEDs para iluminação pública, em projetos recentes executados nos Estados Unidos, China e México variam entre US\$ 250 a US\$ 500 por ponto. Valores observados na Índia, que conta com forte indústria local, são ainda inferiores, como US\$ 150–200 por ponto, embora com especificações sobre vida-útil inferiores aos padrões do Global Lighting Challenge. Ver Anexo 2 para detalhes.

³⁶ Também chamada medição por avença

³⁷ A ANEEL determinou que o padrão de utilização diária da iluminação pública é de 11 horas e 52 minutos por dia (11h52 por dia), exceto no caso de parques públicos e/ou túneis que geralmente têm medição própria do consumo. O município pode submeter à ANEEL solicitação demonstrando desvio em relação ao padrão previsto. O município do Rio de Janeiro aprovou estudo junto à ANEEL demonstrando que o seu consumo médio diário era equivalente a 11h32.

³⁸ Foote, J, & Woods, E. (4T 2014). “Smart Street Lighting: LEDs, Communications Equipment, and Network Management Software for Public Outdoor Lighting: Market Analysis and Forecasts”: *Pike Research*.

O preço final dos LEDs dependerá muito da escala dos projetos. Análises desenvolvidas por Bloomberg, indicam que preços tendem a se estabilizar para projetos maiores que 100.000 luminárias. Este é o caso da cidade de Los Angeles, a qual conseguiu preços de US\$ 300 nas vias principais e US\$ 245 nas vias de menor porte (a preços de 2012).

Há ainda uma diferença expressiva entre os preços acima e os preços de varejo no Brasil. Em primeiro lugar, isto se deve ao baixo conteúdo local das luminárias (tipicamente 30%), o que resulta em maiores preços haja vista a tributação de cerca de 75% sobre os componentes importados—ou seja, duas vezes os tributos incidentes sobre as lâmpadas de valor de sódio de alta pressão fabricadas no Brasil. Em segundo lugar, os preços do mercado nacional não levam em conta projetos de grande escala, os quais estão somente agora começando a ser desenvolvidos.

A revolução da tecnologia LEDs, seja para iluminação pública ou para outras finalidades, será quase inevitável nos próximos anos. Mesmo assim, o ritmo de modernização de iluminação pública global vai depender em mecanismos financeiros para cidades, além de vontade política para priorizar tais projetos.

V.1.2 Oportunidade 2: Incentivos para municípios investir em seus ativos

Como mencionado anteriormente, mais de 40% dos municípios brasileiros foram recentemente beneficiados com a transferência de equipamentos e da gestão do sistema de iluminação pública. Embora inicialmente a incorporação deste serviço possa representar custos adicionais, diferentemente das distribuidoras de energia, os municípios têm um incentivo de garantir uma gestão eficiente e reduzir o consumo associado a esta infraestrutura. Esta mudança recente criou uma massa crítica de municípios em busca de soluções para uma mesma questão e que, na maioria dos casos, contam com orçamento específico para atender este serviço (veja texto a seguir). Isso resulta em um grande mercado potencial tanto para fabricantes como empresas dedicadas à instalação e gestão de parques de iluminação pública.

V.1.3 Oportunidade 3: Fonte de recurso específico para custear o serviço de iluminação pública

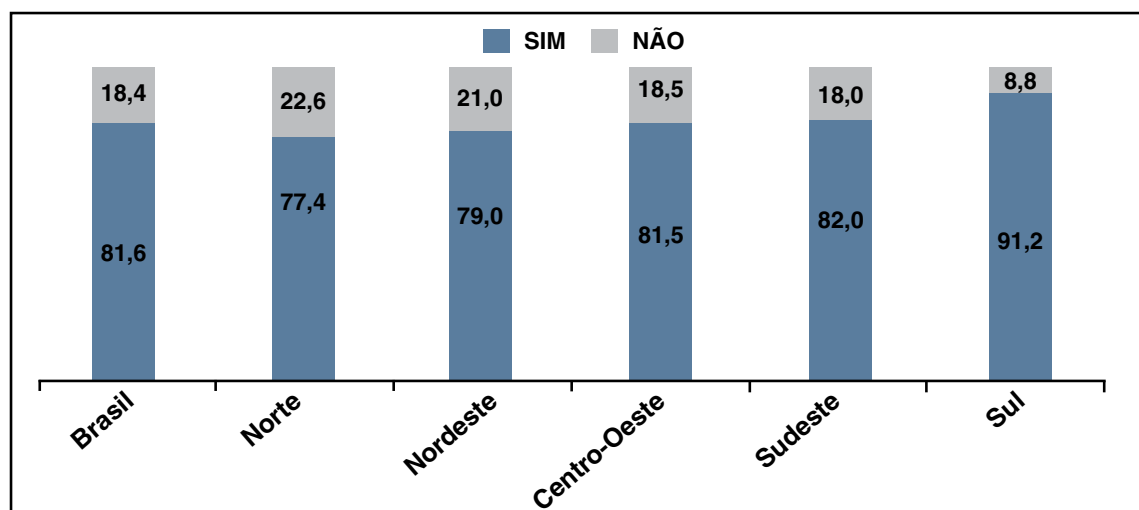
Em dezembro de 2002, uma emenda constitucional facultou a cobrança da contribuição para custeio do serviço de iluminação pública (doravante denominada COSIP), pelos municípios e pelo Distrito Federal³⁹ com a finalidade exclusiva de custear os serviços de iluminação pública.⁴⁰ Os municípios tem o direito de sanconar uma lei local para permitir a cobrança da COSIP e definir o seu valor, entre outras características. Além disto, a legislação permite que a cobrança da COSIP seja incluída na fatura de consumo de energia elétrica. Para um grande número de municípios brasileiros, os recursos para a manutenção do parque e, eventualmente, para os novos investimentos, provêm da COSIP.

A finalidade da COSIP é custear o fornecimento de eletricidade, bem como a manutenção, instalação e melhoria dos equipamentos de iluminação pública. Em geral, a legislação municipal pode permitir que a receita excedente dessa contribuição também possa ser destinada a projetos de parceria público-privada

³⁹ Emenda à Constituição Federal nº 39, de 2002, que altera o art. 149 da Constituição brasileira.

⁴⁰ O artigo 149-A foi introduzido na Constituição Federal por meio da Emenda Constitucional 39 de 2002, após anos de disputas judiciais sobre o tipo de tributo que poderia ser cobrado para arrecadar receitas que pudessem ser usadas para custear as despesas com a iluminação pública. Tendo em vista que, atualmente, a cobrança da COSIP pelos municípios encontra amparo na constituição, contestá-la tornou-se mais difícil. Este estudo encontrou apenas duas ações anteriores no Supremo Tribunal Federal que questionam a constitucionalidade das normas locais que estabeleceram a cobrança da COSIP e, nos dois casos, o Tribunal afirmou que a contribuição poderia ser cobrada desde que a normativa municipal pertinente tenha instituído o tributo em conformidade com o artigo 149-A da Constituição Federal (precedentes AC 3087 MC-QO/MG e RE 573675/SC).

Figura 20 Cobrança da contribuição da iluminação pública, % dos municípios



Fonte: Pesquisa do Grupo Banco Mundial

(PPP) que envolvam a eficiência energética. Houve questionamentos judiciais quanto à cobrança da COSIP, mas até o momento a cobrança da contribuição vem sendo mantida.

A pesquisa por amostragem do Banco Mundial junto a municípios brasileiros mostrou que a maioria desses municípios (81,6%) já cobra a COSIP e, em grande parte dos demais municípios, um projeto de lei nesse sentido estava em processo de tramitação.

A implementação da COSIP aumenta a atratividade dos investimentos em eficiência energética neste setor, já que passa a existir uma fonte de recursos específica destinada a custear o serviço de iluminação pública, podendo assim funcionar como garantia para uma operação de crédito. Isso se aplica tanto a casos de possível financiamento do setor privado como para recursos destinados pelos próprios municípios que queiram investir em LEDs.

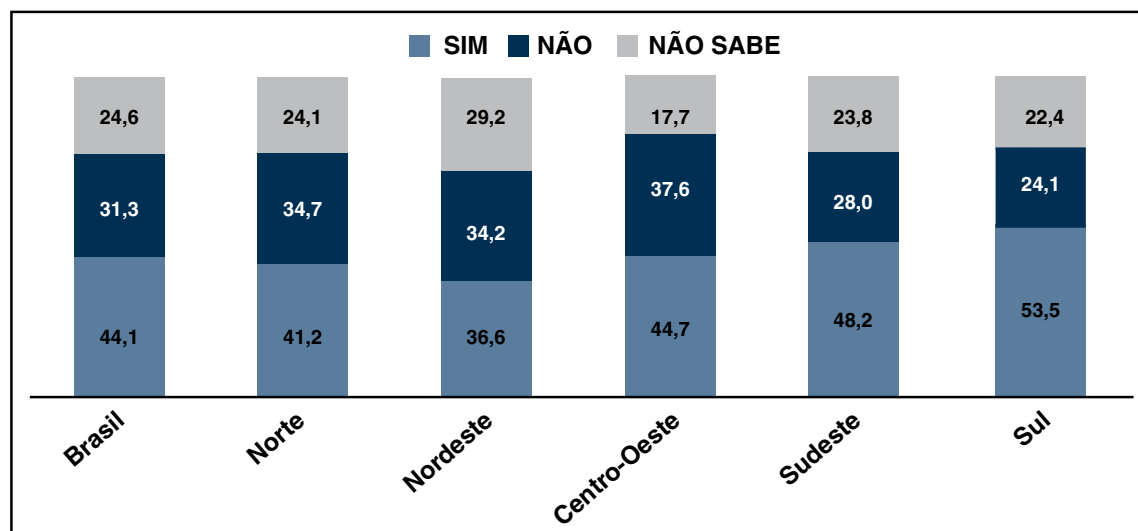
Contudo, o simples fato da COSIP existir não reduz por si só a percepção de risco de um projeto; a lei municipal que a define tem de ter um desenho robusto. Por exemplo, a receita proveniente da COSIP deve ser suficiente para cobrir o valor dos compromissos assumidos na provisão de iluminação pública, bem como um possível risco de desequilíbrio entre a arrecadação da COSIP e o total desses compromissos.⁴¹

Do mesmo modo, segundo dados da pesquisa por amostragem, em 44,1% dos municípios a contribuição é suficiente para cobrir as despesas municipais com o serviço de iluminação pública. Contudo, em outros 31,3% a contribuição é considerada insuficiente, e 24,6% não consegue avaliar a suficiência da contribuição.

Em suma, a COSIP é uma ferramenta eficaz no mercado brasileiro que possibilita alavancar recursos significativos para investimentos na modernização do parque de iluminação pública. Ajuda também a reduzir a percepção de risco de crédito do município junto a potenciais investidores. A simples existência da COSIP não é condição suficiente para garantir estes benefícios; a legislação municipal deve ser bem formulada, contemplando várias eventualidades na arrecadação, vinculação da conta, utilização dos recursos da COSIP, etc. Recomendações sobre o desenho da COSIP estão apresentados nas conclusões do relatório.

⁴¹ Por exemplo, a COSIP deve levar em conta possíveis variações no custo da energia, entre outros fatores, para evitar desequilíbrios de valor.

Figura 21 Suficiência da contribuição para cobrir as despesas de iluminação pública, % dos municípios



Fonte: Pesquisa do Grupo Banco Mundial

V.1.5 Oportunidade 4: Alinhamento com Políticas Públicas do Clima

Em âmbito global, os países participantes da 21ª Conferência das Partes (COP-21) submeteram, em novembro de 2015, suas propostas de contribuição para a questão da mudança climática, que passaram a ser denominadas INDCs.⁴² O Acordo de Paris, resultante da conferência, gerou compromissos baseados nas INDCs que deverão ser cumpridos pelo Brasil e pelos países que ratificarem o acordo. Entre outros objetivos, o Brasil se comprometeu com a obtenção de ganhos de eficiência no setor elétrico de 10% até 2030. Cerca de um quinto desta meta poderiam ser obtidos com a conversão do parque de iluminação pública em LEDs, já que este setor poderia liberar mais de 2% do consumo de energia elétrica do país somente pela eficiência da nova tecnologia.

V.2 Os desafios para LEDs no contexto Brasileiro

Apesar das grandes oportunidades existentes, ainda persistem desafios de natureza institucional para que se possa investir na conversão dos parques de iluminação das cidades brasileiras. Os desafios incluem nível de investimento elevado, ambiente de limitada capacidade financeira dos municípios e dificuldade de acesso a financiamentos públicos e privados. Não há assistência técnica disponível em bases coordenadas, e alguns dos padrões técnicos ainda não foram consolidados pelas instituições oficiais brasileiras. Além disso, a tecnologia LEDs ainda não é disponível nacionalmente, o que contribuiria para reduzir o custo do equipamento. Um maior índice de nacionalização será viabilizado quando os projetos de conversão para LEDs ganharem escala e volume.⁴³

V.2.1 Desafio 1: Alto custo e escassez de recursos públicos

A tecnologia de LEDs, embora mais eficiente, é bem mais intensiva em termos de capital do que as tecnologias anteriores. Assim, o principal desafio à conversão do parque de iluminação pública é o nível

⁴² INDC corresponde à sigla em inglês de *Intended Nationally Determined Contributions*.

⁴³ Segundo conversas com fabricantes, projetos com mais de 50 mil pontos de LEDs poderiam viabilizar a implantação de fábricas no território nacional.

relativamente elevado de investimentos necessário no momento inicial (Comissão Europeia, 2013, p. 24). Esse desafio permanece mesmo quando o projeto de conversão dos equipamentos apresenta viabilidade econômico-financeira em função da economia de energia a ser gerada e da redução dos custos de manutenção.

No âmbito federal brasileiro, o programa de PROCEL-Reluz—Programa Nacional de Iluminação Pública e Sinalização Semafórica Eficientes—administrado pela Eletrobrás, é a fonte mais importante de recursos de investimentos para o setor. O outro programa nacional, o PEE—Programa de Eficiência Energética, administrado pela ANEEL, também tem oferecido recursos para investimento no setor elétrico, embora em escala muito menor. Esses dois programas não vêm aportando recursos significativos para investimento em eficiência energética no parque de iluminação pública brasileira nos últimos anos, mas representam ferramentas que no passado viabilizaram mudanças tecnológicas significativas no setor.

V.2.1.1 PROCEL-Reluz

O Programa Nacional de Iluminação Pública e Sinalização Semafórica Eficientes (Procel Reluz) foi criado pela Eletrobrás no ano 2000 e utiliza recursos da Reserva Global de Reversão (RGR), fundo federal constituído com recursos das concessionárias, proporcionais ao investimento de cada uma. Os projetos são apresentados pelos entes federativos às distribuidoras de energia, que negociam o financiamento junto à Eletrobrás. A Eletrobrás também pode estabelecer convênios de cooperação com municípios participantes do programa. O financiamento da Eletrobrás com recursos da RGR cobre até 75% do valor do projeto, sendo o restante uma contrapartida da concessionária de energia elétrica ou do município.

Trata-se de um programa de financiamento com recursos financeiros que “tem como objetivo promover a eficiência energética, bem como a valorização noturna dos espaços públicos urbanos, contribuindo para reduzir o consumo de energia elétrica e melhorar as condições de segurança nas vias públicas e a qualidade de vida nas cidades brasileiras” (Eletrobrás, 2015, p. 39).

O programa busca financiar a modernização dos sistemas de iluminação pública mediante a substituição por lâmpadas mais eficientes. Essencialmente, o Procel Reluz propiciou a substituição de lâmpadas incandescentes, mistas e a vapor de mercúrio por lâmpadas a vapor de sódio de alta pressão e a vapor metálico, além de outras intervenções no sistema. Entre 2000 e 2014, o Procel Reluz propiciou a substituição de 2,78 milhões de pontos de iluminação pública. O valor financiado pela Eletrobrás foi de R\$ 521 milhões, e a contrapartida das concessionárias foi de R\$ 173 milhões em investimentos.

O PROCEL-Reluz realizava financiamentos para as concessionárias, que, por sua vez, repassavam os empréstimos aos municípios, arcando com o risco de inadimplência por parte destes. Além disso, em determinado momento, a Secretaria do Tesouro Nacional passou a exigir das prefeituras uma Certidão Negativa para que pudessem continuar a receber os benefícios deste mecanismo. Dessa forma, vários municípios passavam a enfrentar limitação para obter financiamento. Cabe notar que os municípios também estão sujeitos a restrições do ambiente regulatório no que diz respeito ao financiamento para entes subnacionais, que será apresentado em outra seção deste relatório.

Desde janeiro de 2014, não há aprovação de novos financiamentos da RGR para o Procel Reluz. Em razão de alteração legislativa que mudou os termos do programa, só foram realizados investimentos da RGR com base em recursos liberados em anos anteriores.⁴⁴ O programa encontra-se paralisado no momento.

⁴⁴ Em 2014, o PROCEL-Reluz investiu R\$ 17,55 milhões na substituição de 33 mil pontos de luz em quatro municípios (São Carlos-SP; Recife-PE; Teresina-PI e Anápolis-GO).

Foi recentemente aprovado, pelo Senado Federal, o Substitutivo da Câmara dos Deputados 24/2015 ao Projeto de Lei do Senado 430/2011, que propunha a destinação de 20% dos recursos oriundos do PEE (Lei 9.991/2000) para o Programa Nacional de Conservação de Energia. Este Projeto de Lei foi recentemente sancionado através da Lei 13.280 de 3 de maio de 2016. Potencialmente R\$ 100 milhões por ano poderiam ser alocados para iluminação pública, revitalizando assim o Proceel-Reluz ou outro programa que venha a substituí-lo. A alocação será ainda objeto de deliberação pelo Comitê Gestor do Fundo, criado na forma da Lei. Não se espera que a totalidade dos fundos seja canalizada para Iluminação Pública.

V.2.1.2 PEE—Programa de Eficiência Energética

O Programa de Eficiência Energética (PEE) é uma obrigação de investimento que passou a constar dos contratos de concessão das distribuidoras de energia elétrica a partir do ano de 2000 e que prevê a utilização de no mínimo 0,5% da Receita Operacional Líquida das concessionárias em ações voltadas para o combate ao desperdício de energia elétrica. Além disso, o programa estabelece a obrigação de destinar outros 0,5% em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Essas obrigações foram recentemente prorrogadas⁴⁵ até o ano de 2022.

De acordo com a regulamentação do PEE, cabe às concessionárias de distribuição selecionar projetos de eficiência energética e apresentá-los à ANEEL.

A ANEEL estabeleceu recentemente um mecanismo de seleção competitiva de projetos de eficiência energética para receber parte dos recursos do PEE, a fim de forçar as distribuidoras a selecionarem ações de eficiência energética com melhor relação custo-benefício, dentre outros fatores que medem eficiência na alocação e alavancagem dos recursos do PEE.

Entre 2013 e 2015, somente dois projetos de LEDs foram apresentados pelas concessionárias, um em Salvador-BA e um São Luis do Paraitinga-SP, com investimentos da ordem de R\$ 4,4 milhões. Em 2016, 1 projeto de iluminação pública foi aprovado com parte do novo processo da Chamada Pública para Seleção de Propostas de Projeto em Eficiência Energética—a Prefeitura de Joaçaba (R\$ 2.8 milhões). O pequeno número de projetos ilustra o fato de que haver um direcionamento dessa política para o segmento, sendo que o mesmo é contemplado por iniciativa espontânea dos eventuais interessados. As necessidades de investimento, dessa forma, não são atendidas mesmo quando há recursos financeiros disponíveis para tanto.

V.2.2 Desafio 2: Limites de acesso a outras fontes de financiamento

Existem atualmente importantes restrições fiscais e de endividamento para os municípios brasileiros, devido à Lei de Responsabilidade Fiscal⁴⁶ que cria contingenciamento de crédito bancário e financiamentos. Esse assunto será abordado a seguir.

Caso o ente federado opte (ou precise) recorrer ao endividamento—sobretudo para realizar investimentos—é imprescindível observar as restrições impostas pelo ambiente regulatório vigente no Brasil em relação aos financiamentos ao setor público. Esse ambiente é composto, principalmente, pela Lei de Responsabilidade Fiscal. Nestes instrumentos, verifica-se um contingenciamento de crédito para o setor público, que restringe seu acesso ao crédito bancário. Essa restrição se aplica tanto à instituição financeira como à entidade federativa.

⁴⁵ A prorrogação foi feita pela lei 13.203 de dezembro de 2015.

⁴⁶ Lei nº 101/2001, Resoluções do Senado Federal (40/2001 e 43/2001) e portarias da Secretaria do Tesouro Nacional (396/2009, 138/2010 e 306/2012).

Tabela 13 Principais restrições da Lei de Responsabilidade Fiscal a operações de crédito

Parâmetros	
Meta para dívida dos municípios: Dívida sobre a Receita Corrente Líquida (D/RCL)	1,2
Limites	
Operações de Crédito/ano	16% da RCL
Serviços da Dívida	11,5% da RCL
ARO (Antecipação de Receitas Orçamentárias)	7% da RCL
Garantias	22% a 32% da RCL
Vedações: Operações de crédito	180 dias do final do mandato

Fonte: Normas legais, Nascimento e Debus (2001), elaborado pela Pezco

Do ponto de vista da instituição financeira, a regulamentação nacional se aplica à margem de operação dos órgãos e entidades do setor público, limitando o montante de operações de crédito com base em seu Patrimônio de Referência (PR).⁴⁷

Do ponto de vista do tomador de empréstimos, ou seja, a entidade pública, a norma incide especificamente sobre os valores, estabelecendo limites de contratação atrelados à finalidade e destinação⁴⁸ dos recursos, ou ainda a situações não sujeitas a limites de valores de contratação, conforme descrito a seguir.

A tabela a seguir traz um resumo das principais restrições que a Lei de Responsabilidade Fiscal impõe às operações de crédito entre os entes federados e as instituições financeiras. A principal base de aplicação dos limites, no Brasil, é a Receita Corrente Líquida (RCL),⁴⁹ que deduz os valores que cada ente da federação transfere aos outros por obrigação constitucional.⁵⁰ A RCL entra no denominador das razões que são disciplinadas pela Lei de Responsabilidade Fiscal.

A restrição de 16% da RCL ao limite de operações de crédito por ano não se aplica às operações de crédito contratadas por estados e municípios junto à União, organismos multilaterais de crédito ou instituições oficiais federais de crédito ou de fomento, estas tiverem como finalidade o financiamento de projetos de investimento para aprimorar a administração das receitas e da gestão fiscal, financeira e patrimonial.

As situações extra-limite que dispensam as restrições são:

- Financiamento da contrapartida em reais de projetos apoiados financeiramente por organismos multilaterais de crédito, nos quais conste a exigência de licitação internacional com cláusula de financiamento prevista no edital;

⁴⁷ Limita-se em até 45% do Patrimônio de Referência ou utiliza-se a margem do destaque de capital da parcela do PR, muito utilizado pelas agências de fomento estaduais e bancos de desenvolvimento (BNDES), já que o valor destacado será deduzido do PR para efeito do cálculo de todos os limites operacionais, cujo resultado prático é o enquadramento do contrato de financiamento na categoria de operação não sujeita ao limite de valor.

⁴⁸ No caso, financiamentos destinados a programas de saneamento básico e habitação.

⁴⁹ Receita Corrente Líquida (RCL) = somatório das receitas tributárias, de contribuições, patrimoniais, agropecuárias, industriais, de serviços, transferências correntes e outras receitas correntes do ente da Federação.

⁵⁰ A União transfere parte das receitas tributárias aos estados e municípios. Os estados transferem parte de suas receitas aos municípios. Os três entes federados (União, estados e municípios) transferem recursos aos seus sistemas de previdência dos servidores públicos e essas transferências também são deduzidas para o cálculo da Receita Corrente Líquida.

- Financiamento com recursos do BNDES/PMAT destinado à modernização tributária;
- Financiamento garantido formal e exclusivamente por duplicatas de venda mercantil ou de prestação de serviços, de emissão do próprio beneficiário da operação de crédito;
- Operações de crédito realizadas pelas agências de fomento e pelos bancos de desenvolvimento, baseadas exclusivamente no destaque de parcela do Patrimônio de Referência;
- Operações de crédito que tenham garantia formal, integral e solidária do Tesouro Nacional.

É interessante destacar que as operações do PROCEL-Reluz, em iluminação pública, receberam um tratamento diferenciado no que diz respeito a estas restrições. Em princípio, as operações de financiamento aos municípios por parte das distribuidoras de energia com recursos oriundos do PROCEL-Reluz não estão sujeitas aos limites de endividamento dos municípios estabelecidos pela norma federal.⁵¹ A lógica supostamente é que—semelhante aos recursos do BNDES/PMAT destinados à modernização tributária—os investimentos em eficiência energética melhoram a situação fiscal do município por resultar em uma redução de gastos ao longo do tempo. Mesmo assim, por exigência da Secretaria do Tesouro Nacional, as concessionárias passaram a solicitar dos municípios uma certidão negativa.

V.2.3 Desafio 3: Risco de crédito e risco político municipal

A mitigação do risco de crédito municipal é um desafio que se impõe aos financiamentos para o investimento em projetos de iluminação pública com LEDs. Dado que o município é o agente ultimamente responsável por gerar fluxos de caixa para pagamento dos custos de investimento, investidores em projetos de iluminação pública atuando em nome das prefeituras estarão expostos ao riscos de crédito (ainda que de forma residual) e ao risco político do município.

Quanto ao risco de crédito, investidores estão expostos ao risco de falta de fundos orçamentários dos municípios para pagar a sua dívida, contraprestações, e outras obrigações. No caso do município não ter COSIP, o risco é ainda maior, já que a fonte de recursos para custear os investimentos em iluminação pública estaria à mercê do processo de alocação orçamentária regular e seus possíveis contingenciamentos.

Se existir a receita da COSIP, o risco de crédito diminui sensivelmente, já que a COSIP se configuraria como garantia para o pagamento. Mais mesmo que exista a COSIP, o valor arrecadado pela mesma pode ser insuficiente para cobrir os pagamentos devidos pelo município ao investidor. Um desenho criterioso da COSIP ajudaria a evitar esta insuficiência.

Finalmente os riscos políticos estão sempre presente quando existem parcerias com o setor público, incluindo, por exemplo, mudanças na lei municipal que pudesse tem um impacto negativo na capacidade do município em pagar os serviços de dívida. Outra situação problemática seria um possível congelamento/confisco destas receitas (aqui incluindo COSIP) por órgãos de fiscalização/controlado, como Procuradoria Geral, o Ministério Público ou a Controladoria Geral.

Já que poucas cidades brasileiras tem um “rating” de risco de crédito nacional ou internacional que pudesse servir de base para avaliar sua solidez financeira, a alternativa proposta por relatório foi de analisar os riscos de crédito através da análise dos seguintes indicadores: (i) Relação entre Dívida Corrente Líquida e

⁵¹ Fato amparado pela Lei nº 9.991/2000.

Receita Corrente Líquida (DCL/RCL); e (ii) Índice Firjan de Gestão Fiscal (IFGF). Esses indicadores e a classificação das cidades resultante de sua aplicação serão discutidos na seção VI.

Mecanismos para minimizar e mitigar estes riscos serem discutidos na seção VIII.

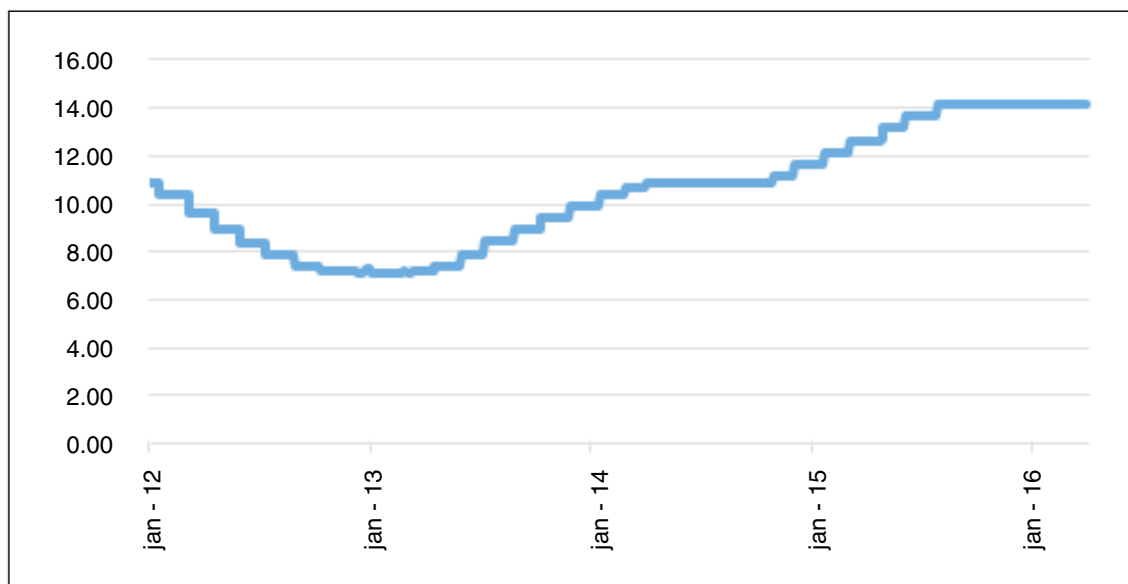
V.2.4 Desafio 4: A situação macroeconômica

Além dos desafios discutidos anteriormente, o ambiente macroeconômico brasileiro nos últimos anos tem gerado condições desfavoráveis para investimentos em infraestrutura em geral. Alguns fatores são particularmente relevantes para os projetos de iluminação pública, notadamente os custos de empréstimos, os custos dos equipamentos importados e o risco cambial.

Em primeiro lugar, os custos de empréstimo são altos em termos relativos e se elevaram recentemente. O valor de referência da taxa básica de juros da economia, no fim de março de 2015, era de 14,25% ao ano,⁵² o qual é mais que o dobro das taxas no começo do ano 2013. A trajetória desde o início de 2012 é mostrada no gráfico a seguir.

Em segundo lugar, a taxa de câmbio sofreu recentemente uma mudança de patamar, depreciando o real. Essa depreciação eleva os custos dos equipamentos importados, o que constitui um desafio diante da ausência de produção nacional de LEDs, aumentando o risco enfrentado por investidores internacionais em potencial. Além disso, a taxa de câmbio tem apresentado volatilidade em função de desdobramentos políticos e econômicos. O gráfico a seguir mostra o comportamento da taxa de câmbio desde o início de 2012.

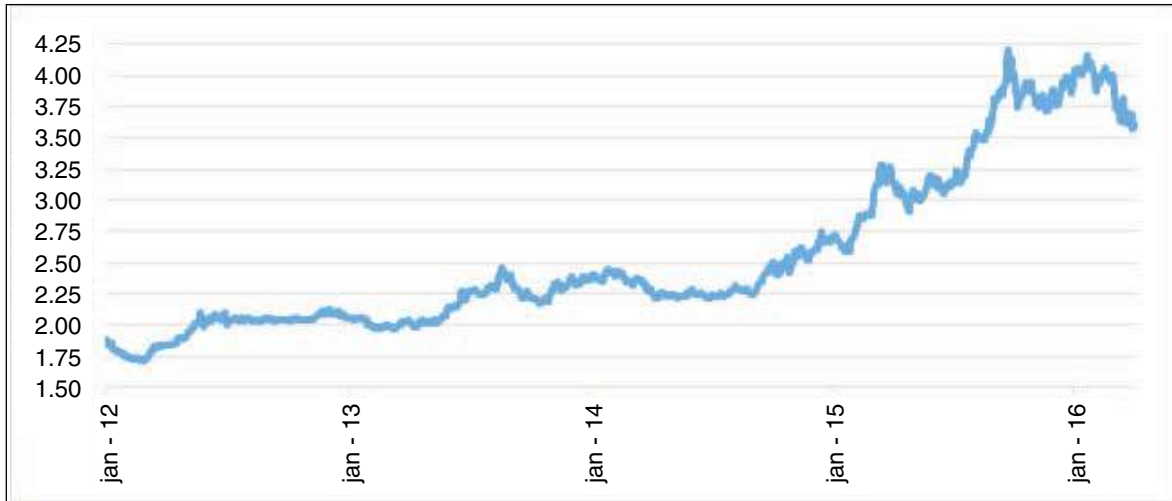
Figura 22 Taxa básica de juros (Taxa Selic) anualizada, % ao ano



Nota: Taxa diária anualizada com base em 252 dias úteis. Fonte: Banco Central do Brasil, série nº 1178, elaborada pela Pezco.

⁵² A taxa anualizada efetiva, mostrada no gráfico, era de 14,15% ao ano. A meta da taxa Selic, que constitui variável de política no regime de metas de inflação, era de 14,25% ao ano.

Figura 23 Taxa de câmbio (reais brasileiros em relação ao dólar dos EUA)



Nota: Taxa oficial média diária. Fonte: Banco Central do Brasil, série nº 1, elaborada pela Pezco.

VI Mapeamento dos municípios brasileiros para Iluminação Pública

O Brasil tem 5.570 municípios, com alto grau de heterogeneidade, tanto em termos de características socioeconômicas (nível de renda e desenvolvimento) como também físicas e demográficas. Dessa forma, não é possível conceber um modelo de negócio generalizado para iluminação pública que possa ser aplicado a todos os contextos. Assim, o primeiro desafio é agrupar os municípios em função de suas similaridades, para então desenvolver soluções mais adaptadas a cada tipo de município.

Este estudo considerou um conjunto de características que inclui o porte econômico; o tamanho e densidade da rede de iluminação; o grau de desenvolvimento socioeconômico; a situação fiscal; indicadores setoriais de tecnologia; e grau de cobertura de rede existente. Para levar em conta todo esse conjunto de características, optou-se pela utilização do método de agrupamento e posterior formação de *clusters* ou grupos por similaridade. A metodologia e a abordagem desse estudo estão descritas resumidamente nas seções a seguir.

■ VI.1 Formação de *clusters*

O procedimento de formação dos grupos de municípios foi realizado em duas etapas: 1^a) análise estatística de *clusters*, seguida da 2^a) identificação de *clusters* homogêneos. Essa estratégia permitiu considerar uma pluralidade de características relevantes (dimensão, desenvolvimento, situação fiscal, densidade da rede, indicadores setoriais), mantendo ao mesmo tempo um número pequeno de agrupamentos.

O objetivo da análise de *clusters* é o de agrupar as unidades amostrais de interesse (que podem ser indivíduos, empresas, cidades, países, etc.) em categorias, de forma que haja um alto grau de afinidade ou homogeneidade entre os componentes do grupo e, ao mesmo tempo, clara distinção entre os grupos de classificados. A técnica de análise de *clusters* é utilizada quando a estrutura de categorias de classificação não é conhecida de antemão, e há pouca ou nenhuma informação sobre ela. O que se tem é apenas uma lista de observações, sendo que o objetivo central é o de descobrir uma estrutura classificatória que se ajuste bem aos dados disponíveis.⁵³

Para a etapa da análise estatística de *clusters* foram consideradas as variáveis apresentadas no quadro a seguir:

Através desse método de análise, foram identificados 18 *clusters* (grupos homogêneos). A tabela a seguir mostra o número de municípios e os valores médios das variáveis em cada grupo.

⁵³ Uma descrição mais detalhada da metodologia de estudo é fornecida no Anexo 1.

Tabela 14 Características da base de dados

Objetivo / proxy	Variável	Unidade	Ano de informação
Tamanho do município	PIB—Produto Interno Bruto	Milhares de Reais	2012
Desenvolvimento	PIB per capita	Reais	2012
Verticalização do município	Economias por ligação de água ⁵⁴	Razão	2013
Gestão fiscal	IFGF ⁵⁵	Índice	2013
Endividamento municipal	DCL/RCL ⁵⁶	Razão	2015
Tamanho da rede	Número de pontos de iluminação ⁵⁷	Número	2014
Tecnologia da rede operacional	Uso de lâmpadas de vapor de mercúrio em proporção superior a 20% ⁵⁸	Indicador	2014
Cobertura da rede	Percentual do município não coberto pela iluminação pública ⁵⁹	Percentual	2014

Fontes dos dados: IBGE; FIRJAN; Tesouro Nacional; Ministério das Cidades; Grupo Banco Mundial. Nota: a população não foi considerada por apresentar alta correlação com o PIB (95,6%).

VI.2 Agrupamentos homogêneos

Na segunda etapa—reduzir o número de agrupamentos—foi realizado um novo procedimento, que consiste em agrupar os 18 *clusters* em seis grupos, mediante uma avaliação qualitativa de características que levariam à implantação de modelos de negócio semelhantes. O processo de agrupamento considerou, principalmente, as características de escala e de gestão fiscal. Os resultados dessa análise são apresentados na tabela a seguir.⁶⁰

A relevância dos grupos que foram formados a partir do reagrupamento dos *clusters* é apresentada na tabela a seguir, em números absolutos de número de municípios, população residente nesses municípios, pontos de iluminação e investimentos estimados para conversão do parque (CAPEX, de *capital expenditure*).

⁵⁴ Para a aproximação das redes de iluminação pública, foi utilizado um serviço público que percorre essencialmente a mesma geografia, o de abastecimento de água por rede geral. Dessa forma, foi observada a densidade da rede de abastecimento de água, que também reflete a verticalização do espaço urbano (economias por ligação). Uma ligação é um ramal conectado à rede de distribuição. Uma economia é uma unidade consumidora. Por exemplo, um edifício com dez apartamentos pode ter uma única ligação servindo a dez economias e, para esse prédio, a razão economias por ligação seria de 10.

⁵⁵ Índice Firjan de Gestão Fiscal (IFGF), que tem por objetivo medir a forma como os impostos/tributos pagos pela sociedade são administrados pelas prefeituras, é composto por cinco indicadores: Receita Própria, Gastos com Pessoal, Investimentos, Liquidez e Custo da Dívida.

⁵⁶ Razão entre DCL (Dívida Corrente Líquida = Dívida Consolidada deduzida dos haveres financeiros) e RCL (Receita Corrente Líquida (RCL)). Existem casos em que o município pode ter DCL negativa, ou seja, a disponibilidade de caixa é superior às obrigações financeiras. Neste caso, um índice DCL/RCL negativo indica o quanto de caixa possui o município relativamente à Receita Corrente Líquida.

⁵⁷ Valor estimado.

⁵⁸ A tecnologia da rede foi aproximada pelo uso de lâmpadas de vapor de mercúrio em proporção superior a 20%.

⁵⁹ Foi utilizado o percentual do município não coberto pela iluminação pública. Nestas variáveis, foram utilizados dados de pesquisa amostral realizada pelo Grupo Banco Mundial junto aos municípios brasileiros, não havendo dados disponíveis para a totalidade do universo de municípios.

⁶⁰ A lista fornecida no Anexo 4 identifica nominalmente os municípios contidos em cada grupo, informando também o *cluster* em que foram originalmente classificados.

Tabela 15 Médias das variáveis em cada grupo

Cluster	Número de municípios	Número de pontos de luz	PIB per capita (em R\$)	Economias/Ligação	IFGF	DCL/RCL	VM > 20%	% sem IP
1	110	7.297	19.476,50	1,54	0,59	-7,07	0,00	7,45
2	887	2.442	16.090,86	1,07	0,63	-11,52	1,00	6,45
3	73	1.953	15.889,60	0,00	0,55	-6,43	0,00	80,00
4	1	426.609	34.232,33	2,31	0,82	58,69	0,00	10,00
5	872	2.755	20.109,47	1,06	0,48	-3,57	0,00	3,97
6	97	36.876	27.785,22	1,30	0,61	6,39	0,07	3,07
7	832	907	6.866,14	1,02	0,23	6,31	1,00	13,83
8	7	21.249	262.525,95	1,08	0,65	-1,55	—	—
9	1.169	1.053	8.100,13	1,03	0,43	-0,78	0,04	47,25
10	4	206.000	28.518,58	1,59	0,66	25,65	0,00	1,33
11	7	29.388	35.982,75	2,93	0,67	-5,43	0,00	0,00
12	1	600.000	41.978,81	1,59	0,77	185,74	0,00	7,00
13	92	1.763	9.985,46	0,00	0,34	12,00	0,00	7,80
14	17	103.018	41.797,52	1,42	0,64	12,61	0,00	4,22
15	460	1.224	10.096,27	1,03	0,54	-109,00	0,00	3,45
16	721	1.504	8.177,45	1,04	0,33	59,57	0,00	9,02
17	181	4.978	44.574,25	1,06	0,55	-2,60	1,00	1,67
18	39	16.925	100.173,63	1,12	0,60	-7,79	0,00	0,00

Fonte: Cálculos e estimativas da Pezco e do Grupo Banco Mundial.

Tabela 16 Agrupamento dos clusters de acordo com características marcantes

Grupo	Número de Municípios	Clusters incorporados	Limiares de tamanho (pontos de iluminação)	Gestão fiscal	
				Média IFGF	DCL/RCL
A	47	4, 10, 12, 14 *	> 50.000	> 0.6	> 0
B	88	6, 8, 11, 18	20.000–50.000	> 0.6	> 0
C	329	1, 17 **	< 20.000	= 0.6	< 0
D	887	2	< 5.000	> 0.6	< 0
E	3.406	3, 5, 7, 9, 15	< 2.000	> 0.4	< 0
F	813	13, 16	< 2.000	< 0.3	> 50

* inclui municípios de Grupo B com > 50.000 pontos de iluminação
** inclui municípios de Grupo B com < 20.000 pontos de iluminação

Classificação: em azul claro = boa; em azul escuro = moderada; em cinza = limitada
Fonte: Elaborada pelo Grupo Banco Mundial e Pezco.

Tabela 17 Relevância dos grupos de municípios

Grupo	População			Pontos de Luz			Investimentos necessários (R\$)		
	Total (milhões)	%	Média	Total (milhões)	%	Média	Total (bilhões)	%	Média (Milhões)
A	59,9	29%	1.274.015	5,1	27%	107.499	7,7	27%	161,3
B	23,8	12%	270.041	2,8	15%	31.490	4,2	15%	47,2
C	14,7	7%	44.701	2,1	11%	6.303	3,2	11%	9,5
D	23,0	11%	25.967	2,2	12%	2.437	3,3	12%	3,7
E	64,4	32%	18.921	5,1	28%	1.493	7,7	28%	2,2
F	18,6	9%	22.894	1,2	7%	1.533	1,8	7%	2,3
TOTAL	204,4	100%	36.704	18,4	100%	3.302	27,8	100%	5,0

Fonte: Elaboração e estimativas do Grupo Banco Mundial e Pezco. Preços de equipamentos baseados em levantamento realizado por equipes do Grupo Banco Mundial em junho de 2015. Preços de equipamentos são estimados a R\$1.500 por ponto de iluminação (excluindo controles inteligentes), baseados em levantamento por equipes do Grupo Banco Mundial em junho de 2015. Os preços não incluem o potencial impacto na escala de compras. Foi utilizada a taxa de câmbio oficial do dia 13/05/2016, de R\$ 3.5/US\$.

A Tabelas acima mostram que os municípios dos Grupo A e B tem boa escala (> 20.000 pontos) e também boa gestão fiscal; estes dois grupos representam somente 3% do número de municípios no país, embora concentrem 41% da população e 42% dos pontos de iluminação. O Grupo C tem relativamente boa escala (tipicamente > 20.000 pontos) e relativamente boa gestão fiscal. Este grupo representa 6% dos municípios brasileiros, 7% da população, e 11% dos pontos de luz. O Grupo D caracteriza-se por escala relativamente baixa (tipicamente <5.000 pontos) embora relativamente boa gestão fiscal. O Grupo D inclui 16% dos municípios brasileiros, 11% da população, e 12% dos pontos de luz do país. A cidades de Grupo E tem pequena escala (< 2.000 pontos de luz) e gestão fiscal moderada. Este grupo inclui o maior número de cidades e população dentre todos os grupos—representando 61% e 32% do país, respectivamente—e aproximadamente 28% das pontos de luz no Brasil. Finalmente, as cidades do Grupo F caracterizam-se por ter pequena escala (< 2.000 pontos de luz) e gestão fiscal limitada, representando 15% das cidades, 9% da população e 7% dos pontos de luz no país.

VII Modelos de negócio para iluminação pública no Brasil

■ VII.1 Introdução dos Modelos de Negócio

A diversidade dos municípios brasileiros foi levada em conta no trabalho de agrupamento resultando em seis grupos de municípios com características relativamente homogêneas. Tendo realizado a classificação dos municípios, o estudo passou para a etapa de desenvolvimento dos modelos de negócio, que são apresentados nesta seção. Com base em variáveis fiscais, demográficas e de escala, além de entrevistas a atores-chave selecionados e análise de documentação nacional e internacional, foram identificados oito modelos de negócio.

A tabela a seguir apresenta um breve resumo dos modelos identificados.

Tabela 18 Resumo dos Modelos de Negócios

Modelo	Breve descrição
M1—PPP Municipal	Criação de concessionária, à qual o município outorga uma ampla gama de responsabilidades mediante concessão administrativa para modernização do parque de iluminação pública e prestar serviços de iluminação pública eficiente.
M2—Consórcios para PPPs	PPP em consórcio de municípios, que utiliza o instrumento de PPP a partir de um convênio entre diversos municípios de um mesmo estado.
M3—Financiamento Municipal	Emissão de debêntures ou endividamento municipal, que permitiria a municípios que não queiram ou não tenham capacidade (técnica ou financeira) para contratar PPP financiem os investimentos necessários para a conversão do parque em LEDs.
M4—Programas de Concessionárias de Energia	Potencialização dos recursos provenientes do pagamento de energia elétrica pelos consumidores, e a concessionária financiaria a compra de LEDs.
M5—Empresas de Serviço de Energia ESCO (s)	ESCOs buscariam os recursos no mercado e realizariam os investimentos necessários para a modernização para municípios; a operação e manutenção continuariam a ser executadas pela prefeitura.
M6—Consórcio Municipal ou Agente Central de Compras	Criação de consórcios municipais para centralização de compras de LEDs para beneficiar-se de economias de escala no preço dos equipamentos—e possivelmente gestão do sistema
M7—Autofinanciamento	Utilização das receitas pari passu com as despesas necessárias para execução investimentos, sem obtenção de financiamentos
M8—Transferência de Luminárias	Solução provisória, que consiste no remanejamento de equipamentos usados de vapor de sódio (ou vapor metálico) que serão liberados pela conversão em LEDs, para municípios que não têm boas perspectivas de converter seu próprio parque para LEDs em um futuro próximo.

Nota-se que enquanto a formação de um consórcio municipal é uma condição necessária para o modelo M2, a agregação (com fins de criar escala, reduzir custos de transação, etc.) poderia ser realizada através do uso de consórcios municipais em vários outros modelos.

O restante desta seção apresenta maiores detalhes sobre cada um desses oito modelos de negócio, enfocando o seguinte:

1. descrição do modelo e fluxos de caixa;
2. agentes principais, riscos e mitigadores, resumindo as agentes principais para as etapas de (a) planejamento e licitação, (b) levantar financiamento, (c) efetuar compra de lâmpadas, (d) executar instalação, (e) operação e manutenção (O&M);
3. breve descrição das vantagens e desvantagens do modelo; e,
4. sugestões de quais grupos de municípios (da categorização A–F proposta na seção anterior) seria bons candidatos para implementar cada modelo.

Ao final da seção, encontra-se dois quadros resumo destes oito modelos: um resumo dos atores principais de cada modelo, e um mapeamento da aplicação dos modelos aos grupos de municípios.

Existem pelo menos três atores chave que aplicam a qualquer projeto de LEDs para iluminação pública mas não são apresentados em cada modelo de negócio para evitar repetição da informação: consumidores (cidadão), concessionárias de energia, e fabricantes de equipamentos. Embora não estão incluídos abaixo, esses grupos tem papéis extremamente importantes no projeto, assim uma breve descrição de essas três agentes estão apresentados, a seguir:

Tabela 19 Atores-chave que se aplicam a todos os modelos de negócio

Ator	Funções	Riscos ao Projeto	Mitigadores
Consumidores	Beneficiar-se da melhoria do serviço de iluminação pública; Fornecer <i>feedback</i> sobre a qualidade do serviço; Pagar a COSIP em dia, se for o caso no município.	Não perceber benefícios ao serviço; Descontentamento com obras civis.	Campanhas de comunicação; Sistemas para receber e resolver queixas; Acordo sólido de arrecadação da COSIP com a concessionária de energia
Concessionária de energia	Fornecer energia no ponto de luz; Celebrar acordo de operação com a SPE; Arrecadar e repassar a receita proveniente da COSIP.	Escassez da oferta de energia; Deixar de cumprir os acordos com o município referente à arrecadação da COSIP.	Assegurar clareza nos acordos de operação; Aumentar a capacidade do município de fiscalizar o processo de faturamento de energia elétrica e arrecadação da COSIP.
Fabricantes	Fornecer equipamentos ao projeto	Baixa qualidade e/ou alto custo de equipamentos	Assegurar garantia de desempenho dos equipamentos, idealmente por no mínimo 10 anos (ou seja, até o final de vida útil das lâmpadas LEDs); Apoio das autoridades e/ou bancos públicos para aumentar a nacionalização da fabricação de LEDs a fim de reduzir os custos de importação; Reduzir impostos para produção nacional de LEDs (por tempo limitado).

■ VII.2 Apresentação dos Modelos de Negócios

Modelo M1: Parceria Público-Privada (PPP)

Descrição do modelo e fluxo de caixa

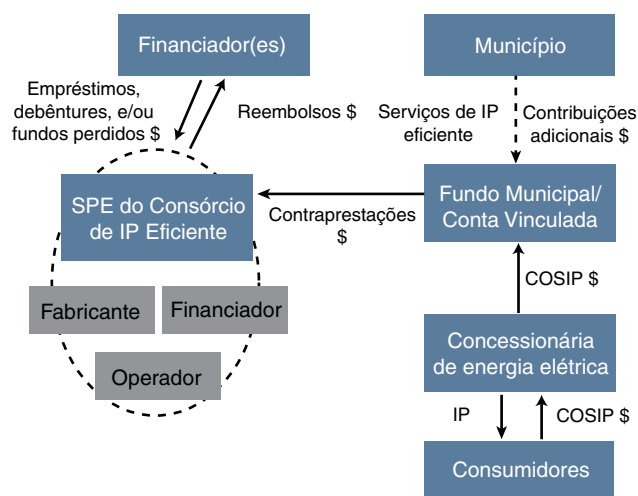
O modelo de PPP é caracterizado pela presença de uma concessionária, a qual o município outorga uma ampla gama de responsabilidades mediante concessão administrativa. As PPPs podem abranger todo o esforço para modernização do parque de iluminação pública e prestação serviços eficientes ao município, incluindo a instalação, manutenção e operação do sistema por toda a duração do contrato.⁶¹ A vigência do contrato de uma PPP administrativa pode variar de 5 a 35 anos.

Normalmente, a concessionária é uma Sociedade (ou veículo) de Propósito Específico—SPE ou SPV—formada pelo consórcio vencedor, que pode incluir, entre outros, um operador, financiador e fabricante de equipamentos. A concessionária seria responsável por buscar financiamentos para cobrir os custos iniciais dos equipamentos, e o município o reembolsaria em contraprestações mensais. A seleção da concessionária seria objeto de licitação pública, em que o critério de adjudicação seria o valor mínimo de contraprestação, para os candidatos pré-qualificados. Os pagamentos podem ser fixos ou podem também incluir cláusulas de desempenho, e podem estar sujeitos a revisões periódicas conforme especificado no contrato de concessão.

Se o município tiver implementado a COSIP, as contraprestações seriam custeadas pelas receitas da COSIP arrecadadas junto aos consumidores de energia elétrica. Estas contribuições seriam cobradas pelas concessionárias de energia elétrica e repassadas para um fundo municipal ou uma conta vinculada, se permitido pela lei municipal. O uso desta conta para pagamento da contraprestação seria regido por cláusulas constantes do contrato de concessão. Caso os recursos da COSIP não sejam suficientes para pagar as contraprestações, ou se a COSIP não tiver sido implementada, o município poderia utilizar recursos do orçamento municipal para custear o valor não coberto das contraprestações.

O diagrama a seguir sintetiza os principais agentes e o fluxo de caixa em uma amostra do modelo de PPP.

Figura 24 Exemplo estruturação no modelo de PPP



⁶¹ Os contratos da concessão poderiam também incluir serviços acessórios como, por exemplo, telefonia celular em 4G, WiFi, serviços de monitoramento, etc. A divisão do lucro proveniente dessas receitas deve ser especificada no contrato de concessão.

Principais agentes, riscos e mitigadores

A tabela a seguir traz um resumo dos principais agentes de cada uma das etapas-chaves do modelo de PPP, além de indicar os principais riscos que se impõem ao projeto durante essas etapas e recomendações para mitigá-los.

Modelo: M1—PPP Municipal				
Papel	Atores	Funções	Riscos ao Projeto	Mitigadores
Planejamento e licitação	Município	Preparar o edital e realizar licitação para contratação de Concessionária de IP	Falta de capacitação suficiente para preparar o edital e/ou avaliar propostas. Falta de concorrência que garanta maximização dos recursos financeiros	Treinamento ou cartilha padrão.
	Tribunal de Contas	Analisar e validar documentos/requisitos publicados no edital de concessão.	Ingerência em temas sensíveis do edital; Proibição do uso da COSIP como garantia; Suspensão do contrato de concessão.	Maior envolvimento nas consultas prévias e nas etapas iniciais do processo.
	Consórcios de empresas	Empresas constituídas para disputar a concessão; submeter projeto substancial a preço competitivo	Ausência de interessados para a concorrência	Escolha, pelo município, de uma relação adequada entre retorno e risco nos documentos do edital
Obtenção de financiamento	Concessionária de IP	Planejar e executar o projeto de investimento. Captar recursos para promover investimento.	Não poder contrair o financiamento; ou os custos de financiamento não são viáveis por toda a duração do projeto.	Oferecer mecanismos de redução de risco (p.ex. garantias e seguro contra riscos de crédito e técnicos); Limitar a participação de muitos tipos de empresas na licitação (p.ex. exigindo provas de qualificação).
	Financiadores	Fornecer recursos financeiros a taxas competitivas para o CAPEX.	Falta de interesse em investir; taxas de juros altas	Fornecer dados para facilitar o entendimento sobre os riscos
Compra das lâmpadas	Concessionária de IP	Licitação para aquisição de lâmpadas	Falta de capacitação em temas técnicos; Falta de garantia adequada para os equipamentos	Edital deve aderir às melhores práticas nacionais/internacionais; licitação com concorrência internacional; assessoria especializada
Executar instalação	Concessionária de IP	Gerenciar o processo de troca de lâmpadas e outros serviços relacionados (descarte de lâmpadas existente, obras civis, etc.)	Falta de conhecimento de rede de IP, dando resultar atrasos e/ou incremento de custos	Preparação de estudos técnicos robustas; capacitação

Modelo: M1—PPP Municipal				
Papel	Atores	Funções	Riscos ao Projeto	Mitigadores
Operação e manutenção	Concessionária de IP	Prestar serviços de iluminação pública eficiente.	Não conseguir de auferir economias no consumo ou não atender ao padrão exigido pelo município.	Garantias técnicas e de desempenho.
	Município	Regular e fiscalizar os serviços.	Falta de capacitação; Ingerência política.	Capacitação regulatória e contratual. Provisão de mecanismos contratuais claros que limitem a ingerência política.

Vantagens e desvantagens

Um das vantagens do modelo de PPP é que o município pode receber garantia total durante toda a vida útil dos LEDs, tendo em vista que, na PPP, a concessionária seria responsável pela aquisição, instalação, operação e manutenção dos LEDs por toda sua vida útil (normalmente de 10 a 15 anos). Além disso, as PPPs permitem explicitamente que os pagamentos realizados no âmbito do contrato estejam vinculados ao desempenho do projeto. Isso resultará em eficiências econômicas e financeiras, pois um consórcio formado para prestar serviços e equipamentos terá interesse em criar uma SPE e beneficiar-se da eficiência do projeto, ou seja, da economia de energia elétrica.⁶² Esses dois fatores combinados ajudariam a reduzir bastante o risco associado ao desempenho que o setor público enfrenta.

Apesar desses benefícios atrativos, o modelo de PPP tem algumas desvantagens. Primeiro, o tempo e os custos de transação envolvidos na preparação de uma PPP podem ser significativos, especialmente considerando que existem poucos exemplos anteriores de PPPs neste setor para orientar os municípios e os fiscalizadores (p.ex., Tribunal de Contas) no processo de estruturação e avaliação dos contratos.

Identificação de grupos aos quais o modelo seria aplicável

Os agrupamentos identificados neste estudo levam a crer que o serviço de iluminação pública poderia ser objeto de concessão apenas em alguns casos. O esforço de estruturação de uma PPP exige capacidade técnica e investimento significativo em estudos por parte do município, além da aprovação de legislação específica. Requer também a capacidade fiscal adequada para o pagamento da contraprestação e os procedimentos de acompanhamento da execução do contrato, incluindo os requisitos de contabilização especiais previstos na legislação brasileira. Embora a alternativa da PPP continue a estar disponível para municípios que não cumpram esses requisitos, o não cumprimento aumenta os riscos que o município enfrentará ao escolher a alternativa de um contrato de PPP.

Com base nesta avaliação, os únicos municípios que seriam candidatos potenciais para uma concessão individual seriam os que pertencem aos grupos A e B, e talvez algumas das cidades maiores do grupo C.⁶³ Sem incluir o grupo C, isso representa um total de 135 municípios, o seja 2,4% dos municípios brasileiros. Apesar do número relativamente pequeno, esses municípios representam 40,9% do total da população

⁶² Isso se aplica nos casos em que a concessionária de IP é responsável pelo pagamento da conta de energia elétrica. Nos casos em que a prefeitura continua a ter essa responsabilidade (como no exemplo da PPP de Belo Horizonte), o contrato poderia incluir incentivos explícitos (p.ex., um bônus) para que ganhos de eficiência superem os valores acordados.

⁶³ Cabe notar que hoje 50 municípios já iniciaram esforços para a contratação de PPP de forma individual. Contudo, há municípios de menor porte, não pertencentes aos grupos A ou B, que vêm investindo na solução PPP.

brasileira. Além disso, tendo em vista que o volume de investimentos necessário para a substituição do parque por lâmpadas LEDs é de R\$11,9 bilhões, a parcela desses municípios representa 42,4% do investimento necessário para todo o país. Dessa forma, esse número relativamente pequeno de municípios concentra uma parcela importante do mercado total de iluminação pública no Brasil.

As principais funções no modelo estão apresentadas na tabela a seguir, juntamente com atores correspondentes.

A evolução do modelo no Brasil

Diversos municípios vêm adotando o modelo de PPP,⁶⁴ na forma de concessão administrativa dos serviços, transferindo inclusive a obrigação de investimento. O quadro a seguir apresenta um resumo dos projetos de PPP atualmente em andamento no mercado brasileiro.

Tabela 20 Projetos de PPP em andamento no Brasil segundo o estágio do projeto

Estágio da PPP	Nº de processos	Municípios concedentes
Contrato assinado	3	Urânia-SP; São João de Meriti-RJ; Caraguatatuba-SP
Licitação em andamento	6	Belo Horizonte-MG; Contagem-MG; Goiatuba-GO; Guaratuba-PR; São José de Ribamar-MA; São Paulo-SP
Consulta pública encerrada	32	Almirante Tamandaré-PR; Araguaína-TO; Atibaia-SP; Barueri-SP; Caxias-MA; Feira de Santana-BA; Guarapuava-PR; Lins-SP; Maceió-AL; Marabá-PA; Mauá-SP; Nova Iguaçu-RJ; São Bernardo do Campo-SP; Vespasiano-MG; Vitória-ES; Consórcio CONIAPE-PE (17 municípios consorciados) ⁶⁵
Consulta pública iniciada	2	Dourado-SP; Guaíra-SP
PMI encerrado	16	Barbacena-MG; Bertoga-SP; Boa Vista-RR; Camaragibe-PE; Cascavel-PR; Brasília-DF; Dois Vizinhos-PR; Governador Valadares-MG; Içara-SC; Inhumas-GO; Ituiutaba-MG; Jaboatão dos Guararapes-PE; Muriaé-MG; Palmeira-PR; Sorriso-MT; Várzea Grande-MT
PMI iniciado	20	Aparecida de Goiânia-GO; Breu Branco-PA; Cariacica-ES; Carolina-MA; Delmiro Gouveia-AL; Esmeraldas-MG; Goianésia do Pará-PA; Guanambi-BA; Hortolândia-SP; Imituba-SC; Jacundá-PA; Maringá-PR; Niterói-RJ; Pará de Minas-MG; Penedo-AL; Rio Verde-GO; Rolim de Moura-RO; Salto-SP; Salvador-BA; Santo André-SP
Modelagem iniciada	4	Betim-MG; Caruaru-PE; Formosa-GO; Ribeirão Preto-SP
Intenção pública	15	Angra dos Reis-RJ; Aracaju-SE; Diadema-SP; Florianópolis-SC; Foz do Iguaçu-PR; Iracemópolis-SP; Pederneiras-SP; Ponta-Grossa-PR; Santos-SP; Sete Lagoas-MG; Sombrio-SC; Sorocaba-SP; Uberlândia-MG; Valparaíso de Goiás-GO; Votuporanga-SP
Cancelado/Suspenso	69	Canela-RS; Cuiabá-MT; Uberaba-MG; Consórcio CIGIP-AL

Fonte: Dados atualizados em 30 de abril de 2016, com base de dados RadarPPP.

⁶⁴ Autorizada pela Lei nº 11.079, de 2004, alterada pela lei 12.766, de 2012. A concessão administrativa corresponde ao contrato em que o contratante final dos serviços é a Administração Pública, que remunera o concessionário através de uma contraprestação pecuniária, sem cobrança de tarifas ou preços públicos junto ao usuário. A outra forma permitida pela mesma lei é a Concessão Patrocinada, em que parte da remuneração do concessionário provém da cobrança de tarifas junto aos usuários.

⁶⁵ CONIAPE-PE é o Consórcio Intermunicipal do Agreste Pernambucano e Fronteiras; e CIGIP-AL é o Consórcio Público para Gestão da Energia Elétrica e Serviços Públicos.

De acordo com o quadro, até o momento 166 municípios brasileiros iniciaram processos ou demonstraram intenção de contratar serviços de iluminação pública por meio de uma de PPP.⁶⁶ Entre eles, 84 municípios (50,9% do total) iniciaram os procedimentos individualmente, incluindo grandes capitais como São Paulo e Belo Horizonte e também cidades de menor porte como Urânia, no interior do estado de São Paulo, que já tem o contrato celebrado. Os demais 82 municípios (49,7%) reuniram-se em dois consórcios públicos—o CONIAPE com 17 municípios do estado de Pernambuco e o CIGIP com 66 municípios do estado de Alagoas.

Modelo M2: Consórcio de Municípios para PPP

Descrição do modelo e fluxo de caixa

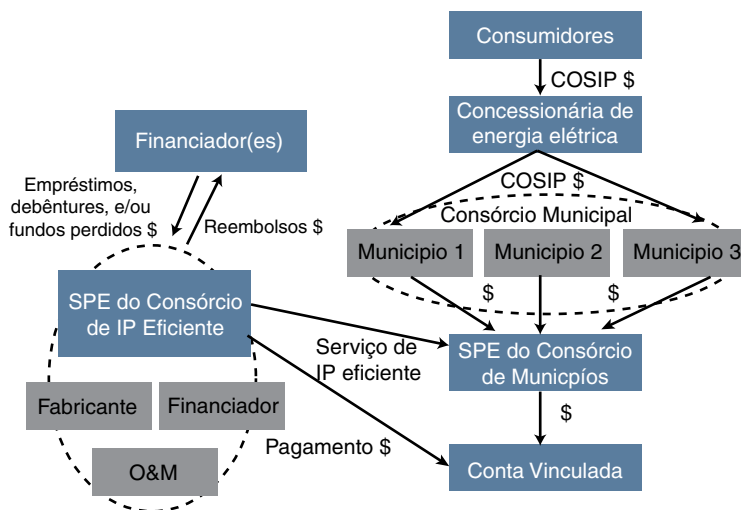
Por não ser viável para um grande número de municípios realizar concessões de forma individual na forma de PPP, o consorciamento de municípios pode ser uma solução para ganhar a escala necessária para o modelo de PPPs. A experiência internacional indica que há grandes ganhos de escala na aquisição de luminárias.

Uma vez constituído, o consórcio de municípios, passa a ter condições de contratar uma Parceria Público-Privada. Em outras palavras, o consórcio passa a funcionar como um novo poder concedente, que pode operar os serviços de iluminação pública por meio de uma PPP. Essencialmente, a PPP contratada por um consórcio tem as mesmas características gerais e modo de funcionamento de um consórcio contratado por uma prefeitura individual.

Devido a restrições jurídicas atualmente em vigor, a pessoa jurídica do consórcio público não pode receber financiamentos diretamente. Mas a concessionária ganhadora da licitação de PPP realizada por um consórcio pode obter financiamentos no mercado para realizar os investimentos necessários. Portanto, a solução de PPP com consórcio é mais atraente do que um sistema de financiamento conjunto de municípios fora do esquema de concessão.

O diagrama a seguir sintetiza os principais agentes e o fluxo de caixa do modelo de PPP contratada por um consórcio de municípios.

Figura 25 Exemplo estruturação de modelo de PPP com consórcio



⁶⁶ A compilação de municípios foi obtida da base de dados do RadarPPP e de informações obtidas pela Pezco.

Principais agentes, riscos e mitigadores

A tabela a seguir traz um resumo dos principais agentes de cada uma das etapas-chaves do modelo de PPP com consórcio, além de indicar os principais riscos que se impõem ao projeto durante essas etapas e recomendações para mitigá-los.

Tabela 21 Matriz de funções e atores do modelo M2

M2—Consórcios para PPPs				
Papel	Atores	Funções	Riscos ao Projeto	Mitigadores
Planejamento e licitação	Municípios	Decisão sobre a participação no consórcio.	Falta de coordenação entre os municípios consorciados; não ter equipe de capacitação suficiente	Regras de governança claras no consórcio; Treinamento ou cartilha padrão.
	Consórcios de municípios	Preparar o edital e realizar a licitação para contratação de Concessionária de IP	Falta de coordenação entre os municípios consorciados; não ter equipe de capacitação suficiente	Regras de governança claras no consórcio; Treinamento ou cartilha padrão.
	Tribunal de Contas	Analisar e validar documentos/ requisitos publicados no edital de concessão.	Ingerência em temas sensíveis do edital; Proibição do uso da COSIP como garantia; Suspensão do contrato de concessão.	Maior envolvimento nas consultas prévias e nas etapas iniciais do processo.
	Consórcios de empresas	Empresas constituídas para disputar a concessão; submeter projeto substancial a preço competitivo	Ausência de interessados para a concorrência	Escolha, pelo município, de uma relação adequada entre retorno e risco nos documentos do edital
Obtenção de financiamento	SPE do Consórcio	Estruturar e captar recursos para promover investimento.	Complicações na estruturação do financiamento devido ao alto número de atores; A inadimplência do consórcio pode por em risco todos os consorciados	Oferecer mecanismos de garantias e seguro contra riscos de crédito e técnicos; Normas claras de governança e de tratamento da inadimplência.
	Financiadores	Fornecer recursos financeiros a taxas competitivas para o CAPEX.	Falta de interesse em investir; taxas de juros altas	Fornecer dados para facilitar o entendimento sobre os riscos
Compra de lâmpadas	Concessionária de IP	Licitação para aquisição de lâmpadas	Falta de capacitação em temas técnicos; falta de garantia adequada para os equipamentos	Edital deve aderir às melhores práticas nacionais/ internacionais; licitação com concorrência internacional; assessoria especializada

M2—Consórcios para PPPs				
Papel	Atores	Funções	Riscos ao Projeto	Mitigadores
	Fabricantes	Produzir/importar lâmpadas de LEDs para os municípios/SPE.	No caso de produção local, financiamento à instalação do parque produtivo. No caso de importação, câmbio e impostos incidentes sobre produtos importados.	Grande escala no consumo de lâmpadas de LEDs pode incentivar a instalação de fábrica no país.
Execução e instalação	Concessionária de IP	Gerenciar o processo de troca de lâmpadas e outros serviços relacionados (descarte de lâmpadas existentes, obras, etc.)	Falta de conhecimento de rede de IP, resultando em atrasos e/ou aumento dos custos	Preparação de estudos técnicos consistentes; capacitação.
Operação e manutenção	Concessionária de IP	Prestar serviços de iluminação pública eficiente.	Não conseguir auferir economias no consumo ou não atender ao padrão exigido pelo município.	Garantias técnicas e de desempenho.
	Municípios	Regular e fiscalizar os serviços do Consórcio de Municípios e da Concessionária de IP.	Falta de capacitação; Ingerência política.	Capacitação regulatória e contratual. Provisão de mecanismos contratuais claros que limitem ingerência política.

Vantagens e desvantagens

A alternativa de associação em consórcio para contratação de PPP tem a vantagem de possibilitar a participação de uma gama maior de municípios em comparação com o modelo de PPP individual, já que dessa forma pode também ser utilizada por municípios que não atendem aos requisitos de escala da PPP individual. Além disso, a diversificação dos riscos políticos e de crédito dos vários municípios pode ser atraente para um potencial financiador, ou seja, dependendo nos arranjos financeiros e de governança, um evento de inadimplência de um único município não necessariamente resultaria em inadimplência da SPE do consórcio.

Porém, se o perfil da maioria dos municípios sugerir a presença de alto risco político o de crédito, o engajamento em consórcio aumenta o risco para os financiadores e os demais consorciados. Além disso, devido a governança mais complexa de um consórcio, os custos de transação e a percepção de risco podem ser elevados, resultando em falta de interesse de municípios e financiadores, e/ou altos custos de financiamento.

Identificação de grupos aos quais ao modelo seria aplicável

O consorciamento é uma solução mais apropriada para os municípios do Grupo C, que apresentam baixa escala, com porte inferior a 20 mil luminárias, mas que possuem uma gestão fiscal relativamente boa. Um total de 329 municípios se encontram nesse grupo, sendo que alguns municípios de porte relativamente menor do Grupo B também poderiam participar. Incluindo somente os municípios do Grupo C, este modelo M2 poderia ser aplicável a 6% dos municípios brasileiros representando 7% da população total e 3,2 bilhões de reais de investimento (11% do investimento necessário em todo o país).

A evolução do Brasil

Há uma tendência de formação de consórcios públicos no Brasil.⁶⁷ O primeiro consórcio constituído para o setor de iluminação pública foi o Consórcio Público para Gestão da Energia Elétrica e Serviços Públicos⁶⁸ (CIGIP), que congrega 66 municípios do estado de Alagoas. O consórcio ainda não apresentou soluções para a modernização ou operação do parque, tendo se concentrado, inicialmente, em oferecer suporte técnico, equipamentos, consultoria e capacitação voltada para o relacionamento entre o município e a distribuidora de energia, a rede de IP e os prédios públicos municipais dos consorciados. No Estado de Minas Gerais, foi implementada uma estratégia para estimular o consorciamento de municípios, após iniciativas de coordenação entre o governo estadual, o Tribunal de Contas do Estado e a distribuidora estatal CEMIG e associações de municípios. No Estado de Pernambuco, foi formado o Consórcio Intermunicipal do Agreste Pernambucano e Fronteiras—CONIAPE. Esse consórcio iniciou discussão pública sobre realização de Parceria Público Privada, mas o processo foi suspenso, sendo realizada atualmente licitação para a gestão integral e manutenção da rede dos 17 municípios consorciados.⁶⁹

Box IV Consórcios públicos no Brasil

A formação de consórcios públicos para iluminação é uma importante alternativa que vem sendo explorada por municípios de alguns estados brasileiros. Os consórcios já existem para alguns serviços públicos, tais como gestão de resíduos sólidos, e agora vêm sendo estruturados para a iluminação pública. Os consórcios de iluminação pública já criados incluem:

- Consórcio Público para Gestão da Energia Elétrica e Serviços Público—CIGIP, que congrega 66 municípios no Estado de Alagoas, criado em maio de 2013 e considerado pioneiro no Brasil.
- Consórcio Público Intermunicipal de Desenvolvimento Sustentável do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba—CIDES, que fica situado no Estado de Minas Gerais e congrega 20 municípios, com população total de 348,8 mil habitantes (posição de julho de 2014). O maior município é Ituiutaba, com população 102,6 mil habitantes. Os municípios assumiram a gestão desde janeiro de 2015, já participando do consórcio.
- Consórcio Intermunicipal de Energia e Iluminação Pública do Maciço de Baturité—CEIMAB, com Contrato de Rateio assinado pelos municípios em 31 de agosto de 2015. A população desse conjunto de 15 municípios soma 286,1 mil habitantes (posição de julho de 2014).
- Consórcio Intermunicipal do Agreste Pernambucano e Fronteiras—CONIAPE, com 17 municípios no Estado de Pernambuco.

Apesar de alguns consórcios terem autorização em seu estatuto para a celebração de contrato de concessão ou parceria público-privada, essa forma de participação do setor privado não avançou junto aos novos consórcios que vêm sendo formados na área de iluminação pública. Inicialmente, alguns consórcios, como CIGIP e CONIAPE, levaram a proposta de PPP à consulta pública, mas em nenhum caso houve a contratação a longo prazo (prazo superior a cinco anos). Já o CIDES-MG, em pesquisa realizada por consultor do Grupo Banco Mundial em julho de 2015, não havia se mostrado naquele momento, propenso à concessão dos serviços por considerar que não dispunha da estrutura física e de pessoal técnico para assumir um projeto desta dimensão.

⁶⁷ O conceito de consórcios públicos foi instituído pela lei nº 11.107 de 2005, que permitiu a formação de consórcios públicos entre entes da federação.

⁶⁸ O edital do CIGIP era peculiar no sentido que previa investimentos em vários setores, inclusive iluminação pública, geração distribuída, mitigação de emissões e controle do consumo de energia elétrica em edificações públicas, etc.

⁶⁹ Maiores informações podem ser encontradas no site <http://www.consorciocoניהpe.pe.gov.br>, acessado em março de 2016.

Embora tenha aumentado o interesse nacional pelo mecanismo de consórcios para serviços públicos, inclusive de iluminação pública, ainda não existe um modelo de consórcio que tenha sido utilizado para implementar um projeto de investimento de iluminação pública mediante a criação de uma SPE para alavancar financiamento. Dessa forma, uma maior assessoria técnica poderia ser essencial para ajudar os municípios interessados em implementar esse modelo, em particular sobre aspectos jurídicos atinentes à estruturação de esquemas governança e financiamento da SPE.

Modelo M3: Financiamento Municipal

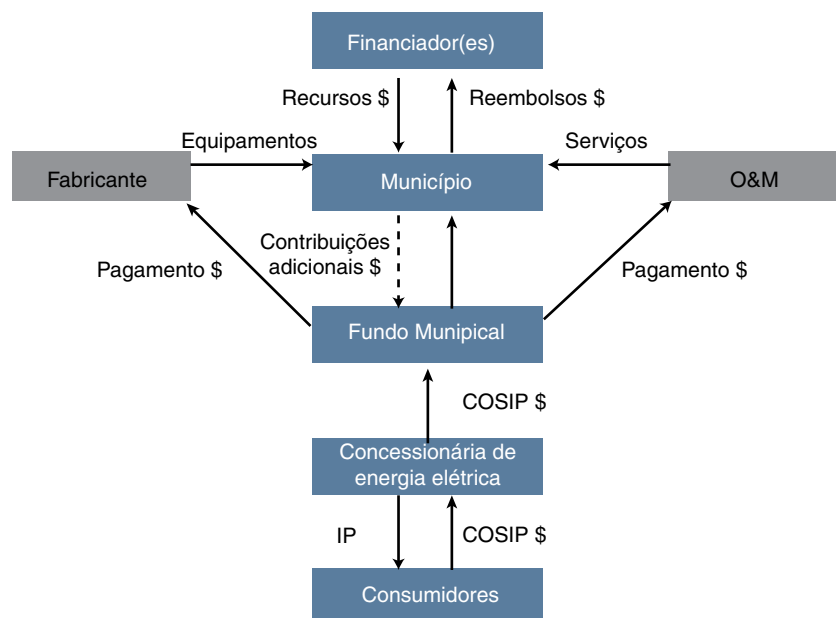
Descrição do modelo e fluxo de caixa

O alto nível de capital necessário para implementar a tecnologia de LEDs é o principal desafio à conversão do parque de iluminação pública, tendo em vista principalmente o nível relativamente elevado de investimento necessário no início do projeto. Fora do modelo de concessão, a responsabilidade maior pela captação do financiamento e realização dos investimentos necessário passa a ser da Administração Pública municipal, normalmente por meio da emissão de debêntures ou empréstimos.

Semelhante às PPPs, os pagamentos da dívida do município poderiam ser financiadas pelas receitas da COSIP (se houver), repassadas para um fundo municipal (ou conta vinculada, se permitido pela legislação municipal e acordado no âmbito dos contratos da dívida). Caso o município não a tenha implementado ou os recursos desta contribuição não sejam suficientes para pagar as contraprestações, o município poderia contribuir com recursos do orçamento municipal geral para financiar o valor (restante) do pagamento da dívida. Neste modelo, o município seria responsável pela execução ou terceirização e fiscalização dos serviços de operação e manutenção.

O diagrama a seguir sintetiza os principais agentes e o fluxo de caixa do modelo de financiamento municipal.

Figura 26 Exemplo de estruturação de modelo de financiamento municipal



Principais agentes, riscos e mitigadores

A tabela a seguir traz um resumo dos principais agentes de cada uma das etapas-chave do modelo de financiamento municipal, além de indicar os principais riscos que se impõem ao projeto durante essas etapas e recomendações para mitigá-los.

Vantagens e desvantagens

Uma grande vantagem deste modelo de negócio é a baixa complexidade na estruturação do projeto, devido ao número menor de atores e a possibilidade de comprar equipamentos utilizando o processo de rotina de licitação previsto na Lei 8.666/93. Isso pode resultar em custos menores de transação quando comparado aos modelos de PPPs. Por esse motivo, este modelo representa uma opção para municípios que possuem boa gestão fiscal, mas não têm escala suficiente para justificar os custos de transação de uma PPP.

Tabela 22 Matriz de funções e atores no modelo M3

M3—Financiamento Municipal				
Papel	Atores	Funções	Riscos ao Projeto	Mitigadores
Planejamento e licitação	Município	Desenhar e preparar o projeto; gerenciar as licitações para equipamentos, serviços	Falta de capacitação	Edital adere a melhores práticas nacionais/ internacionais; licitações competitivas; assessoria especializada
Obtenção de financiamento	Município	Estruturar e captar recursos para promover investimento.	Limites na capacidade de endividamento; Percepção de risco de crédito do mercado; Atrasos por falta de financiamento suficiente no começo do projeto.	Oferecer mecanismos de garantias contra risco de crédito, incluindo legislação robusta para a COSIP (caso existe). Assegurar interesse do mercado no crédito do município nas primeiras etapas do projeto.
	Financiadores	Fornecer recursos financeiros a taxas competitivas para o CAPEX.	Falta de interesse em investir; taxas de juros altas.	Fornecer dados para facilitar o entendimento de riscos
Compra das lâmpadas	Município	Licitação para aquisição das lâmpadas	Falta de capacitação em temas técnicos; falta de garantia adequada para os equipamentos	Edital deve aderir às melhores práticas nacionais/ internacionais; licitação com concorrência internacional; assessoria especializada
Executar instalação	Município	Gerenciar o processo; ou fiscalizar os serviços de uma empresa terceirizada.	Falta de conhecimento de rede de IP, resultando em atrasos e/ou aumento de custos; ou falta de capacitação para fiscalização (caso terceirizado)	Preparação de estudos técnicos consistentes; capacitação
Operação e manutenção	Município	Gerenciar o processo; ou fiscalizar os serviços de uma empresa terceirizada.	Falta de capacitação.	Capacitação técnica e/ ou de fiscalização

Entretanto, como explicado na seção Desafios, os limites de endividamento municipal são restritos e, em muitos municípios, há pouco espaço para endividamento adicional. Mesmo os municípios que tenham espaço para endividamento adicional, a preferência pode ser a de usar esse espaço fiscal para investimentos que não possam ser feitos pelo setor privado (ou seja, que são economicamente viáveis por não oferecerem um retorno financeiro atraente—p.ex., escolas).

Outra desvantagem deste modelo é que, caso o município terceirize os serviços de operações e manutenção, a garantia de desempenho presumivelmente será limitada a cinco anos—prazo máximo previsto pela Lei 8.666/83. Por essa razão, os operadores do sistema não terão os mesmos incentivos de assegurar o desempenho técnico durante toda a vida útil dos LEDs (10–15 anos). No caso menos comum de que o município assumir os serviços de operação e manutenção do projeto, existe o risco de não haver capacidade técnica e humana para gerenciar o processo. Desse modo, o resultado deste modelo é que muitas vezes o setor público assume a maior parte da responsabilidade pelo desempenho do projeto.

Identificação de grupos aos quais o modelo seria aplicável

No trabalho de identificação de grupos homogêneos que foi realizado neste projeto, o conjunto de municípios que se mostra mais aplicável a este modelo de negócio são as cidades relativamente pequenas dos Grupos B (#88) e as as cidades do Grupo C (#329), já que estas apresentam boa gestão fiscal e boa escala, mas ainda assim não tem escala suficiente para justificar os custos de transação associados com a estruturação de uma PPP. Assim, teoricamente, este modelo poderia ser aplicável a 7% dos municípios brasileiros representando 19% da população total e de 7,4 bilhões de reais de investimento (26% do investimento necessário em todo o país).

Evolução do modelo no Brasil

O empréstimo contratado por um ente subnacional com uma instituição financeira para financiar investimentos de capital é um formato tradicional em vários países, inclusive no Brasil, mas mesmo assim o modelo enfrenta importantes restrições fiscais e institucionais. Mesmo na Europa, onde o financiamento bancário ao setor público local é o modelo dominante, a escassez de crédito para governos locais funciona como um freio para o investimento público (AFD, FCH e IPEA, 2014, p. 95). Dessa forma, a oferta de empréstimos a municípios brasileiros em geral conta com recursos provenientes de bancos públicos, com apoio de garantias federais.

Nas pesquisas e entrevistas realizadas para este estudo, não foi encontrado qualquer exemplo no Brasil de captação de financiamento no mercado de capital para investimentos na modernização do parque de iluminação pública com a tecnologia LEDs. Dessa forma, para estabelecer um mercado de capitais para financiamento municipal para projetos de LEDs, poderiam ser implementadas mudanças nas políticas públicas relativas a exceções aos limites de endividamento previstos na Lei de Responsabilidade Fiscal. Como explicado anteriormente, a dívida tomada pelos municípios no âmbito do programa do PROCEL-Reluz não estão sujeitas aos limites de endividamento da Lei de Responsabilidade Fiscal, supostamente porque tais dívidas reduziram gastos municipais com energia, melhorando assim a situação fiscal do município com o tempo. No entanto, como os programas PROCEL Reluz não estão atualmente desembolsando recursos para modernização de iluminação pública, os municípios brasileiros não têm como aproveitar dessa exceção. Por isso, o governo federal poderia considerar a possibilidade de abrir uma nova exceção para investimentos municipais em eficiência energética com financiamento de outras fontes (o seja, mercados de capitais), com um poder público—talvez o PROCEL—atuando como autoridade fiscalizadora que aprova os projetos no âmbito desta exceção para assegurar que tenham alta qualidade e que cumpram as metas de economia de energia.

Modelo M4: Programas de Concessionárias de Energia Elétrica

Descrição do modelo e fluxo de caixa

Os dois programas nacionais de política pública voltadas para o segmento de iluminação pública são o PROCEL-Reluz e o Programa de Eficiência Energética (PEE). Ambos tem (ou tinham) como atores chave a Concessionária de Energia no papel de financiamento e/ou facilitação. Embora, como já descrito, atualmente estas duas fontes de recursos ofereçam um potencial mínimo na modernização de iluminação pública com LEDs, já que a única fonte de capitalização do PROCEL-Reluz foi descontinuada e os recursos de PEE direcionados para iluminação pública são de pequena monta. Além disso, com a transferência dos ativos de Concessionária de Energia para os municípios, as Concessionárias não tem mais quaisquer envolvimento nos aspectos operacionais de iluminação pública.

Apesar da tendência de distanciamento entre a Concessionária de Energia e o setor de iluminação pública, poder-se-ia vislumbrar um cenário futuro em que as Concessionárias pudessem dar suporte ao processo modernização do parque do Brasil. É provável que mudanças de natureza legal e regulatória venham a ser necessárias.

O modelo de negócio M4 seria, em termos gerais, uma ampliação do programa de PEE; a taxa de juro dos fundos de PEE poderia ser maior que no Reluz, e os lucros do programa poderiam ser usados para capitalizar um fundo rotativo, propiciando assim novos investimentos em programas adicionais de eficiência energética em iluminação pública. Os municípios usariam empréstimos do PEE, complementados com uma contraprestação municipal (custeados por dotação orçamentária ou outras fontes de financiamento municipal) para compra de equipamentos para o projeto.

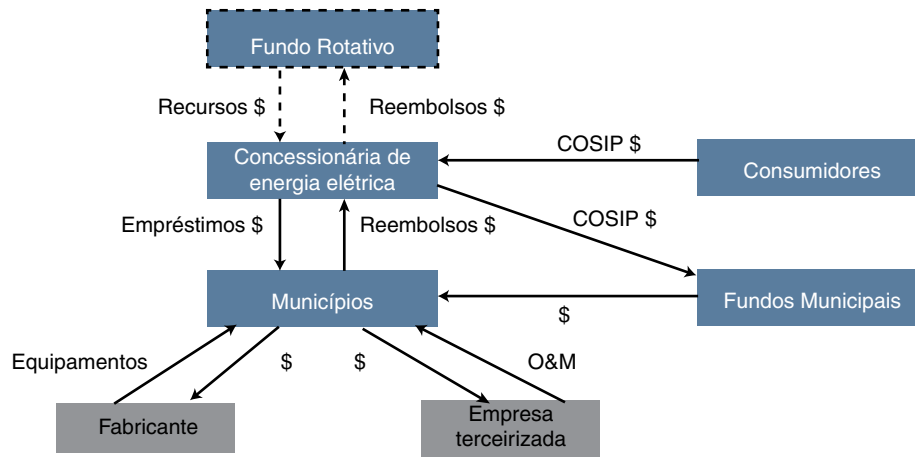
Para poder atingir a mais municípios, as Concessionárias de Energia teriam um mandato mais amplo para realizar de investimentos em eficiência (mais significativo do que os 0,5% da receita anual líquida hoje existente, por exemplo 1,0%).⁷⁰ Parte deste aumento seria direcionada ao setor de iluminação pública através de empréstimos aos municípios. As Concessionárias recuperariam parte destes gastos através de um incremento na tarifa de eletricidade cobrada de seus consumidores (tal como hoje opera o programa atual de PEE). Outra parte dos empréstimos seria recuperada por recursos da COSIP (ou orçamento municipal, caso a COSIP não exista).

Ao longo do tempo, e se o desempenho do programa for adequado, o custo da programa para todos os consumidores se reduziria, na medida que o mesmo se tornasse auto-sustentável. Neste modelo, o município ficaria com a responsabilidade de gerenciar o processo de licitação dos equipamentos e de fiscalizar a O&M (usando o resto dos recursos de COSIP/orçamento municipal).

Dependendo no nível de aumento das obrigações da Concessionaria para investir em eficiência energética, novos incentivos poderiam ser requeridos para evitar resistência das mesmas Concessionárias em função de uma diminuição de suas receitas (já que com o aumento de eficiência energética na sistema de iluminação pública—ou em outros investimentos em eficiência energética, as receitas da Concessionaria se reduziriam). Isso iria requerer que ANEEL implementasse novo regulamento, por exemplo, a implementação de “decoupling” entre as receitas da Concessionaria e suas vendas—ou seja MWh deixados de arrecadar dos

⁷⁰ Algumas concessionárias norte-americanas investem valores superiores em eficiência energética, como por exemplo 4%. Os maiores investimentos em EE nos Estados Unidos são realizados pelas concessionárias de gás e energia.

Figura 27 Exemplo de estruturação do modelo de Programas de Concessionárias



municípios pela iluminação pública. Na prática, significaria que a redução das receitas no setor de iluminação pública seria compensada por um aumento na tarifa a alguns ou todos os demais grupos consumidores. O impacto da taxa deveria ser muito pequeno, já que é disperso por muitos consumidores.

O diagrama a seguir sintetiza os principais agentes e o fluxos de caixa do modelo de Programas de Concessionárias.

Considerando que este modelo requererá mudanças regulatórias, uma opção no curto prazo seria as Concessionárias de Energia direcionarem mais recursos de PEE para o setor de iluminação pública. Isso talvez seja possível para as Concessionárias que atuam em áreas com poucos consumidores de baixa renda ou onde o atendimento a estes consumidores já foi realizado. A nova legislação eliminou a obrigação de investimentos mínimos de 60%, o que abriria espaço para investimentos em iluminação pública.

Principais agentes, riscos e mitigadores

A tabela a seguir traz um resumo dos principais agentes de cada uma das etapas-chaves do modelo de Programas de Concessionárias de Energia Elétrica, além de indicar os principais riscos que se impõem ao projeto durante essas etapas e recomendações para mitigá-los.

Vantagens e desvantagens

Existem várias vantagens em um programa de financiamento liderado pelas Concessionárias de Energia. Em primeiro lugar, os custos dos empréstimos serão mais baixos do que os municípios poderiam conseguir junto ao mercado de capitais. Ademais, a centralização do processo de captação de recursos resultaria em ganhos de escala, menores custos de transação e maior diversificação, podendo contribuir ainda mais para uma redução dos custos de financiamento para os municípios. Finalmente, por envolver custos menores, um programa como esse poderia servir para municípios que tenham poucas outras opções para alavancar recursos.

No entanto, existem algumas desvantagens importantes neste modelo, principalmente o fato de requerer uma mudança na regulamentação da parte de ANEEL para incentivar as Concessionárias de Energia a alocar mais recursos para investimento neste setor. Isso pode ser ainda mais difícil neste momento, considerando a tendência recente de reduzir o envolvimento das Concessionárias de Energia neste setor.

Tabela 23 Matriz de funções e atores no modelo M4

M4—Programas de Concessionárias de Energia				
Papel	Atores	Funções	Riscos ao Projeto	Mitigadores
Planejamento e licitação	Município	Desenhar e preparar o projeto; Submeter proposta do projeto à Concessionária de Energia para aprovação.	Falta de capacidade para preparar uma proposta / um projeto consistente.	Assessoria especializada
	Concessionária de Energia	Desenhar o programa de investimentos e fundo rotativo	Capacidade humana para fiscalizar o programa	Assegurar que o programa tenha recursos suficientes para a sua gestão.
	ANEEL	Aprovação de uma ampliação do mecanismo para o uso de PEE e para o engajamento financeiro de Concessionárias de Energia neste setor	Não aprovar o conceito do programa	Engajamento forte sobre os benefícios do programa, incluindo as metas de mudança climática e a possibilidade de o programa tornar-se autossustentável
Obtenção de financiamento	Concessionária de Energia	Desembolsar recursos para promover investimento.	Demanda de recursos pelos municípios excede a oferta	Considerar restringir os municípios elegíveis para receber recursos do programa (p.ex. pequeno-médio porte, etc.)
Compra de lâmpadas	Município ou ESCO	Licitação para aquisição das lâmpadas	Falta de capacitação em temas técnicos; falta de garantia adequada para os equipamentos	Edital deve aderir às melhores práticas nacionais/ internacionais; licitação com concorrência internacional; assessoria especializada
Execução e instalação	Município ou ESCO	Gerenciar o processo, ou fiscalizar os serviços do ESCO	Falta de conhecimento de rede de IP, resultando em atrasos e/ou aumento de custos; ou falta de capacitação de fiscalização (caso feito por um ESCO)	Preparação de estudos técnicos consistentes; capacitação
Operação e manutenção	Município ou ESCO	Gerenciar o processo, ou fiscalizar os serviços do ESCO.	Falta de capacitação.	Capacitação técnica e/ou de fiscalização

Identificação de grupos aos quais o modelo seria aplicável

Este modelo poderia ser aplicado, principalmente, nos municípios dos grupos D e E, que abrangem mais que 4.200 municípios e onde residem aproximadamente 75% da população brasileira e para o que R\$ 9.5 bilhões de investimento seriam necessários. Este modelo poderia também ser aplicável, em alguns casos, em outros grupos além dos C e F. Os municípios a serem contemplados são de porte relativamente pequeno, com gestão fiscal mediana. Quando o financiamento fosse concedido à distribuidora de energia, o risco de

crédito da prefeitura podia ser mitigado pelo uso de uma conta vinculada às receitas da COSIP. Outros tipos de mitigadores do risco de crédito poderiam ser contemplados para municípios em difícil situação fiscal, baseado na experiência de PROCEL-Reluz, no qual havia a exigência explícita para que os municípios atestassem sua situação financeira.

A evolução do modelo no Brasil

Como explicado anteriormente em Seção V.2.4, foi recentemente aprovado uma ao Projeto de Lei que propunha a destinação de 20% dos recursos oriundos do PEE para o Programa Nacional de Conservação de Energia, dando a possibilidade de até R\$ 100 milhões sendo alocados para iluminação pública. Isso poderia ser um primeiro passo para a revitalização do conceito de que as Concessionárias de Energia deveriam ter um papel importante na modernização do parque de iluminação pública do Brasil.

Modelo M5: Modelo de ESCO

Descrição do modelo e fluxo de caixa

Trata-se de um modelo de financiamento fora do balanço das prefeituras (*off balance sheet financing*), em que o investimento é feito por um terceiro. Se estruturado como tal, os investimentos em modernização não seriam caracterizados como dívida da prefeitura, não comprometendo seus limites de endividamento. Essencialmente, uma empresa ou consórcio de empresas (SPE) capta os recursos, adquire e instala luminárias de LEDs em troca de pagamento regular do município. Como em outros modelos, o município usaria recursos da COSIP e/ou orçamento municipal para cumprir com as suas obrigações de pagamento à ESCO. Normalmente, as ESCOs não se envolvem na operação e manutenção do parque de iluminação pública, mas oferecem garantia técnica e de desempenho para as lâmpadas por elas instaladas. Este modelo pode ser conhecido em outros mercados como um pagamento de anuidade, *leasing* dos ativos, ou uma super ESCO.

As ESCOs podem normalmente operar sob duas modalidades. A primeira, na qual compartilham os ganhos de eficiência, e a segunda na qual recebem um pagamento fixo pelo investimento realizado, e dão garantia técnica pelo desempenho do produto. Esta segunda tem sido a modalidade preferida, pois simplifica os procedimentos de medição e verificação, e assegura um fluxo de caixa previsível para o projeto, facilitando sua financiabilidade.

O diagrama a seguir sintetiza os principais agentes e o fluxo de caixa em uma amostra do modelo de ESCO.

Principais agentes, riscos e mitigadores

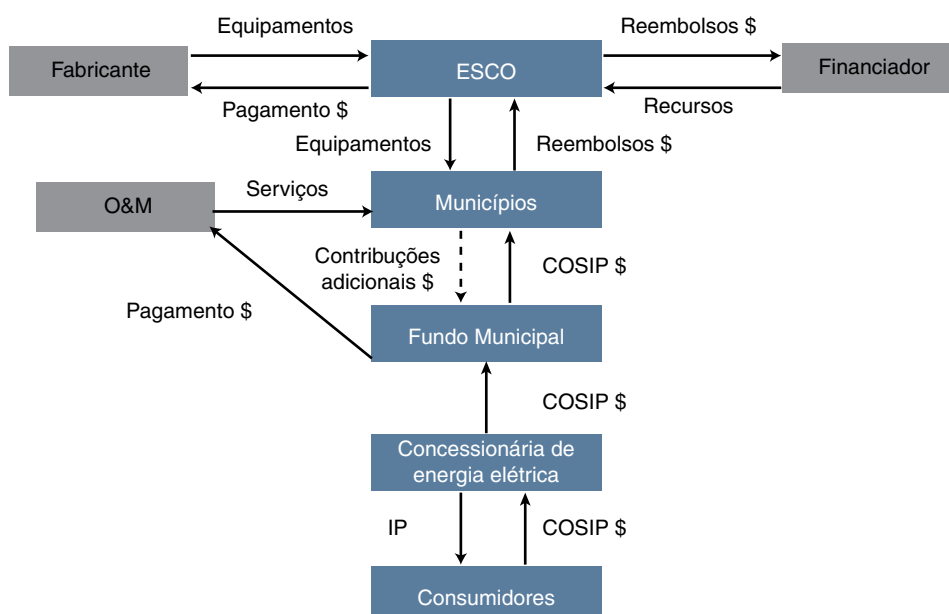
A tabela a seguir traz um resumo dos principais agentes de cada uma das etapas-chaves do modelo de ESCO, além de indicar os principais riscos que se impõem ao projeto durante essas etapas e recomendações para mitigá-los.

Vantagens e desvantagens

Uma vantagem importante deste modelo é que—semelhante ao modelo M4—ele cumpre a meta de oferecer uma opção de financiamento fora do balanço (“*off balance sheet financing*”) para municípios de menor porte, mas não requer o mesmo nível de envolvimento do regulador, mudança políticas, etc.

No entanto, a abrangência e alcance deste modelo é menor em comparação com um modelo de Concessionária de Energia, já que o saldo das ESCOs tende de ser bem menor, e porque, *ceteris paribus*, os ESCOs teriam maior requerimentos referentes a risco de crédito dos municípios, porque não teriam acesso a recursos do município vinculados diretamente a receitas provenientes dos consumidores.

Figura 28 Exemplo de estruturação no modelo de ESCO



Identificação de grupos aos quais o modelo seria aplicável

Este modelo se aplica ao grupo C, que totaliza 329 municípios, os quais são caracterizados por relativamente pequena escala mas boa gestão fiscal, representando 7% da população total e necessitando de 3,2 bilhões de reais de investimento para modernização do parque (11% do investimento necessário em todo o país).

A evolução do modelo no Brasil

Uma variante do modelo de ESCOS está sendo proposta pela organização R20 (Regions 20), que vem liderando um programa de conversão em LEDs em 13 cidades brasileiras. O conceito do financiamento seria baseado no “pagamento pelo uso do ativo”, com um modelo que consiste na estruturação de uma Sociedade de Propósito Específico (SPE) para cada município, com participação do município e do setor privado. O parceiro financeiro adquire as luminárias e as fornece ao município a um custo que embute o ganho de eficiência na conversão do parque instalado. A Eletrobrás é uma possível parceira da R20 neste programa no Brasil.

O modelo de ESCO e *off-balance sheet financing* tem sido considerado por vários países, como por exemplo a Índia e o México. O Box V, que segue, ilustra o mecanismo de financiamento do projeto de modernização de iluminação pública para a cidade de Guadalajara, no México. Além dos aspectos atinentes ao processo de *leasing* em si, é interessante notar o esforço de coordenação entre os diversos agentes do governo para desenvolver de um programa abrangente de eficiência energética no setor. Guadalajara foi uma das cidades que se beneficiou desta política governamental coordenada.

Modelo M6: Consórcio Municipal ou Agente Central de Compras

Descrição do modelo e fluxos de caixa

Este modelo procura captar os ganhos de escala relativos a uma contratação de equipamentos (e possivelmente serviços) agregada sem a responsabilidade de levantar financiamento. Embora este modelo possa ser realizado com a presença de uma SPE, é possível que não haja uma empresa específica para este fim. O que é necessário é o estabelecimento de um consórcio, outro agente, ou simplesmente um processo comum abaixo de um contrato de compras centralizado. Os municípios usariam recursos de COSIP

Tabela 24 Matriz de funções e atores no modelo M5—ESCOs

M5—Empresas de Serviço de Energia ESCO (s)				
Papel	Atores	Funções	Riscos ao Projeto	Mitigadores
Planejamento e licitação	Município	Preparar edital e realizar licitação para contratação da ESCO (equipamento, instalação e, possivelmente, operação e manutenção)	Falta de capacidade suficiente para preparar o edital e/ou avaliar propostas. Falta de concorrência que garanta maximização dos recursos do município	Treinamento ou cartilha padrão; licitações competitivas
	ESCOs	Submeter projeto substancial a preço competitivo para a concorrência	Ausência de interessados para a concorrência	Escolha, pelo município, de uma relação adequada entre retorno e risco nos documentos do edital
Obtenção de financiamento	ESCO	Estruturar e captar recursos para promover investimento.	Falta de saldo suficiente da ESCO para assegurar a escala de investimento necessária para todo o projeto	Aumentar linhas de financiamento disponíveis para ESCOs (com apoio público/ fundos perdidos se for necessário); focar nas ESCOs que são empresas subsidiárias de DISCOs; enfatizar projetos de pequena escala.
	Financiadores	Fornecer recursos financeiros a taxas competitivas para o CAPEX.	Falta de interesse em investir; taxas de juros altas.	Fornecer dados para facilitar o entendimento de riscos
Compra de lâmpadas	ESCO	Licitação para aquisição das lâmpadas	Falta de capacitação em temas técnicos; falta de garantia adequada para os equipamentos	Edital deve aderir às melhores práticas nacionais/ internacionais; licitação com concorrência internacional; assessoria especializada
Execução e instalação	ESCO	Gerenciar o processo	Falta de conhecimento de rede de IP, resultando em atrasos e/ou aumento de custos	Preparação de estudos técnicos consistentes; capacitação
Operação e manutenção	Município ou ESCO	Gerenciar o processo, ou fiscalizar os serviços da ESCO.	Falta de capacitação.	Capacitação técnica e/ ou de fiscalização

(se existente) e, presumivelmente, outras fontes de orçamento público para cobrir os gastos iniciais da compra de lâmpadas.

O diagrama a seguir sintetiza os principais agentes e os fluxos de caixa em uma amostra do modelo de Consórcio Municipal ou Agente Central de Compras, assumindo somente um processo de centralização de compras através de um contrato único com o fornecedor de equipamentos.

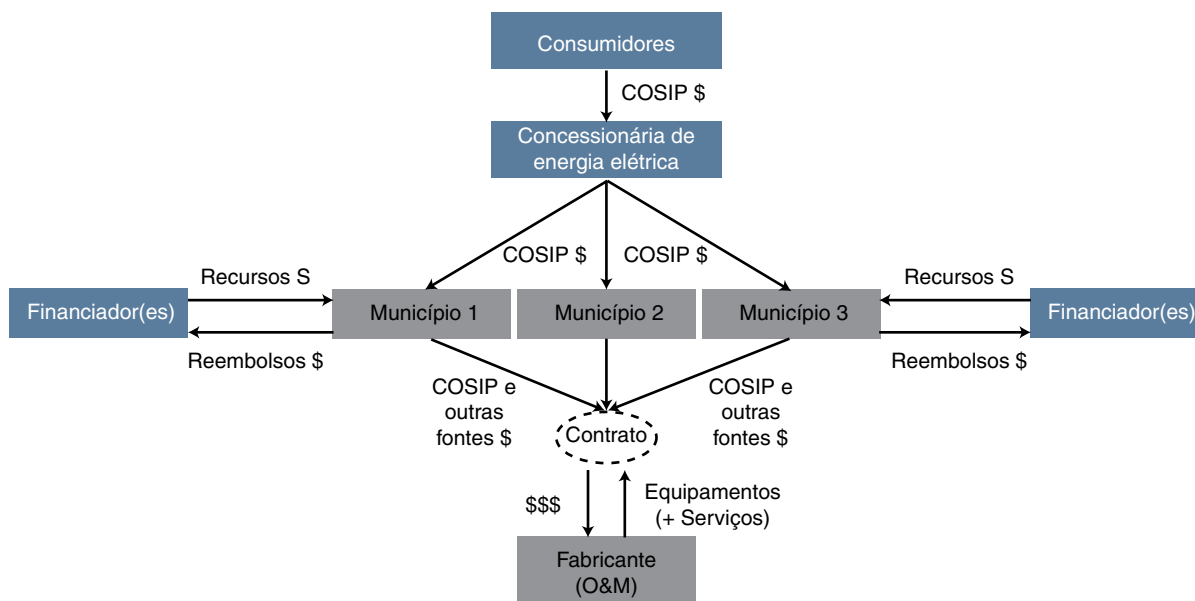
BOX V Guadalajara, Mexico: Lease-to-Own Delivery Model

A cidade de Guadalajara, com uma população de aproximadamente 1,5 milhões de habitantes, é a quarta maior cidade no México. Guadalajara conta aproximadamente com 80.000 luminárias instaladas, sendo que todas são do tipo HPS. A prefeitura deseja substituir metade das mesmas por LEDs. Guadalajara iniciou a instalação de LEDs em 2013. A cidade se beneficiou de um programa a nível federal para eficiência energética do setor de iluminação pública. O programa contempla assistência técnica às cidades interessadas em desenvolver projetos com LEDs. O programa envolve colaboração com a Secretaria de Energia (SENER), Comissão Nacional para Uso Eficiente de Energia (CONUEE), concessionária federal (CFE) e Banco Nacional de Obras Públicas (Banobras). A assistência técnica de CONUEE fornece subsídios às prefeituras na implementação, verificação e financiamento para projetos de eficiência energética. CONUEE também fornece um modelo de simulação e uma lista de produtos credenciados. Além disso, aprova os aspectos técnicos do projeto, considerado um pré-requisito para que o Ministério da Fazenda autorize o financiamento público para projetos de modernização. Banobras também oferece fundos aos projetos, através de um programa de incentivos, após verificar os ganhos de eficiência propiciados pelo investimento.

O projeto de Guadalajara está sendo financiado através dos ganhos de eficiência energética, os quais se espera que atinjam 50 a 55% em relação ao baseline, representando uma economia de US\$ 500 mil mensais. O instrumento financeiro é um contrato de leasing de 10 anos, valorizado em US\$ 19 milhões. O município paga uma média de US\$ 250 mil mensais para cobrir o leasing de 10 anos. Após o fim deste contrato, a propriedade das luminárias será transferida à prefeitura. A vida útil das luminárias é estimada em 13 anos. Se Guadalajara não conseguir efetuar os pagamentos mensais, existe uma garantia do governo para a cobertura de alguns custos operacionais. A garantia do governo foi importante para atrair o capital privado ao empreendimento.

Fonte: Adaptado de “Proven Delivery Models for LEDs Public Lighting.” World Bank, a ser publicado em 2016

Figura 29 Exemplo de estruturação no modelo de Contratação Centralizada



Principais agentes, riscos e mitigadores

A tabela a seguir traz um resumo dos principais agentes de cada uma das etapas-chaves do modelo de Consórcio Municipal ou Agente Central de Compras, além de indicar os principais riscos que se impõem ao projeto durante essas etapas e recomendações para mitigá-los.

Vantagens e desvantagens

Uma vantagem importante deste modelo em comparação com o modelo M2—Consórcios para PPPs—é que não é necessário criar uma SPE. A separação das responsabilidades de levantar recursos torna o modelo bem

menos complexo, não havendo o risco de a inadimplência de um município afetar o modelo inteiro. Estes fatores reduzem bastante os custos de transação associados a este modelo, oferecendo ainda os benefícios de economia de escala para os municípios.

Entretanto, este modelo não resolve o desafio de levantar financiamento para os municípios, o que pode ser particularmente importante para cidades de médio porte, em que os custos iniciais são significativos. Nestes casos, este modelo teria que ser combinado com um instrumento de financiamento viável para municípios. Além disso, o modelo conta com a capacidade técnica do município para coordenar o processo de licitação dos equipamentos.

Tabela 25 Matriz de funções e atores no modelo M6—Consórcio Municipal ou Agente Central de Compras

M6—Consórcio Municipal ou Agente Central de Compras				
Papel	Atores	Funções	Riscos ao Projeto	Mitigadores
Planejamento e licitação	Consórcios de Municípios	Preparar edital e realizar licitação para equipamentos	Falta de capacidade suficiente para preparar as especificações técnicas	Treinamento ou cartilha padrão; licitações competitivas
Obtenção de financiamento	Municípios ou Consórcios de Municípios	Estruturar e captar recursos para promover o investimento.	Coordenação complexa para levantar financiamento para vários municípios; Consórcios de Municípios somente podem alavancar recursos com a criação de uma SPE (mas isso traz um risco de atrasos)	Contratos claros entre os municípios (e possivelmente com fornecedores) para facilitar a agregação de recursos; ou a criação de uma SPE
	Financiadores	Fornecer recursos financeiros a taxas competitivas para o CAPEX.	Falta de interesse em investir; taxas de juros altas.	Fornecer dados para facilitar o entendimento de riscos
Compra de lâmpadas	Consórcios de Municípios	Licitação para aquisição das lâmpadas	Falta de capacitação em temas técnicos; falta de garantia adequada para os equipamentos	Edital deve aderir às melhores práticas nacionais/ internacionais; licitação com concorrência; assessoria especializada
Executar instalação	Município ou ESCO	Gerenciar o processo; ou fiscalizar os serviços de uma empresa terceirizado.	Falta de conhecimento de rede de IP, dando resultar atrasos e/ou incremento de custos; ou falta de capacitação para fiscalização (caso terceirizado)	Preparação de estudos técnicos robustas; capacitação
Operação e manutenção	Municípios ou Consórcios de Municípios	Gerenciar o processo; ou fiscalizar os serviços de uma empresa terceirizado.	Falta de capacitação.	Capacitação técnica e/ ou de fiscalização

Identificação de grupos aos quais o modelo seria aplicável

Este modelo se aplica aos municípios dos Grupos C e D, os quais totalizam que são em número de 1.216 e que concentram 21,8% da população brasileira, representando 6,5 bilhões de reais de investimento (23% do investimento necessário em todo o país). Em alguns casos, este modelo pode também se aplicar também aos grupos E e F, com 4.219 municípios.

Evolução do modelo no Brasil

Nenhum exemplo específico de contratação centralizada foi encontrado nas pesquisas e entrevistas realizadas para este estudo, é muito provável que já tenha sido implementado em alguns casos para outras tecnologias que não as LEDs. No entanto, a modalidade de contratação centralizada tem tido êxito em lograr economias de escala na compra de equipamentos (e contratação de serviços) em outras partes do mundo, como no caso da Província de Ontário, que aparece no Box VI a seguir. Além de desempenhar estas funções, a Associação de Municípios (AMO) também oferece assistência técnica a seus membros.

BOX VI Province of Ontario - Joint Procurement Delivery Model Case Study

A Província de Ontário, no Canadá, é formada por 444 municípios e concentra um terço da população do País. Aproximadamente, dois terços deste municípios é de pequeno porte, com população inferior a 10 mil habitantes e menos que 2.500 pontos de iluminação.

A Associação dos Municípios de Ontário (AMO), tem desempenhado papel relevante em ajudar as cidades menores a modernizar seus sistemas de iluminação pública. AMO tem uma subsidiária integral, denominada LAS, ou Local Authority Services. Esta companhia realiza a compra por atacado de um número de produtos e serviços em nome dos seus municípios membro.

Vários fatores levaram AMO a lançar o programa de iluminação pública com LEDs. O alto custo de energia e operacional relacionado às lâmpadas HPS era um desafio que deveria ser enfrentado. AMO e LAS decidiram adotar um modelo de compras conjuntas em nome dos municípios, com a finalidade de: (i) alavancar escala e poder de compra para assegurar menores preços; (ii) reduzir o trabalho para as cidades menores em ter que desenvolver e administrar um complexo processo de especificação e compra de luminárias e serviços de manutenção.

Até Agosto de 2015, 127 cidades participaram do programa de compras conjuntas de LEDs conduzido pela LAS, e mais que 100 mil luminárias foram adquiridas. O primeiro grupo de prefeituras a participar era formado apenas por pequenas cidades, com uma média de 300 luminárias cada uma.

Um número significativo de cidades requisitaram assistência técnica de LAS em selecionar um fornecedor para luminárias LEDs. O operador selecionado por LAS, chamado RTE, também oferece uma gama de serviços no sentido de promover novos produtos, executar e gerenciar projetos, prover financiamento, bem como outros serviços necessários pelos clientes.

Prefeituras no Canadá, e em Ontário em particular, apresentam boa situação financeira e creditícia, em função de limites de endividamento impostos sobre as mesmas. As prefeituras tem que cumprir exigências de transparência e concorrência ao realizar licitações. Preparar as especificações e avaliar as propostas representa um esforço significativo. Pequenas cidades sofrem limitações de mão de obra, experiência, e tem dificuldades para identificar fornecedores de qualidade. Portanto, o procedimento de licitação é oneroso. Portanto, muitas delas contam com o suporte de AMO e LAS para realizar as licitações, seja de forma centralizada (o que pode envolver a distribuição de bens e serviços), ou simplesmente através da centralização de compras.

A combinação de comprar conjuntas por LAS, os incentivos fiscais concedidos, a queda nos preços de LEDs, e a entrada de fornecedores de alta qualidade, tem levado a uma expansão rápida de LEDs na iluminação municipal em Ontário. O número de municípios a adotar LEDs, seja os contratantes de LAS ou municípios independentes maiores, tem crescido rapidamente.

A licitação conjunta, a qual facilitou a adoção de LEDs junto aos municípios menores, parece ter catalizado um movimento mais amplo de adoção de LEDs pelas cidades maiores.

Fonte: Adaptado de "Proven Delivery Models for LED Public Lighting." World Bank, a ser publicado em 2016

Modelo M7: Autofinanciamento

Descrição do modelo e fluxo de caixa

Através deste modelo, as próprias prefeituras realizarão os investimentos em modernização, sem a intervenção de terceiros. Este modelo prevê a utilização das receitas de iluminação pública pari passu com as despesas e investimentos correspondentes. Isto resulta em um nível de investimento baixo, que depende fundamentalmente dos excedentes da conta gerada pela COSIP. As principais funções do modelo são apresentadas na Tabela a seguir, com os respectivos atores.

O diagrama a seguir sintetiza os principais agentes e o fluxo de caixa do modelo de Autofinanciamento.

Principais agentes, riscos e mitigadores

A tabela a seguir traz um resumo dos principais agentes de cada uma das etapas-chaves do modelo de autofinanciamento, além de indicar os principais riscos que se impõem ao projeto durante essas etapas e recomendações para mitigá-los.

Vantagens e desvantagens

A principal vantagem deste modelo é que ele não requer arranjos financeiros ou institucionais para ser implementado, o que reduz os custos de transação. Além disso, para municípios com dificuldades de obtenção de financiamento, como, por exemplo, os de menor porte e situação fiscal mais frágil, este modelo pode ser uma das únicas opções viáveis para a implementação de um projeto de LEDs, a menos que possam contar com apoio do governo federal por meio de garantias e capacitação.

Portanto, a utilização de recursos das contribuições COSIP ou dos orçamentos municipais dificulta ainda mais a realização de investimentos, por exigirem a antecipação de recursos para a utilização no momento presente. Ademais, o autofinanciamento requer que se tenha um superávit de receitas para poder fazer investimentos; porém, em municípios com menor capacidade e de menor escala, há menor espaço para a criação da COSIP em nível adequado para realizar investimentos em regime de autofinanciamento. Além disso, esses municípios não contam com capacidade técnica, aumentando o risco que venham a adquirir equipamentos caros e sem a qualidade desejada.

Figura 30 Exemplo de estruturação no modelo de Autofinanciamento

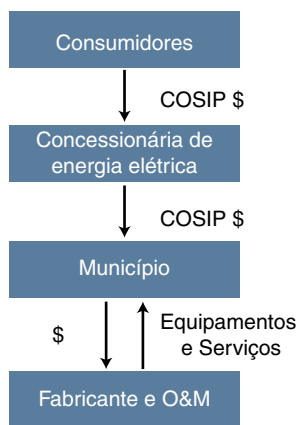


Tabela 26 Matriz de funções e atores no modelo M9—Autofinanciamento

M7—Autofinanciamento				
Papel	Atores	Funções	Riscos ao Projeto	Mitigadores
Planejamento e licitação	Município	Preparar edital e realizar licitação para equipamentos	Falta de capacidade suficiente para preparar as especificações técnicas	Treinamento ou cartilha padrão; licitações competitivas
Obtenção do financiamento	Município	Usar superávit (se existir) do orçamento anual para o setor de IP e/ou COSIP	Implementação lenta do projeto, significando perda de oportunidade de ganhos financeiros e de energia para o município	Considerar o valor máximo possível para o projeto anualmente, já que os ganhos do projeto devem ser maiores do que os custos ao longo do projeto
Compra de lâmpadas	Município	Licitação para aquisição das lâmpadas	Falta de capacitação em temas técnicos; falta de garantia adequada para os equipamentos	Edital deve aderir às melhores práticas nacionais/ internacionais; licitação com concorrência internacional; assessoria especializada
Execução e instalação	Município	Gerenciar o processo; ou fiscalizar os serviços de uma empresa terceirizada.	Falta de conhecimento de rede de IP, resultando em atrasos e/ou aumento dos custos; ou falta de capacitação para fiscalização (caso terceirizado)	Preparação de estudos técnicos robustas; capacitação
Operação e manutenção	Município	Gerenciar o processo; ou fiscalizar os serviços de uma empresa terceirizada.	Falta de capacitação.	Capacitação técnica e/ou de fiscalização

Dessa forma, uma das grandes desvantagens deste modelo é que ele implica um processo de modernização lento, porque dependerá do superávit de receitas e não poderá contar com antecipação de recursos via financiamentos. Isso reduz os ganhos financeiros para o município e as melhorias de eficiência energética para o país.

Identificação de grupos aos quais o modelo seria aplicável

Este modelo pode ser a uma única opção para municípios dos grupos D, E e F, a menos que seja implementado se não for implementado algum tipo de programa público para ajudar estes municípios (discutido abaixo). Estes grupos representam mais de 90% dos municípios brasileiros (total de 5.106) e requerem 12,8 bilhões de reais de investimento (47% do investimento necessário em todo o país). Em alguns casos, o modelo de autofinanciamento poderia também aplicar a municípios de Grupo C.

A evolução do modelo no Brasil

Vários municípios de grande porte já estão utilizando o modelo de autofinanciamento de projetos pilotos de LEDs que, por definição, são de pequena escala pequena.⁷¹ Na maioria desses casos, no entanto, esta

⁷¹ Por exemplo, enquanto preparava o edital para o projeto de PPP, a Cidade de São Paulo usou recursos próprios para instalar lâmpadas de LEDs em alguns viadutos importante da cidade.

abordagem é somente uma medida provisória no processo de preparação para um projeto maior usando uns dos outros modelos de negócio. A modernização utilizando as lâmpadas de LEDs é uma transição quase inevitável com o passar do tempo, dada a evolução tecnológica e o valor econômico-financeiro que aporta aos municípios, sendo assim talvez a única opção para muitos municípios brasileiros que não conseguirem apoio do governo federal. Isso reforça a necessidade de participação governamental por meio de programas dedicados a estes municípios, com fundos concessionais e assistência técnica para a preparação e execução de projetos. Uma opção seria através do repasse de linhas subsidiadas de crédito de instituições financeiras governamentais, como a Caixa Econômica Federal, que conta com boa capilaridade junto às prefeituras e dispõe de um corpo técnico descentralizado para ajudar as mesmas na avaliação e aprovação de seus projetos.

Modelo M8: Transferência de luminárias

Descrição do modelo e fluxo de caixa

Este modelo consiste na transferência do parque de HPS (ou lâmpadas multivapor metálicas), juntamente com as luminárias completas (carcaça, lente, ballast e braço), de cidades de maior porte para outros municípios com lâmpadas menos eficientes, principalmente de menor viabilidade econômica. Dessa forma, o foco deste modelo consiste na transferência entre municípios, ao invés de nas transferências inframunicipais, que podem ser realizadas facilmente pelo próprio município, não requerendo procedimentos de compra ou doação.

O pressuposto do modelo é a conversão maciça, nos próximos anos, de lâmpadas de vapor de sódio e de vapor de mercúrio em equipamentos novos de LEDs.⁷² Com essa conversão, haverá um estoque significativo de lâmpadas de vapor de sódio de segunda mão que, após a substituição, ficará disponível para transferência para locais que ainda utilizam outras tecnologias menos eficientes, no próprio município ou fora dele.

Para criar uma estrutura de coordenação entre os municípios, um dos vários agentes de coordenação para gestão do processo de troca, como, por exemplo, o Procel, deveria criar um portal do tipo E-bay ou Alibaba para facilitar as transações bilaterais de compra e venda de uma forma transparente. Os compradores poderiam ser as prefeituras interessadas ou empresas terceirizadas atuando em seu nome. Os vendedores poderiam ser prefeituras com estoque de lâmpadas não utilizadas ou agentes privados que tenham adquirido estes ativos destas mesmas prefeituras (ou concessionárias agindo em seu nome) e que estejam dispostos a classificar, consertar, se for o caso, e colocá-las a venda no portal. Estes deveriam oferecer o(s) produto(s) e quantidades com suas especificações técnicas e expectativa de vida residual (mas sem oferecer garantias). As transações de compra e venda poderiam seguir o modelo de leilão ascendente, tal como hoje é praticado no E-bay. Estas são apenas ideias para estimular o debate de como aproveitar as luminárias da forma mais eficiente possível.

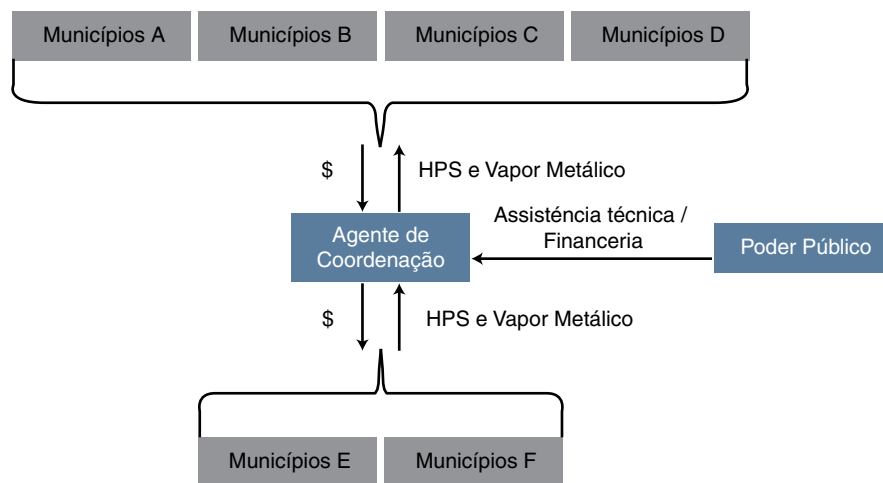
O diagrama a seguir sintetiza os principais agentes e o fluxo de caixa do modelo de transferência de luminárias.

Principais agentes riscos e mitigadores

A tabela a seguir traz um sumário das agentes principais para as etapas-chaves do modelo de transferência de luminárias, além de fornecer um sumário dos riscos principais que essas etapas apresentam ao projeto e recomendações de para mitigação de riscos.

⁷² O parque instalado de lâmpadas de vapor de sódio correspondia, em 2012, a 11,4 milhões de unidades, bastante superior aos 1,2 milhão de pontos de luz atualmente existentes nos municípios do Grupo F. As lâmpadas de multivapor metálico totalizavam 201 mil, e as lâmpadas de vapor de mercúrio, candidatas para substituição, 3,8 milhões. Há ainda um parque operacional de iluminação pública de lâmpadas incandescentes (188 mil), mistas (283 mil), fluorescentes (160 mil) e halogênicas (10,9 mil).

Figura 31 Exemplo de estruturação do modelo de Transferência de luminárias



Vantagens e desvantagens

A vantagem principal deste modelo é que oferece uma oportunidade de melhoria eficiência energética e qualidade de serviço aos municípios menores e com baixo poder aquisitivo.

Este modelo deveria ser considerado como uma opção provisória, já que seria recomendável que o país tenha a meta de maximizar a conversão do parque nacional a LEDs. Tomando isso em conta, antes de implementar esta opção, teria que ser considerado se os benefícios a serem auferidos no curto prazo justificam os possíveis custos de transação (coordenação) se os HPS transferidos forem substituídos por LEDs no médio prazo.

Identificação de grupos aplicáveis ao modelo

Aqui, o foco seria a transferência que beneficiaria os 4.219 municípios dos Grupos E e F. As dificuldades fiscais e institucionais presentes nestes grupos podem impedir que a conversão em LEDs será difícil de realizar no curto prazo. Estes grupos representam 75% dos municípios brasileiros e necessitariam 9,5 bilhões de reais de investimento (35% do investimento necessário em todo o país).

O avanço do modelo no Brasil

É importante notar que este modelo suscita duas questões principais. A primeira questão está relacionada aos custos de transação envolvidos nas transferências de equipamentos de segunda mão. Há dificuldades de aquisição e de teste pelos municípios receptores, devido aos procedimentos licitatórios necessários, assim como haverá questões de adequada valorização ou precificação das transferências e de capacidade técnica para avaliação dos itens recebidos. Essa questão econômica dessas transferências poderia ser avaliada como uma política pública. Uma estrutura centralizada de aquisição dessas lâmpadas poderia contribuir para reduzir os elevados custos de transação envolvidos no processo. A eventual cessão não onerosa, por outro lado, pode depender de uma participação com recursos orçamentários federais, reforçando o caráter de política pública desse tipo de transferência. Note-se, contudo, que em qualquer caso a transferência seria um procedimento transitório, tendo em vista que traria ganhos a curto prazo enquanto o município receptor não logra realizar os investimentos para a conversão em LEDs.

A segunda questão diz respeito à própria estratégia nacional sobre a conversão do parque em LEDs. A transferência de lâmpadas de tecnologias fora do estado-da-arte pode representar um ganho de eficiência

Tabela 27 Matriz de funções e atores no modelo M8—Transferência de luminárias

M8—Transferência de Luminárias (HPS)				
Papel	Atores	Funções	Riscos ao Projeto	Mitigadores
Planejamento e licitação	Agente de Coordenação, Municípios, Empresas privadas	Criar uma plataforma para que os municípios vendedores e compradores de HPS poderiam se identificar	Coordenação complexo chegando a custos altos de transação; falta de interesse de entes públicos e/ou privados para participar no processo	Identificar atores do setor privado que podem prestar serviços de coordenação dos aspectos logísticos e financeiros do programa; envolvimento de um ator público para fiscalizar o processo
Levantar financiamento	Município	Usar superávit (se existir) no orçamento anual para o setor de IP e/ou COSIP	Falta de recursos suficientes para comprar lâmpadas de LEDs; complexidades na execução da transação entre municípios	Implementação de COSIP de forma robusta com previsão de superávit para modernização; envolvimento do setor privado na execução das transações
Efetuar compra de lâmpadas	Agente de Coordenação, Municípios, Empresas privadas	Coordenar um leilão para lâmpadas	Falta de capacitação para gerenciar o processo; falta de controles criando riscos financeiros	Contar com expertise do setor privado; criar um enquadramento forte nas transações
Executar instalação	Município	Gerenciar o processo; ou fiscalizar os serviços de uma empresa terceirizado.	Tecnologia adquirida com menor vida útil; ou falta de capacitação para fiscalização (caso terceirizado)	Oferecer preços que compensam aos municípios do risco técnico; capacitação
O&M	Município	Gerenciar o processo; ou fiscalizar os serviços de uma empresa terceirizado.	Falta de capacitação; queim rápida de lâmpadas adquiridas causando custos altos	Capacitação técnica e/ou de fiscalização

energética em áreas em que os modelos de negócio não sustentam a viabilidade para a implantação do LEDs, pelo menos a curto e médio prazo. Contudo, uma estratégia mais ousada poderia, através de política pública, considerar a substituição plena do parque por LEDs, e neste caso o modelo de transferências deixaria de fazer sentido.

■ VII.3 Resumo dos Modelos e Mapeamento ao Grupos de Municípios

Esta seção teve como objetivo a identificação de modelos de negócio que, considerando o ambiente institucional e as características do mercado brasileiro, permitam gerar financiamento adequado aos projetos de modernização do parque de iluminação pública. A tabela a seguir ajuda a sumarizar os oito modelos através dos atores principais para cada etapa chave do projeto.

Esses modelos se aplicam às diversas realidades brasileiras, caracterizadas em seis grupos diferentes. Considerando que, em muitos casos, os modelos se aplicam a mais de um grupo, é importante mapear de

Tabela 28 Atores principais para cada etapa dos modelos de negócio

Modelo de Negócios	Planejamento e licitação	Obtenção de financiamento	Compra das lâmpadas	Execução e instalação	Operação e manutenção	Número de cidades
M1—PPP Municipal	Município, Tribunal de Contas, Consórcios de empresas	Concessionária de IP, Financiadores	Concessionária de IP, Fabricantes	Concessionária de IP	Concessionária de IP, Município	1
M2—Consórcios para PPPs	Municípios, Consórcios de Municípios, Tribunal de Contas, Consórcios de empresas	Concessionária de IP, Financiadores	Concessionária de IP, Fabricantes	Concessionária de IP	Concessionária de IP, Municípios	>1
M3—Financiamento Municipal	Município	Município, Financiadores	Município	Município	Município	1
M4—Programas de Concessionárias de Energia	Concessionária de Energia, Municípios, ANEEL	Concessionária de Energia	Município ou ESCO	Município ou ESCO	Município ou ESCO	1 +
M5—Empresas de Serviço de Energia ESCO (s)	ESCOs, Municípios	ESCOs, Financiadores	ESCOs	ESCOs	Município ou ESCO	1 +
M6—Consórcio Municipal ou Agente Central de Compras	Consórcios de Municípios	Consórcios de Municípios ou Municípios; Financiadores	Consórcios de Municípios	Município ou ESCOs	Consórcios de Municípios, ou Municípios	>1
M7—Autofinanciamento	Município	Município	Município	Município	Município	1
M8—Transferência de Luminárias	Agente de Coordenação, Municípios	Município	Agente de Coordenação, Municípios	Município	Município	>1

que forma os oito modelos se aplicam aos seis grupos de municípios. A Tabela 28 permite visualizar a correspondência entre os agrupamentos e os respectivos modelos de negócio sugeridos. Vale destacar que para muitos grupos há vários modelos de negócio que poderiam ser aplicáveis. Em última instância, cabe aos municípios selecionar, entre os diferentes modelos de negócio, o que melhor se aplica à sua realidade e/ou uma combinação de modelos que produza as soluções ideais para o curto, médio e longo prazo.

A seção a seguir apresenta maiores detalhes sobre que mecanismos de financiamento poderiam ser aplicados para realizar investimentos na modernização do parque de iluminação pública dos municípios classificados.

Tabela 29 Modelos de negócio para cada grupo

Grupo	M1 PPP Municipal	M2 PPP para Consórcios	M3 Financiamento Municipal	M4 Programas de Concessionárias de Energia	M5 ESCO (s)	M6 Consórcio Municipal / ou Agente Central de Compras	M7 Auto- financiamento	M8 Transferência de Luminárias
A	Preto							
B	Preto	Cinza	Preto					
C		Preto	Preto	Cinza	Preto	Preto	Cinza	
D				Preto		Preto	Preto	
E				Preto		Cinza	Preto	Preto
F				Cinza		Cinza	Preto	Preto

Fonte: Grupo Banco Mundial, elaborada pela Pezco. Legenda: Preto = Sugerido; Cinza = Possível

VIII Mecanismos de Financiamento e Aprimoramento de Crédito

■ VIII.1 Mecanismos de Financiamento

Para aproveitar os benefícios da conversão para as novas tecnologias, é necessário desenhar modelos de negócio e de financiamento que permitam fazer os investimentos necessários, contando com os instrumentos financeiros disponíveis do mercado. Esta seção apresenta um panorama dos instrumentos financeiros que estão disponíveis para cada um dos modelos de negócio discutidos na seção anterior.

Cada um destes modelos tem especificidades próprias que resultam na demanda de diferentes opções e modelos de financiamento, conforme mostrado na Tabela 30. Alguns modelos, tais como o M1 e o M5, são mais atraentes para o setor privado, ao passo que outros, como o M3, dependem fundamentalmente da existência de linhas de crédito dirigidas para o setor público. Cada um dos principais instrumentos financeiros constantes da Tabela acima será definido a seguir, juntamente com sua aplicabilidade aos diversos modelos de negócio.

- 1. COSIP** (ou secundariamente o orçamento municipal). Como explicado anteriormente, COSIP é um imposto cobrado pelas empresas distribuidoras na conta de energia elétrica dos consumidores, que é repassado ao município para a cobertura das despesas de custeio e expansão de seu sistema de iluminação pública. Trata-se de um fundo dedicado que não pode ser usado para outras finalidades, com amparo constitucional e corroborado por lei municipal. Estas características proporcionam segurança jurídica para uso destes recursos na modernização do setor de IP. Trata-se de um diferencial competitivo que atrai capitais privados para participar da modernização do setor, e a “blindagem” da COSIP reduz os riscos de crédito do município, sendo outro fator importante para reduzir os custos de capital necessários para financiar a modernização do setor, seja pelo setor público ou privado. A maioria dos municípios brasileiros já implementou a COSIP, e a tendência é os que ainda não implementaram venham a fazê-lo. Na ausência da COSIP, as prefeituras podem recorrer a recursos orçamentários, que estão sujeitos a outras contingências e concorrem com outras prioridades sociais. Dadas as várias vantagens da COSIP e a sua prevalência no mercado, esta é uma fonte de financiamento essencial na estruturação de todos os modelos de negócio (M1–M8).
- 2. Private Equity.** Trata-se principalmente da participação do capital privado como acionista de uma SPE cujo objetivo seja a modernização do sistema de iluminação pública. Há várias modalidades de engajamento da SPE, que variam desde uma concessão administrativa outorgada por um município (M1), passando por PPP e consórcios PPPs (M2), até estruturas mais simples, em que uma ESCO se encarrega de efetuar a substituição das lâmpadas por tecnologias LEDs, recebendo um pagamento para cobertura de seus custos de capital (M5).
- 3. Empréstimos de Bancos Privados.** Trata-se de uma modalidade em que bancos comerciais privados (nacionais ou estrangeiros) emprestam recursos diretamente às prefeituras (M3, M6) ou a agentes atuando em nome destas para modernização do setor de iluminação (M1, M2, M5). Em princípio,

Tabela 30 Mapeamento da Adequação dos Instrumentos Financeiros aos Diversos Modelos de Negócios

Instrumento Financeiro/Modelo de Negócio	M1 PPP Municipal	M2 Consórcios para PPPs	M3 Financiamento Municipal	M4 Concessionárias de Energia	M5 ESCOS	M6 Consórcio Municipal/ Agente Central de Compras	M7 Auto-Financiamento	M8 Transferência de Luminárias
COSIP ou Orçamento Municipal	●	●	●	◐	●	●	●	◐
Private Equity	●	●	○	○	●	○	○	○
Empréstimos Bancos Privados	◐	◐	◐	○	◐	◐	○	○
Debentures, FIDC, FIP, Green Bonds	◐	◐	◐	○	◐	○	○	○
Bancos de Desenvolvimento (domesticos, multilaterais)	◐	◐	◐	○	◐	◐	○	○
BNDES—FINEM	◐	◐	◐	◐	●	◐	○	◐
Empréstimos Bancos Públicos (BB, CEF)	◐	◐	◐	◐	◐	◐	○	◐
Financiamentos Setoriais (PEE, RELUZ, PROCEL)	○	○	◐	●	◐	◐	○	◐
FI-FGTS	○	○	◐	○	○	○	○	○
Garantias de credito (p.ex. Banco Mundial)	◐	◐	◐	◐	◐	○	○	○

Legenda: *Círculo Cheio = mais adequado ou indicado; Círculo vazio = não aplicável ou não indicado*

os termos e condições dos empréstimos refletem as condições de mercado, risco do projeto e risco creditício dos municípios. No caso de empréstimos destinados ao setor público, os municípios estão sujeitos aos limites de endividamento aplicáveis.

4. Debêntures, FDIC, FIP, Green Bonds. Estes são mecanismos que permitem levantar recursos no mercado financeiro nacional ou internacional em maior volume e a custos mais competitivos, que são necessários para projetos de maior escala. Foram agrupados aqui por terem a característica semelhante de implicar a “securitização” das receitas dos projetos que são objetos dos investimentos. Uma breve descrição de cada um destes instrumentos é apresentada a seguir:

- a. *Debêntures* são instrumentos de dívida (títulos) emitidos por uma SPE (M1, M2) ou mesmo por uma prefeitura (M3). Os mesmos concedem aos investidores títulos de crédito e são, hoje em dia, o instrumento de securitização mais bem aceito nos mercados de capitais brasileiros. As debêntures de infraestrutura podem ser ainda mais atraentes por oferecerem benefícios fiscais consideráveis. Debêntures podem ser adquiridas por investidores privados ou mesmo por bancos de desenvolvimento como o BNDES.
- b. *FIDCs* são fundos mútuos que investem no mínimo 50% dos seus ativos líquidos em títulos de crédito. São uma ferramenta adequada para securitizar fluxos futuros de projetos de infraestrutura—tais como COSIP ou mesmo debêntures. Os FIDCs podem adquirir debêntures emitidas por várias SPEs (M1, M2, M5) ou prefeituras (M3), oferecendo assim diversificação para seus investidores. Os FIDCs também oferecem vantagens fiscais consideráveis.
- c. *FIPs*. (Fundos de Investimento em Participações). Estes são fundos de investimento fechados que investem em ações, debêntures e títulos conversíveis de qualquer companhia brasileira de capital aberto ou fechado, desde que seja uma sociedade anônima. Instituições financeiras, companhias de seguro e fundos de pensão estão entre os possíveis investidores para este fundo, havendo também maneiras de requerer isenção de imposto de renda. Os FIPs poderiam ser utilizados no decorrer do processo de modernização quando surgem demandas de recursos de investidores institucionais para fazer frente às necessidades de capital. Estes fundos são mais aplicáveis aos modelos M1 e M2.
- d. *Green Bonds*. São instrumentos de crédito-títulos-, semelhantes às debêntures no mercado brasileiro, que podem ser emitidos por agentes privados, instituições públicas ou multilaterais. Green Bonds são emitidos com a finalidade precípua de investir os recursos em projetos que apoiam a agenda ambiental, principalmente voltada para a mitigação das mudanças climáticas. Em princípio, projetos de eficiência energética, como os de modernização do parque de iluminação pública, se qualificariam para a emissão de Green Bonds, tendo em vista que resultaria na redução da emissão de gases de efeito estufa associados com a produção de energia elétrica. Devido a seus elevados custos de transação (inclusive porque os investidores exigem verificação dos benefícios), este instrumento seria indicado para projetos de grande porte, sejam eles conduzidos pelo setor privado (M1, M2) ou por grandes prefeituras (M3).

5. Bancos de Desenvolvimento (domésticos e multilaterais)

- a. *Bancos nacionais*: Trata-se de instituições federais, estaduais ou mesmo multilaterais de desenvolvimento que disponibilizam instrumentos voltados para o financiamento de projetos de eficiência energética, incluindo potencialmente projetos de iluminação pública. Exemplos bancos de desenvolvimento domésticos incluem BNDES, DesenvolveSP, AgeRio, BDMG, etc., como demonstra a Tabela 31 a seguir. O BNDES tem sinalizado seu interesse em apoiar projetos específicos de PPP para modernização de iluminação pública, tais como os de São Paulo e Belo

Tabela 31 Mapeamento de Adequação dos Instrumentos Financeiros para os Modelos de Negócios

Modalidade	Característica	Custo
BNDES—Fundo Clima ⁷³	Linha para projetos que aumente a sustentabilidade das cidades, incluindo iluminação pública.	Custo: 1,9% + risco de crédito (1% para setor público e 3,6% para demais)
BNDES—apoio a projetos específicos ⁷⁴	Linhas de financiamento disponibilizadas para PPPs específicas (p.ex. São Paulo, Belo Horizonte).	Custo: termos e condições estabelecidas nos editais
Desenvolve SP—Linha Economia Verde ⁷⁵	Linha de crédito destinada ao financiamento de projetos de eficiência energética.	Custo: a partir de 6,55% a.a. + IPCA.
Desenvolve SP—Iluminação Pública ⁷⁶	Linha de crédito destinada ao financiamento do serviço de iluminação pública. Financia até 100% do valor do projeto	Custo: 9,5% a.a.
AgeRio Pró-Urbano ⁷⁷	Linha de crédito dedicada à infraestrutura urbana. Iluminação pública é um dos itens que podem ser financiados. Financia até 100% do projeto, limitado a R\$ 20 milhões.	Custo: Taxa Selic + 4% a.a.
BDMG	Linha de Financiamento BDMG com recursos da Agência Francesa de Desenvolvimento (AfD), para Eficiência Energética com orçamento de R\$ 50 milhões.	Custo: SELIC e juros de 5% a 6% a.a.
Instituições multilaterais (p.ex, Grupo Banco Mundial)	Empréstimos para grandes prefeituras Empréstimos para concessionárias ou ESCOs Participação acionária em SPEs Assistência técnica e suporte na estruturação PPPs	A ser determinado caso a caso

Horizonte. As agências Desenvolve SP, AgeRio e BDMG repassam recursos do BNDES ou podem oferecer suas próprias linhas de financiamento voltadas para a eficiência energética e iluminação pública. Essas instituições têm a vantagem de ter um mandato para investir em projetos de infraestrutura, dando, normalmente, prioridade a projetos que oferecem benefícios econômicos como mitigação de mudanças climáticas. Além disso, muitos têm acesso capilar a municípios de menor porte e conhecimento das realidades locais, oferecendo em geral taxas de juros mais baixas que os mercados de capitais. Estas fontes de financiamento seriam mais indicadas para os modelos M1, M2 e M3, tendo potencial também para atender os modelos M5 e M6.

- b. Bancos internacionais:** Bancos multilaterais, como o Banco Mundial, CAF e BID, podem, em princípio, financiar projetos a entidades públicas, como grandes municípios que utilizam o modelo de M2. Os braços privados destas instituições, como por exemplo, o IFC do Grupo Banco Mundial, podem financiar as SPEs de PPPs e as ESCOs, bem como participar minoritariamente em algumas parcerias público privadas (M1, M2, M5). Estas instituições

⁷³ http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Apoio_Financeiro/Programas_e_Fundos/Fundo_Clima/cidades_sustentaveis_mudanca_clima.htm

⁷⁴ http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Ferramentas_e_Normas/Credenciamento_de_Equipamentos/credenciamento equip_iluminacao.html

⁷⁵ http://www.desenvolvesp.com.br/empresas/opcoes-credito/projetos-sustentaveis/linha_economia_verde

⁷⁶ <http://www.desenvolvesp.com.br/municipios/opcoes-credito-municipios/linha-iluminacao-publica>

⁷⁷ <http://www.agerio.com.br/index.php/br/component/content/article?id=107:pro-urbano>

podem ainda prestar assistência técnica e ajudar as prefeituras a conceber e estruturar parcerias público-privadas. Além disso, podem oferecer mecanismos de mitigação de risco do projeto, conforme descrito abaixo.

- 6. BNDES-FINEM.** Trata-se de uma linha dedicada a projetos de eficiência energética, que substituiu a linha PROESCO do BNDES. O PROESCO realizou 27 operações no de R\$ 510 milhões.⁷⁸ A exigência de garantias privadas ou balanços sólidos foi apontada por atores do mercado como uma dificuldade no acesso a esta linha de financiamento. Sua sucessora, a linha BNDES-Finem⁷⁹ aceita operações iguais ou superiores a R\$ 5 milhões e cobre até 70% dos itens financiáveis, a um custo equivalente a TJLP + uma faixa entre 2,5% a 5,7% a.a. A carteira dessa nova linha possui 20 projetos em processo avaliação ou aprovados.⁸⁰ As agências subnacionais podem repassar o financiamento. É provável que a linha BNDES-Finem se aplique a projetos de modernização de menor porte, onde exista uma empresa ESCO encarregada de executar o projeto (M5). Outras possibilidades seriam projetos realizados pelo setor público (prefeituras), principalmente quando passam a precisar de recursos de contrapartida para programas futuros das concessionárias (M4) ou mesmo financiamento direto para aquisição de equipamentos e serviços (M3 e M6).
- 7. Empréstimos de Bancos Públicos (Banco do Brasil—BB, Caixa Econômica Federal—CEF).** Estas instituições não dispõem de linhas específicas de financiamento para eficiência energética ou iluminação pública, mas esses projetos poderiam ser adaptados para cumprir seus objetivos. Estas instituições gozam de invejável capilaridade junto às prefeituras municipais, muitas das quais são seus clientes ativos, incluindo em áreas de infraestrutura. A CEF dispõe ainda de um corpo técnico qualificado e descentralizado que poderia prestar assistência às prefeituras menores na revisão de seus projetos de IP. Possivelmente é junto aos projetos do setor público (M3) e de prefeituras em consórcio para compras (M6) que BB e CEF poderão colaborar de forma mais expressiva para universalizar a modernização do parque de IP.
- 8. Financiamentos Setoriais (PEE, Reluz, PROCEL).** Como já foi explicado, os fundos setoriais desempenharam papel importante na modernização dos sistemas de IP. Entretanto, mudanças jurídicas reduziram os recursos disponíveis o setor. Existem vários projetos em andamento que revisam o papel do PROCEL, a alocação de recursos do PEE sob gestão da Eletrobrás e, num futuro mais longo, dos critérios legais de alocação dos recursos do PEE. O futuro, portanto, é incerto. De qualquer forma, a expectativa é de que a concessionária continue a ter um papel relevante em projetos de eficiência energética, o que é uma tendência mundial. Os valores a serem destinados ao setor de iluminação pública dependerão das novas políticas e regulamentações, mas prevê-se que a alocação dos recursos do setor para a eficiência energética será facilitada ou coordenada pelas concessionárias (M5). Alocações em projetos públicos ou privados de porte médio e pequeno são também possíveis, dependendo das regras que vierem a ser estabelecidas para a gestão dos fundos do PEE.
- 9. FI-FGTS.** Os recursos do FGTS tem apoiado uma série de projetos na área de infraestrutura urbana. Entretanto, poucos recursos são aplicados em iluminação pública, se esta não fizer parte de um projeto de urbanização mais abrangente. Por razões históricas, o setor elétrico tem sido o principal gestor e financiador dos projetos de iluminação pública. Entretanto, haja vista as recentes alterações institucionais, faria sentido tratar projetos de modernização como parte da infraestrutura urbana.

⁷⁸ Revista Brasil Energia no 423, fevereiro de 2016, p. 16.

⁷⁹ Linha do BNDES voltada para o financiamento de empreendimentos. De uma maneira geral, o BNDES Finem financia projetos de valor superior a R\$ 20 milhões, com cobertura de 50% dos itens financiáveis, mas esses parâmetros são mais favoráveis (R\$ 5 milhões e 70%) no caso de projetos de eficiência energética.

⁸⁰ Revista Brasil Energia no 423, fevereiro de 2016, p. 15.

A alocação de fundos do FI-FGTS requer deliberação do Conselho Gestor do Fundo. Caberia ao Ministério das Cidades tomar a iniciativa de propor essa alteração ao Gestor do Fundo. Por hora, no entanto, estes recursos não estão disponíveis, seja qual for o modelo de negócio escolhido.

VIII.2 Mecanismos de Garantias

Um projeto de iluminação pública deve atentar para uma série de riscos, principalmente se houver interesse na participação do capital privado. Esta seção apresenta uma visão geral dos produtos que podem reduzir o risco de crédito e desempenho do projeto.

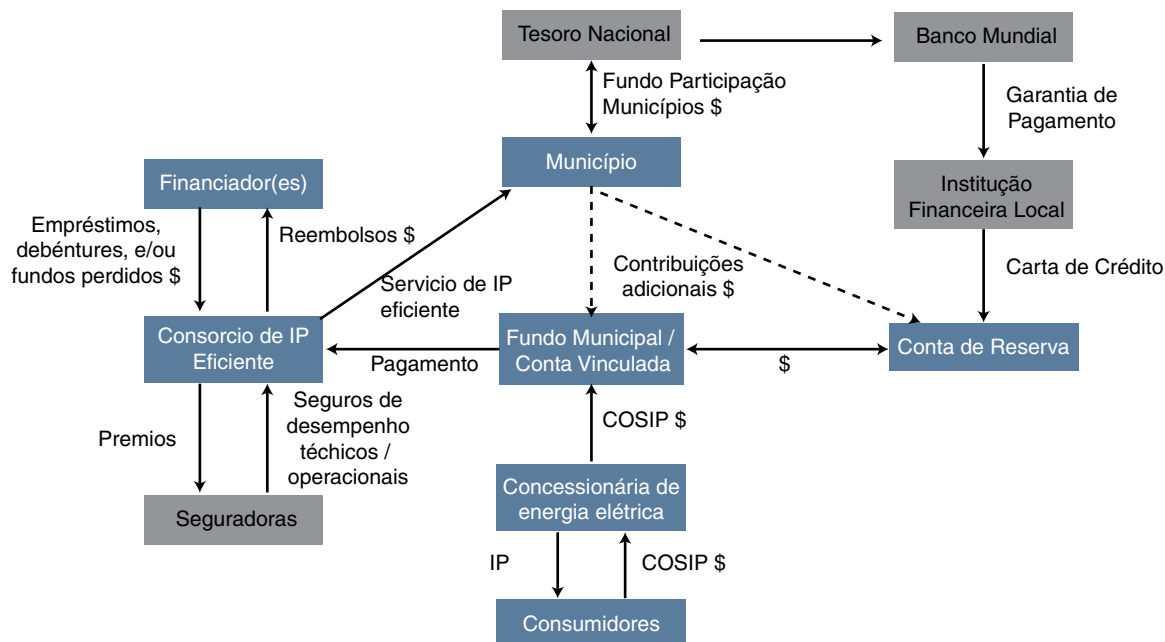
Risco de Crédito

Formas de aprimoramento de crédito (*credit enhancement*) podem ser essenciais para o financiamento dos projetos de iluminação pública. Mesmo que a COSIP seja bem desenhada e forneça uma garantia robusta para os financiadores dos projetos de iluminação pública, pode ainda haver uma percepção de risco residual de crédito municipal. Existe sempre um risco residual de insuficiência da COSIP para honrar seus compromissos na modernização do sistema de IP. Para mitigar este risco, é preciso formular mecanismos, incluindo formas de garantia, para que esses esquemas melhorem a capacidade de financiamento e proporcionem o nível de investimento desejado.

Bancos multilaterais oferecem produtos que poderiam preencher as lacunas existentes na mitigação de risco, e que podem ser demandados por parceiros privados para investir em projetos de iluminação pública. Um exemplo de tal produto é a garantia parcial de pagamentos do Banco Mundial. Além destes produtos, os municípios poderiam oferecer ativos de empresas municipais ou garantias solidárias para mitigar o risco de crédito municipal. Contudo, há poucos exemplos da utilização de mecanismos como esses, principalmente devido à disponibilidade limitada de ativos adequados, mesmo em municípios de maior porte.

A Figura 32 mostra um esquema potencial para o uso de garantias dentro de uma PPP para iluminação pública, incluindo uma garantia parcial de pagamento para as contraprestações do município no consórcio

Figura 32 Exemplo do uso de garantias no modelo de PPP



de IP do PPP. É importante destacar que o custo destes mecanismos de redução do risco será em última instância de responsabilidade do município através de contratos com o consórcio. Garantias podem ser aplicadas a outros modelos de negócio a seguir (e.g., financiamento municipal, ESCOs), embora estejam ilustrados especificamente para o modelo de PPP, apenas a título de exemplo. A função das garantias oferecidas pelo Banco Mundial no exemplo em pauta, é de assegurar que a Conta Vinculada do município terá recursos suficientes para a remuneração do Consórcio de IP (a concessionária). Para tanto, cria-se uma conta de reserva que proverá fundos à Conta Vinculada, em caso de insuficiência. O valor a ser alocado à Conta de Reserva será objeto de negociação entre as partes. Normalmente, este mecanismo é formulado para cobrir as obrigações da Conta Vinculada por um prazo de três a seis meses. O mecanismo conta com garantia soberana do Tesouro Nacional.

Outros riscos e mecanismos de mitigação

Além dos riscos associados à necessidade ter uma boa formulação e blindagem para a COSIP, há uma série de outros riscos e formas de mitigação, conforme apresentados na tabela a seguir.

Em resumo, existem vários mecanismos disponíveis de garantias. A maioria desses mecanismos deles, se necessária, deve ser desenhada para suportar os projetos onde existe uma participação do setor privado, seja como concessionário, ESCO, ou como provedor de recursos na condição de instituições financeiras privadas. As situações onde riscos podem ser mitigados contemplaria a gama de modelos de M1 até M5.

Tabela 32 Outros mecanismos de mitigação de risco

Mecanismo	Riscos mitigados	Observação
Garantia do fabricante ou da fábrica	Risco de desempenho técnico	Garantias fornecidas por grandes fabricantes (custo incluído no preço das lâmpadas de LEDs)
Garantia da seguradora	Risco de desempenho técnico e/ou operacional	Empresas de resseguro; (p.ex. MunichRe) embora o produto ainda não esteja maduro no mercado
Seguros de instituições financeiras multilaterais	Risco político	MIGA (Banco Mundial)
Garantia do governo federal para infraestrutura (ABGF)	Riscos não gerenciáveis	Fundo Garantidor de Infraestrutura (FGIE), tende a focar em grandes projetos e não atende à maior parte dos municípios.

Fonte: Elaborado pela Pezco a partir de consultas a atores e fontes públicas.

IX Conclusões e próximos passos

Em um mundo cada vez mais urbanizado, as soluções globais dependem em maior medida de políticas públicas e projetos desenvolvidos a nível local. Por isso, ao viabilizar projetos de eficiência nas cidades, que hoje em dia representam mais de dois terços do consumo de energia e mais de 70% das emissões, é possível lograr um impacto na escala global.

Seguindo esta ideia no caso de iluminação pública no Brasil, vemos que existe um enorme potencial para projetos de eficiência, podendo impactar de modo significativo tanto no consumo de energia quanto nos objetivos de mitigação de mudanças climáticas do país. Porém, não é simples fazer realidade este tipo de projetos e não existe uma única receita aplicável a todas as cidades. A complexa natureza dos serviços de iluminação pública no contexto das cidades brasileiras reflete em grande medida o leque de desafios e oportunidades que estas enfrentam na integração de tecnologias mais eficientes.

Hoje em dia, as novas tecnologias de iluminação LEDs são amplamente aceitas em todo o mundo como uma grande oportunidade que as cidades têm de reduzir os custos de operação e manutenção de iluminação pública. Estas tecnologias também se destacam pelos benefícios associados a melhor qualidade de iluminação, como a redução da criminalidade e o aumento da percepção de segurança dos cidadãos, assim como por permitir integrar na sua infraestrutura serviços associados às “cidades inteligentes”. Cidades de todos os continentes, como Nova Iorque, Londres ou Chennai, e até países inteiros, como a Índia, estão avançando na implementação de projetos LEDs de grande escala, reduzindo mais ainda os custos desta tecnologia.

As cidades brasileiras, conscientes destes benefícios, estão ainda nos primórdios desta mudança tecnológica e enfrentam uma série de barreiras econômicas, financeiras e normativas para desenvolver seus projetos. Isso ocorre não só a nível local, com o desequilíbrio entre o volume necessário de investimentos (CAPEX) e os limites estabelecidos pela lei de responsabilidade fiscal, ou a falta de acesso a linhas de financiamento, mas também a nível global, com altas históricas dos juros bancários e depreciação do real.

Ao mesmo tempo, os municípios brasileiros encontram um contexto relativamente favorável para investimentos no setor, com alta significativa dos preços da energia, queda dos custos da tecnologia e, na maior parte dos municípios, a existência de recursos específicos através da COSIP. No caso dos mais de 40% de municípios que tiveram recentemente transferidos seus ativos de iluminação pública, existe também a necessidade de se identificar uma alternativa às distribuidoras de energia para a operação e manutenção do parque.

Através de uma primeira caracterização dos municípios brasileiros em termos de tamanho, gestão fiscal e características da rede de iluminação é possível identificar grupos com capacidades e necessidades diferenciadas. A classificação dos municípios em seis grupos pretende ser apenas um primeiro passo na

compreensão do problema para assim propor soluções melhor adaptadas ao espectro dos 5570 municípios do Brasil. Entendemos que a classificação proposta tem margem para melhorias, em função de outras informações relevantes que não puderam ser levantadas como valores arrecadados da COSIP, ou capacidade técnica e institucional dos municípios.

Assim, soluções como a criação de PPPs poderão atender um número limitado de grupos, com tamanho, capacidade financeira e institucional mínimos, enquanto outros grupos irão precisar do apoio de políticas públicas específicas. Porém, as necessidades de cada município específico dentro destes grupos poderá variar.

Os oito modelos de negócio apresentados consideram as características dos grupos de municípios identificados, propondo estruturas e fontes de financiamento para viabilizar a modernização de todo o parque de iluminação pública. Estes modelos abarcam uma gama completa de fontes de financiamento, desde modelos operados e financiados diretamente pelo setor privado até programas nacionais de fomento ou operações financiadas com receitas próprias dos municípios.

No momento de escolher qual modelo de negócio irão aplicar, é importante que os municípios façam uma avaliação das próprias necessidades e capacidades para o desenho e/ou gerenciamento da operação associada a esse modelo. Uma vez feita a escolha do modelo, o seguinte passo é identificar as melhores fontes de financiamento para viabilizar a operação incluindo, quando necessário, mecanismos adicionais de aprimoramento de crédito, tais como garantias para a mitigação do risco municipal. O relatório apresenta 10 instrumentos de financiamento e aprimoramento de crédito e inclui um mapeamento da compatibilidade destes instrumentos com os modelos de negócio.

Grande parte destes modelos e instrumentos precisam de algum tipo de apoio institucional para acelerar a sua implementação a nível nacional. O resultado deste estudo indica que o cenário provável é o uso do modelo de negócio de autofinanciamento para mais que 90% de cidades que correspondem a 50% dos pontos de iluminação (o seja, Modelo M8; Grupos D, E e F). Isso implicaria uma modernização bastante lenta do parque brasileiro, reduzindo assim os benefícios econômicos e sociais que a tecnologia de LEDs poderia trazer (e.g., economias de energia, segurança pública, melhoria de serviços aos cidadãos, etc.). Devido a isto, é imperativo identificar lacunas e achar soluções para poder incluir o máximo número de cidades brasileiras nesta revolução tecnológica.

■ Lacunas identificadas e soluções propostas

A tabela a seguir apresenta as barreiras e lacunas que impedem o completo desenvolvimento dos modelos e instrumentos propostos, assim como algumas recomendações baseadas no conteúdo deste relatório:

Lacunas / Barreiras	Recomendações	Atores-chave
Insuficiência de políticas nacionais para iluminação pública eficiente; Ausência de uma estratégia a nível nacional	Desenhar uma estratégia nacional, incluindo programa de metas; Promover legislação específica; Identificar e designar ator(es) responsáveis	Ministério de Minas e Energia; Ministério das Cidades; Ministério de Indústria e Comércio
Insuficiência de linhas públicas ou setoriais de financiamentos subsidiados	Criação de nova(s) linhas e/ou instrumentos direcionados para municípios que não podem atrair investimentos privados	Eletrobrás; Distribuidoras de Energia; Conselho Curador do FGTS

Lacunas / Barreiras	Recomendações	Atores-chave
Insuficiência de capacitação técnica e/ou de gestão de iluminação pública a nível dos municípios	Criação de programa(s) nacionais/ estaduais para assistência técnica; Criação de ferramentas para avaliação de projetos; Criação de modelos padronização para contratos de iluminação pública	Eletróbrás; Bancos de Desenvolvimento; Bancos Públicos; Agências Estaduais de Desenvolvimento; SENAI; Instituto Brasileiro de Administração Municipal
Alto custo dos LEDs pelo baixo nível de nacionalização	Criação de uma política industrial de nacionalização (taxas de importação, etc.); Linhas de financiamento para produção nacional de LEDs	Ministério de Indústria e Comércio; Ministério da Fazenda; BNDS
Alto custos de transação para PPPs	Tipificação de modelos de negócio e padronização de contratos / instrumentos financeiros	Bancos de Desenvolvimento; Bancos Públicos;
Altos custos de transação para operação e financiamento de consórcios públicos	Marco legislativo para consórcios públicos precisa ser aprimorado; Permitir financiamento direto da pessoa jurídica do consórcio público	Ministério das Cidades; Associação Brasileira de Municípios;
A percepção do risco de crédito municipal afasta a inversão privada	Criação/disponibilização de instrumentos para mitigar a percepção do risco de crédito municipal.	Governo Federal; Organismos multilaterais
Percepção de risco de desempenho das luminárias	Normatização/certificação de equipamentos; Padronização das garantias oferecidas pelos fornecedores; outros produtos de garantia, como seguros,	Associação Brasileira de Normas Técnicas; Inmetro; Asseguradoras; Ministério Indústria
Falta de normatização/ certificação de LEDs para permitir comparação entre produtos	Normatização/certificação de equipamentos	Associação Brasileira de Normas Técnicas; Inmetro; Empresas de certificação
Lei de Responsabilidade Fiscal restringe investimentos acima de 16% da Receita Corrente Líquida	Excluir investimentos em eficiência energética que melhorem a situação fiscal do município ao longo do tempo	Governo Federal;
Falta de padronização de COSIP	Criação de guias para implantação / ajuste da COSIP	Instituto Brasileiro de Administração Municipal

Dado ao importância de padronização de COSIP para avançar projetos de iluminação pública, a tabela abaixo apresenta algumas recomendações de padrões no desenho da COSIP que poderiam ser considerados por Prefeituras considerando a sua implementação o revisão.

■ Próximos Passos

Este relatório identificou uma série de desafios e oportunidade relacionadas à modernização do setor de iluminação pública no Brasil. O próximo passo é a consulta mais ampla junto a atores públicos e privados, incentivando o diálogo entre as partes e oferecendo elementos aos tomadores de decisões das diversas esferas públicas e privadas para que possam gerar propostas mais concretas, compondo uma agenda efetiva de melhoria do segmento de iluminação pública no Brasil.

Tabela 33 Recomendações no desenho de COSIP

Mecanismo de indexação	<ul style="list-style-type: none">• É recomendável que a COSIP seja indexada aos preços da energia elétrica e outros custos relativos à O&M, para que aumentos da tarifa e/ou serviços de O&M não coloquem o município em risco de déficit.• Se a COSIP for indexada somente ao consumo de energia dos contribuintes, o orçamento para a iluminação pública estará vulnerável às variações dos preços da energia elétrica.
Mecanismo de reajuste regular	<ul style="list-style-type: none">• É recomendável que os municípios instituem na própria Lei Municipal, um mecanismo de reajuste claro ou até automático para todas as faixas de consumo. Isso pode mitigar (embora não evite completamente), os riscos de interferência política nos valores de COSIP.
Previsão da possibilidade de vinculação	<ul style="list-style-type: none">• Do ponto de vista dos investidores potenciais neste setor, direcionar os recursos de COSIP para uma conta vinculada (“<i>escrow account</i>”) diminui bastante a percepção do risco de crédito do município.• Assim, é recomendável que, se o município estiver considerando atrair investimentos para um projeto de modernização, o município institua essa possibilidade na lei que define a COSIP.
Esclarecer a finalidade dos recursos da COSIP	<ul style="list-style-type: none">• Tem havido discussões no judiciário sobre a abrangência de utilização da COSIP, por exemplo questionando se a COSIP pode ser usada apenas para O&M, ou se seria aplicável para investimentos em modernização. A legislação municipal deve ser clara neste sentido para evitar problemas.
Normas de arrecadação da COSIP	<ul style="list-style-type: none">• É importante que o município e a concessionária de energia implementem um acordo robusto e claro quanto à maneira de arrecadação e repasse da COSIP, realizado pela concessionária de energia em nome do município. Além disso, os municípios deveriam ter capacitação para poder fiscalizar este processo.

X Referências bibliográficas

- AFD, IPEA e FCH. *O financiamento da cidade latino-americana: instrumentos a serviço de um desenvolvimento urbano sustentável*. AFD—Agence Française de Développement; FCH—Fundación Ciudad Humana; IPEA—Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Série Savoirs Communs no. 16, Março de 2014.
- Arvate, Paulo; Falsete, Felipe Ortiz; Ribeiro, Felipe Garcia; Souza, André Portela. Lighting and violent crimes: evaluating the effect of an electrification policy in rural Brazil on violent crime reduction. Texto para Discussão #408—CMICRO N° 33. São Paulo: Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas FGV-EESP, janeiro de 2016.
- Bock, H. H. (1985), “On Some Significance Tests in Cluster Analysis,” *Journal of Classification*, 2, 77–108.
- Calinski, T. e Harabasz, J. (1974), “A Dendrite Method for Cluster Analysis,” *Communications in Statistics*, 3, 1–27.
- Carvalho, Alexandre Xavier Ywata; Da Matta, Daniel; Resende, Guilherme Mendes. Clusterização dos municípios brasileiros. In: Alexandre Xavier Ywata Carvalho, Carlos Wagner Albuquerque, José Aroudo Mota, Marcelo Piancastelli (organizadores). *Dinâmica dos Municípios*. Brasília: IPEA—Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2008.
- Cattell, R. B. (1944). A note on correlation clusters and cluster search methods. *Psychometrica*, 9, 169–184.
- CEPAM. *Iluminação Pública: Guia do Gestor*. CEPAM—Centro de Estudos e Pesquisas em Administração Municipal, Fundação Prefeito Faria Lima.
- Comissão Europeia (EC—European Commission). *Lighting the Cities: Accelerating the Deployment of Innovative Lighting in European Cities*. European Commission—Directorate-General Communications Networks, Contents & Technology. June, 2013.
- Dietrich, J. L. Mecanismos de financiamento para o saneamento básico. In: Philippi Jr, A. e Galvão Jr., A. C. *Gestão do saneamento básico: abastecimento de água e esgotamento sanitário*. São Paulo: Editora Manole, 2012.
- Everitt, B. S. (1980), *Cluster Analysis*, Second Edition, London: Heineman Educational Books.
- Goldman Sachs (2015). *The Low Carbon Economy: GS SUSTAIN equity investor’s guide to a low carbon world, 2015-25*. Equity Research. November 30, 2015.
- Hartigan, J. A. (1985), “Statistical Theory in Clustering,” *Journal of Classification*, 2, 63–76.
- IPWEA, 2014. PN 11: *Towards More Sustainable Street Lighting (July 2014)*. Practice Note prepared by Next Energy and Strategic Lighting Partners for the Institute of Public Works Engineering Australasia Limited (IPWEA) and the Australian Centre of Excellence for Local Government (ACELG) at the University of Technology, Sydney (UTS).

- MacQueen, J. B. (1967), “Some Methods for Classification and Analysis of Multivariate Observations” *Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*, 1, 281–297.
- Milligan, G. W. (1980), “An Examination of the Effect of Six Types of Error Perturbation on Fifteen Clustering Algorithms,” *Psychometrika*, 45, 325–342.
- Milligan, G. W. and Cooper, M. C. (1985), “An Examination of Procedures for Determining the Number of Clusters in a Data Set,” *Psychometrika*, 50, 159–179.
- Nascimento, E. R. Debus, I. Lei Complementar no. 101/2000: entendendo a Lei de Responsabilidade Fiscal. Brasília-DF: Secretaria do Tesouro Nacional, 2001.
- Pavan, K. K., Rao, A. A., Rao, A. V., & Sridhar, G. R. (2012). Robust seed selection algorithm for k-means type algorithms. arXiv preprint arXiv:1202.1585.
- Pedzi Makumbe, Debbie K. Weyl, and Andrew Eil, Jie Li; “Proven Delivery Models for LEDs Public Lighting” ESMAP, 2015
- Saadi, Mário. A figura da COSIP e as PPPs no setor de iluminação pública. Revista Brasileira de Infraestrutura—RBINF, Belo Horizonte, ano 3, n. 6, p. 169–183, jul./dez. 2014.
- Sarle, W. S. (1983), “The Cubic Clustering Criterion,” SAS Technical Report A-108, Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Singh, Jas (2016). Why energy efficiency matters and how to scale it up. LivreWire, The World Bank Group, 2016/53.
- Sokal, R. e Sneath, P. (1963). Principles of numeric taxonomy. San Francisco: W. H. Freeman.
- The Climate Group—LED Adoption by utilities (2016), <http://www.theclimategroup.org/led-adoption>
- The Climate Group—Lightsavers. (2012). ‘Lighting The Clean Revolution. The rise of LEDs and what it means for cities.’ <http://www.theclimategroup.org/lightsavers>
- The Climate Group—The Big Switch (2015) : ‘The Big Switch: Why it’s time to scale up LED street lighting. <http://www.theclimategroup.org/what-we-do/publications/the-big-switch-why-its-time-to-scale-up-led-street-lighting/>
- Tryon, R. (1939). Cluster analysis. New York: McGraw Hill.
- Turolla, F. A.; Gabrielli, M. F.; Gondim, I. J. C. Crédito e Financiamento à Infraestrutura no Brasil. Tecnologia de Crédito (Serasa-Experian), v. 1, p. 1, 2013.
- Welsh, Brandon; Farrington, David. Effects of Improved Street Lighting on Crime. Campbell Systematic Review, v. 13, n. 1, 2008

ANEXO 1 Metodologia de Geração de Clusters e agrupamento de municípios

O Brasil tem 5.570 municípios, que constituem um conjunto bastante heterogêneo. A construção de modelos de financiamento para a iluminação pública desse conjunto de municípios requer o agrupamento prévio de unidades semelhantes, para que o trabalho de modelagem possa ser segmentado, refletindo o comportamento (distinto) de cada grupo observado com um modelo diferente.

Esta seção apresenta os procedimentos e a abordagem empregados na construção de uma taxonomia das cidades brasileiras. As etapas do estudo foram: construção da base de dados; análise de clusters; realização dos reagrupamentos; e análise da representatividade dos agrupamentos obtidos.

■ A1.1 Sumário da abordagem e metodologia

O objetivo geral do projeto é identificar modelos de negócio para projetos de iluminação pública nos municípios brasileiros. Esses municípios apresentam alto grau de heterogeneidade, tanto em termos de características socioeconômicas (como o tamanho, nível de renda e desenvolvimento) como também físicas e demográficas que são relevantes para o desenvolvimento da rede de iluminação pública (densidade demográfica, grau de verticalização da malha urbana). Em função dessa heterogeneidade, não é possível conceber um modelo geral que se aplique a todo e qualquer município do país.

O primeiro desafio do projeto é, portanto, o de desenvolver agrupamentos de municípios que apresentem similaridades para então identificar de modelos de negócio que sejam mais adequados para as diversas realidades locais. É necessário, portanto, realizar uma agregação significativa dos municípios, para desenvolver soluções efetivas que impulsionem os projetos de iluminação pública.

A abordagem proposta do trabalho de agregação de municípios seguiu três princípios:

- i. Em relação aos insumos da análise, deve considerar um conjunto de variáveis que reflita as características subjacentes, físicas e socioeconômicas dos municípios, respeitando as limitações de disponibilidade e qualidade dos dados disponíveis.
- ii. Em relação à metodologia da análise, deve basear-se em modelos científicos aceitos.
- iii. Em relação aos resultados da análise, o número agrupamentos resultantes de ser pequeno, de forma que os modelos de negócio possam ser efetivamente aplicáveis com base no conjunto de instrumentos e atores disponíveis no mercado brasileiro.

Caber observar que foram realizados dois procedimentos de agrupamento neste trabalho, sendo o primeiro uma análise estatística de clusters e o segundo uma identificação de clusters homogêneos. Essa estratégia tem dois motivos principais:

- O modelo de clusters permitiu inserir na análise um conjunto de dimensões relevantes, como a configuração física da rede, densidade e aspectos fiscais. Isso torna o modelo bastante superior a uma simples estratificação visual com duas ou três variáveis.
- Grandes cidades, principalmente São Paulo e Rio de Janeiro, tendem a formar clusters com um único município, o que poderia levar a um agrupamento bastante numeroso e heterogêneo. Dessa forma, a análise de clusters deve permitir a formação de clusters, distribuindo os municípios em grupos mais homogêneos.

Uma vez identificados os clusters, e com o objetivo de incluir na análise outros aspectos relevantes ao desenvolvimento de negócio de Iluminação pública, os clusters de municípios foram agrupados segundo variáveis de tamanho da rede e gestão fiscal.

A estratégia em duas etapas permitiu que fossem consideradas múltiplas dimensões relevantes (tamanho, desenvolvimento, situação fiscal, densidade da rede, indicadores setoriais) mantendo um número pequeno de agrupamentos. Sem essas duas etapas, teria sido preciso incluir, inicialmente, um número específico de clusters na análise estatística, ou se teria de optar por uma estratificação baseada em poucos indicadores. Conseguimos, dessa forma, obter um pequeno número de agrupamentos que leve em conta os aspectos relevantes ao estudo.

■ A1.2 Base de dados e seleção de variáveis

O conjunto de dados para o estudo é formado pelos 5.570 municípios brasileiros. Na seleção das variáveis, foram consideradas aquelas que potencialmente seriam utilizadas nos modelos de financiamento mas que não haviam sido consideradas anteriormente, pois o agrupamento e a modelagem devem tratar de características distintas, ainda que relacionadas com o objetivo em comum (iluminação pública). O motivo é simples: utilizar no modelo estatístico alguma variável que já foi utilizada anteriormente para a segmentação inicial enfraquece seu poder preditivo, visto que os segmentos já se tornaram homogêneos em relação a essa característica em particular.

As características consideradas mais relevantes para obtenção de grupos bem discriminados, levantadas por meio de fontes públicas de informação, e que intuitivamente possuem alguma relação com o resultado de um potencial financiamento (default), estão resumidas no quadro a seguir. As variáveis são provenientes de fontes públicas (IBGE; FIRJAN; Tesouro Nacional; Ministério das Cidades), com exceção dos dados sobre a situação da iluminação pública nos municípios brasileiros que foram levantados pelo próprio Grupo Banco Mundial, através da pesquisa por amostragem de 300 municípios de todos os estados do país.

Para uma abordagem sobre o tamanho do município, foi utilizado o Produto Interno Bruto (PIB) municipal, bem como número total de pontos de luz. O grau de desenvolvimento do município foi aproximado pelo seu PIB per capita, medido em unidades monetárias.

A base de dados incluiu aspectos da configuração da rede de iluminação pública de cada município. Para a aproximação da extensão e densidade das redes de iluminação pública, foi utilizado um serviço público que

Tabela 34 Características da base de dados

Objetivo / proxy	Variável	Unidade	Ano
Tamanho do município	PIB—Produto Interno Bruto	Milhares de reais	2012
Desenvolvimento	PIB per capita	Reais	2012
Verticalização do município	Economias por ligação de água	Razão	2013
Gestão fiscal	IFGF—Índice Firjan de Gestão Fiscal	Índice	2013
Endividamento municipal	DCL/RCL—razão entre Dívida Corrente Líquida e Receita Corrente Líquida	Razão	2015
Tamanho da rede	Número de pontos de luz	Número	2014
Obsolescência da rede operacional	Uso de lâmpadas de vapor de mercúrio em proporção superior a 20%	Indicador	2014
Cobertura da rede	Percentual do município não coberto pela iluminação pública	Percentual	2014

Fontes dos dados: IBGE; FIRJAN; Tesouro Nacional; Ministério das Cidades; Grupo Banco Mundial.

percorre essencialmente a mesma geografia, o serviço de abastecimento de água por rede geral. A tendência é que o serviço de água tenha cobertura parecida com a do serviço de iluminação pública. Foi observada a densidade (economias por ligação)⁸¹ da rede de abastecimento de água, que também reflete a verticalização do espaço urbano. Isto por que, uma maior densidade de população por ponto de luz pode resultar em uma melhor viabilização de projeto de Iluminação pública.

Foram utilizadas variáveis que refletem as características dos municípios sob o ponto de vista de sua gestão fiscal e endividamento, a saber:

- Índice Firjan de Gestão Fiscal, IFGF, que tem por objetivo medir a forma como os tributos pagos pela sociedade são administrados pelas prefeituras. É composto por cinco indicadores: Receita Própria, Gastos com Pessoal, Investimentos, Liquidez e Custo da Dívida.
- Razão entre Dívida Corrente Líquida (DCL), que é o montante da Dívida Consolidada do município deduzido o saldo relativo aos haveres financeiros e a Receita Corrente Líquida (RCL), que é o somatório das receitas tributárias, de contribuições, patrimoniais, agropecuárias, industriais, de serviços, transferências correntes e outras receitas correntes. Existem casos em que o município pode ter Dívida Líquida negativa, ou seja, sua disponibilidade de caixa é superior a suas obrigações financeiras. Neste caso, um índice DCL/RCL negativo indica quanto de caixa o município possui em relação à Receita Corrente Líquida.

Para o tamanho da rede, foi utilizado o número de pontos de luz, diretamente levantados ou estimados para cada município.⁸² A obsolescência da rede operacional foi aproximada pelo uso de lâmpadas de vapor de mercúrio em proporção superior a 20%. Para a cobertura da rede, foi utilizado o percentual do município não

⁸¹ Uma ligação é um ramal conectado à rede de distribuição. Uma economia é uma unidade consumidora. Por exemplo, um edifício com dez apartamentos pode ter uma única ligação servindo a dez economias e, para esse prédio, a razão economias por ligação seria de 10.

⁸² O modelo usado para o cálculo estimado de pontos de luz foi derivado das informações levantadas na pesquisa por amostragem dos municípios brasileiros em função das características socioeconômicas dos municípios.

Tabela 35 Matriz de correlação das variáveis listadas

Correlações	a) PIB	b) PIB PC	c) Econ/ Lig	d) IFGF	e) DCL/ RCL	f) N Luz	g) VM > 20%	h) % sem IP
a) PIB	1,000	0,134	0,153	0,108	0,147	0,912	-0,065	-0,040
b) PIB PC	0,134	1,000	0,124	0,323	-0,152	0,305	-0,087	-0,237
c) Econ/Lig	0,153	0,124	1,000	0,163	-0,015	0,401	-0,077	-0,139
d) IFGF	0,108	0,323	0,163	1,000	-0,349	0,316	-0,132	-0,143
e) DCL/RCL	0,147	-0,152	-0,015	-0,349	1,000	0,524	-0,028	-0,019
f) N Luz	0,912	0,305	0,401	0,316	0,524	1,000	-0,088	-0,098
g) VM > 20%	-0,065	-0,087	-0,077	-0,132	-0,028	-0,088	1,000	0,024
h) % sem IP	-0,040	-0,237	-0,139	-0,143	-0,019	-0,098	0,024	1,000

coberto pela iluminação pública. Para estas variáveis, foram utilizados dados da pesquisa por amostragem realizada pelo Grupo Banco Mundial junto aos municípios brasileiros.

Tentou-se incluir outras informações, como o valor da COSIP, que poderiam ser relevantes para os modelos de negócio, porém, as bases de dados consultadas (p.ex.: Finbra) se mostraram deficitárias a respeito desta informação. Em função disso, optou-se por não considerar essa variável para o agrupamento.

A matriz das correlações cruzadas das variáveis listadas é exibida pela tabela a seguir e mostra que não há “redundância”. Isto é, não existem duas variáveis que tenham nível de correlação tão alto a ponto de implicar que as duas transmitem a mesma informação (uma explicando a outra). A maior correlação observada é entre PIB e número de pontos de luz no município, com um valor de 0,912—alto, porém não o suficiente para fosse considerada apenas uma dessas variáveis.

■ A1.3 Geração dos clusters

O objetivo da análise de cluster é o de agrupar as unidades amostrais de interesse (que podem ser indivíduos, empresas, cidades, países, etc.) em categorias, de tal forma que os componentes tenham um alto grau de afinidade ou homogeneidade, ao mesmo tempo em que haja uma clara distinção entre os grupos de classificação. A técnica de análise de cluster é utilizada quando a estrutura de categorias de classificação não é conhecida de antemão. Pelo contrário, há pouca ou nenhuma informação sobre ela. Há apenas uma lista de observações cujas categorias de agrupamento são desconhecidas, e o objetivo central é o de descobrir uma estrutura classificatória que se ajusta bem aos dados disponíveis.

O número de possibilidades de agrupamento de uma pequena amostra de observações em um reduzido número de grupos pode ser enorme. A maior parte dessas possibilidades não tem relevância alguma ou são apenas variações muito próximas de outras possibilidades de maior interesse. Os algoritmos complexos da análise de cluster permitem descobrir estruturas e relações entre os dados observados, que aos olhos humanos não são claras. O método utilizado permite justamente reduzir essas possibilidades às escolhas relevantes para a análise do problema.

Os dezoito clusters (grupos homogêneos) obtidos na análise são descritos da seguinte forma, sendo que a apresentação dessa análise não obedece a nenhum critério de ordenação:

- **CLUSTER 1 (Número de municípios = 110):** Os municípios deste grupo possuem uma verticalidade destacada (1,54 economias por ligação) entre os que não são de alta renda (PIB per capita médio de R\$ 19,5 mil). Também têm poucos pontos de luz em média (7,3 mil), gestão fiscal entre razoável e boa (IFGF médio de 0,59) e um caixa médio correspondente a 7% da receita corrente líquida. Entre os municípios com dados disponíveis, a iluminação pública deixa de cobrir em média 7,45% de seu território.
- **CLUSTER 2 (Número de municípios = 887):** Composto por municípios com PIB per capita médio de R\$ 16 mil. Possuem em média 2,4 mil pontos de luz. Se o porte econômico destes municípios não chega a impressionar, são bem geridos (IFGF médio de 0,63) e possuem um caixa médio correspondente a 11,5% das receitas líquidas. Entre os municípios com dados disponíveis, todos utilizam lâmpadas de vapor de mercúrio em proporção superior a 20% e têm em média 6,45% de seu território não coberto pela iluminação pública.
- **CLUSTER 3 (Número de municípios = 73):** Os municípios deste cluster também não são de alta renda (PIB per capita médio de aproximadamente R\$ 16 mil) e têm, em média, apenas 2 mil pontos de luz. Além disso, têm em comum o fato de não dispor de informação sobre o número de economias por ligação. A gestão fiscal dos municípios é razoável (IFGF médio de 0,55), embora este cluster inclua um dos líderes do ranking: Alvorada de Minas (MG), com IFGF de 0,91, e possuem um caixa médio de 6,4% da receita corrente líquida. Há apenas um município com dado disponível para cobertura neste grupo, com 80% do território sem cobertura de iluminação pública.
- **CLUSTER 4 (Número de municípios = 1):** Grupo exclusivo da cidade de Rio de Janeiro (RJ), por possuir características únicas comparadas ao restante do Brasil. Seu desenvolvimento é refletido pelos indicadores de renda (PIB per capita de R\$ 34 mil), verticalidade (2,31 economias por ligação—uma das maiores taxas do Brasil) e escala (426 mil pontos de luz).
- **CLUSTER 5 (Número de municípios = 872):** Estes municípios caracterizam-se pelo pequeno porte (média de 2,7 mil pontos de luz) e renda média (PIB per capita de R\$ 20 mil). A gestão fiscal em média é sofrível (IFGF médio de 0,48) e o caixa médio representa 3,6% da receita corrente líquida.
- **CLUSTER 6 (Número de municípios = 97):** As cidades deste grupo se caracterizam por terem um porte considerável (aproximadamente 37 mil pontos de luz, em média), renda razoável (PIB per capita médio de R\$ 27,7 mil), certa verticalidade (1,3 economias por ligação em média) e boa gestão fiscal (IFGF médio de 0,61).
- **CLUSTER 7 (Número de municípios = 832):** O cluster corresponde aos municípios com os piores índices entre os clusters de escala (menos de mil pontos de luz, em média), renda (PIB per capita médio de R\$ 6,8 mil) e gestão fiscal (IFGF médio de 0,23), além de possuírem, em média, dívidas correspondentes a 6% da RCL. Entre os municípios com dados disponíveis, todos utilizam lâmpadas de vapor de mercúrio em proporção superior a 20% e têm em média 13,8% dos territórios não cobertos pela iluminação pública.
- **CLUSTER 8 (Número de municípios = 7):** Embora sejam municípios de escala moderada (média de 21 mil pontos de luz), o destaque fica por conta dos maiores PIB per capita do país—média de R\$ 262 mil. Possuem em geral boa gestão fiscal (IFGF médio de 0,65) e um caixa médio (DCL negativa) de 1,5% da receita corrente líquida.

- **CLUSTER 9 (Número de municípios = 1169):** Este grupo trata de municípios mais desenvolvidos que os do Cluster 7, mas ainda assim muito fracos em termos de escala (média de mil pontos de luz), renda (PIB per capita de R\$ 8,1 mil) e gestão (IFGF médio de 0,43). Em média não possuem dívida (caixa médio de 0,78% da receita líquida) e, dos municípios com dados disponíveis, 4% deles utilizam uma proporção de lâmpadas de vapor de mercúrio superior a 20% e seu percentual médio de não cobertura da IP é de 47%.
- **CLUSTER 10 (Número de municípios = 4):** Composto pelos municípios de Fortaleza (CE), Salvador (BA), Belo Horizonte (MG) e Brasília (DF), cujas escalas estão entre as maiores do Brasil (média de 206 mil pontos de luz) e possuem destacada verticalidade (1,59 economias por ligação, em média) e gestão fiscal (IFGF médio de 0,66), embora a renda média não se sobressaia tanto em relação ao restante do Brasil (PIB per capita médio de R\$ 28,5 mil).
- **CLUSTER 11 (Número de municípios = 7):** Os municípios deste cluster se caracterizam por terem os maiores índices de verticalidade do país (média de 2,93 economias por ligação). Em geral, possuem certa estrutura (em média 29,3 mil pontos de luz) e renda bastante esparsa (o PIB per capita varia de R\$ 4 mil a R\$ 87 mil), boa gestão fiscal (IFGF médio de 0,67) e um caixa médio de 5,4% da receita líquida.
- **CLUSTER 12 (Número de municípios = 1):** Cluster que contém somente a cidade de São Paulo (SP). A maior e mais rica cidade do país possui a maior quantidade de pontos de luz entre os municípios brasileiros: 600 mil. O PIB per capita também é alto, R\$ 41 mil, e a verticalidade também merece destaque (1,59 economias por ligação).
- **CLUSTER 13 (Número de municípios = 92):** Os municípios deste grupo não possuem informação de economias por ligação, assim como o Cluster 3. Porém, apresentam índices de desenvolvimento mais fracos, similares aos dos Clusters 7 e 9: PIB per capita médio de aproximadamente R\$ 10 mil, cerca de 1,7 mil pontos de luz em média e gestão fiscal crítica (IFGF médio de 0,34). Além disso, possuem, em média, dívidas correspondentes a 12% de suas receitas.
- **CLUSTER 14 (Número de municípios = 17):** Neste grupo, concentram-se cidades de grande porte (média de 103 mil pontos de luz), cujo desenvolvimento também é refletido pelo PIB per capita (média de R\$ 41,8 mil) e pela verticalização (1,42 economias por ligação em média). Possuem em geral boa gestão fiscal (média de IFGF de 0,64) e dívidas correspondentes a 12% da receita corrente líquida, em média.
- **CLUSTER 15 (Número de municípios = 460):** Este grupo concentra municípios de escala e renda baixos (1,2 mil pontos de luz e PIB per capita de R\$ 10 mil, em média), porém um pouco melhor administrados (IFGF médio de 0,54) que os municípios dos outros clusters de baixo índice de desenvolvimento. Além disso, os municípios que têm informação de DCL/RCL disponível demonstram possuir uma reserva de caixa considerável: média de 109% da receita líquida.
- **CLUSTER 16 (Número de municípios = 721):** Os municípios deste grupo caracterizam-se, assim como os Clusters 7, 9 e 13, por baixos índices de desenvolvimento: médias de 1,5 mil pontos de luz, R\$ 8,1 mil de PIB per capita e 0,33 de IFGF—gestão crítica. O que difere este grupo dos citados anteriormente é que seus municípios, em geral, também possuem dívidas, correspondentes em média a 59,6% da receita líquida.
- **CLUSTER 17 (Número de municípios = 181):** O cluster contém municípios de pequena escala (menos de 5 mil pontos de luz, em média), mas um PIB per capita relativamente alto: média de R\$ 44,5 mil. Além disso, possuem uma gestão razoável (IFGF médio de 0,55) e um caixa médio

de 2,6% das receitas. Dos municípios com dados disponíveis, todos utilizam lâmpadas de vapor de mercúrio em proporção superior a 20%.

- **CLUSTER 18 (Número de municípios = 39):** Os municípios deste grupo possuem PIB per capita elevado (média de R\$ 100 mil) e escala razoável (média de 17 mil pontos de luz). Também têm uma boa gestão fiscal (IFGF médio de 0,60) e caixa médio de 7,8% das receitas.

■ A.1.4 Detalhes técnicos da análise de clusters⁸³

Na prática, comparamos indivíduos segundo p características observáveis, e cada característica de interesse define uma variável do processo. A Análise de Clusters determina, através das variáveis observadas de cada indivíduo, o quão próximos ou distantes os indivíduos se encontram uns dos outros, para que, assim, indivíduos próximos sejam colocados no mesmo cluster (distância pequena no âmbito dos grupos), e indivíduos distantes em clusters diferentes (distância grande entre grupos).

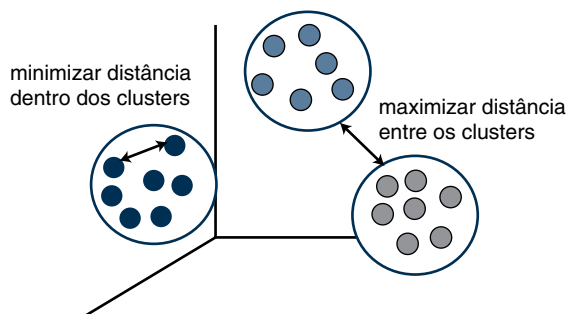
Analisando um conjunto de p atributos (dimensões) de um indivíduo em particular que assumam valores reais, podemos enxergá-lo como um ponto em um espaço p -dimensional. Dessa forma, é possível definir a proximidade entre dois indivíduos com características de valores reais ao utilizarmos uma métrica da distância entre ambos, que no caso foi a Euclidiana:

$$d(X, Y) = \sqrt{\sum_{i=1}^p (x_i - y_i)^2}$$

onde X e Y representam dois indivíduos diferentes, como vetores p -dimensionais.

Foi empregado o algoritmo k -means (MacQueen, 1967), que é inicializado com o número de grupos desejado, isto é, a quantidade de clusters deve ser previamente estabelecida. Para k clusters, são definidos k pontos iniciais (denominados sementes) no espaço p -dimensional dos dados que funcionarão como os

Figura 33 Representação esquemática da análise de cluster



⁸³ Esta seção apresenta um conteúdo mais técnico com relação a análise de clusters. Para leitores interessados em uma abordagem menos técnica, a seção pode ser suprimida da leitura sem prejuízo do entendimento do contexto da análise.

centroides dos k grupos. Calcula-se então a distância entre cada observação e o centroide dos grupos, e aloca-se a observação no grupo do centroide mais próximo.

Uma vez que todas as observações foram alocadas e os grupos formados, o algoritmo recalcula os centroides dos mesmos e reinicia o algoritmo calculando novamente as distâncias entre as observações e os centroides. O algoritmo deixa de ser utilizado quando não houver mais mudança de grupo entre as observações.

O agrupamento depende amplamente da escolha inicial das sementes—duas escolhas distintas podem levar a agrupamentos completamente diferentes (Milligan, 1980). Felizmente, existem técnicas de seleção de sementes que garantem que os grupos resultantes serão bem discriminados. Para mais detalhes sobre tais métodos, ver Pavan et al. (2011).

Embora não existam métodos completamente satisfatórios para a determinação do número ótimo de grupos (Everitt, 1979; Hartigan, 1985; Bock, 1985), o critério de decisão que vamos utilizar se baseia em duas métricas conhecidas no escopo de Análise de Clusters. A primeira é a estatística pseudo-F (Calinski e Harabasz, 1974), que é uma razão entre a soma de quadrados *entre* os grupos e *dentro* dos grupos, ponderadas pelos seus respectivos graus de liberdade (que são funções do tamanho amostral e do número de clusters).

A ideia de utilizar a estatística pseudo-F é a de avaliar se os grupos formados possuem elementos bastante concentrados (baixa variância no grupo) ao mesmo tempo em que, como grupos, permanecem distantes uns dos outros (alta variância entre os grupos). Podemos analisar a evolução da estatística pseudo-F à medida que aumentamos gradativamente o número de clusters, e devemos considerar as quantidades em que a estatística pseudo-F aumenta de forma expressiva em relação à quantidade anterior de clusters (Milligan e Cooper, 1985).

A segunda métrica é o CCC (*Cubic Clustering Criterion*), criado pelo software SAS (Sarle, 1983), que é uma estatística que compara a variância entre os grupos obtidos com a variância desses grupos para o caso hipotético das observações estarem distribuídas de maneira completamente uniforme (tornando dessa forma a Análise de Clusters inviável). Valores positivos desta estatística indicam que a variância entre os grupos formados é maior do que seria se os dados tivessem distribuição uniforme, indicando nesse caso que a Análise de Cluster é necessária. O autor ainda indica a estatística como um critério para escolha do número de clusters assim como o pseudo-F (valores altos de CCC = bons agrupamentos).

Foram realizadas 50 análises independentes de agrupamento, cada uma com um número de clusters que variou de 1 a 50. As estatísticas pseudo-F e CCC foram computadas para cada agrupamento, e a primeira originou o gráfico ilustrado pela Figura 34. Como temos vários picos distribuídos por uma região onde o pseudo F é alto (entre 6 e 18 grupos), optamos por estabelecer um valor limite para a estatística e tratar como potenciais candidatos todos os agrupamentos acima do limite. Estes indicam as quantidades de grupos onde a discriminação dos municípios (em termos de redução da variância dos grupos) é ótima. Em nosso estudo, escolhemos um valor limite de 1400 (como especificado na Figura) e dos potenciais candidatos, destacaram-se as análises com 8, 15 e 18 grupos.

Para tomarmos a decisão final sobre o número de grupos, comparamos a estatística CCC (Figura 35) para as quantidades de grupos acima do limite especificado, onde é possível notar que destes, o agrupamento de

Figura 34 Evolução da estatística pseudo-F para diferentes quantidades de grupos

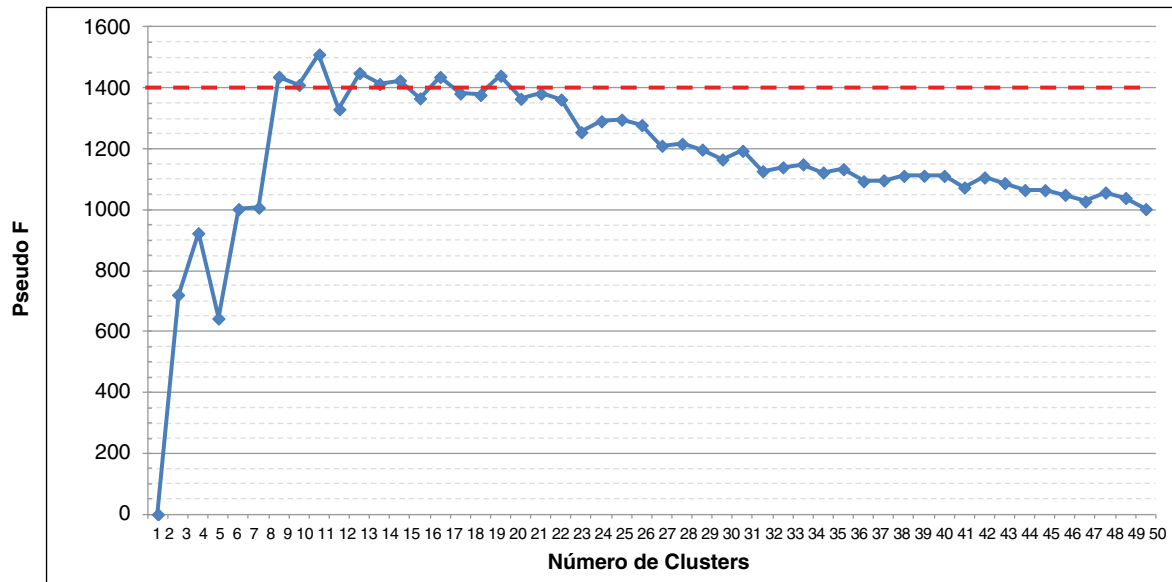
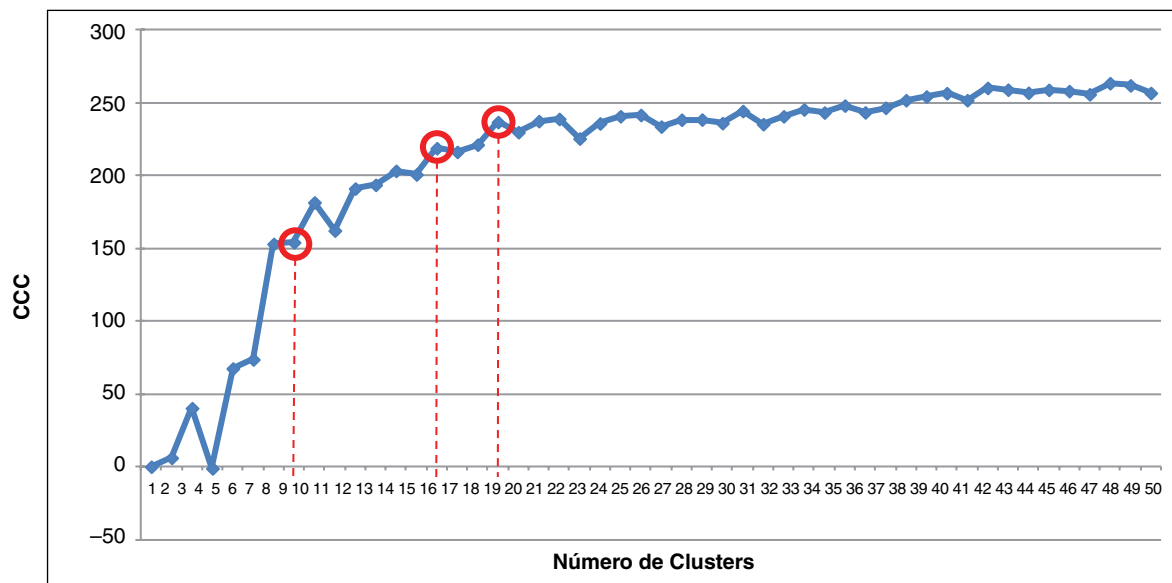


Figura 35 Evolução da estatística CCC para diferentes quantidades de grupos



18 clusters leva vantagem, com um CCC muito maior que as análises com 8 e 15 clusters. Pelos critérios definidos, e também para favorecer uma granularidade maior dos grupos, serão considerados 18 grupos.

Formados os 18 grupos, a Tabela 36 mostra, para cada variável considerada, uma medida de comparação entre as variâncias dentro e fora dos grupos, resultando em um índice que determina o quão bem a variável está discriminada pelos clusters: quanto maior, melhor a discriminação. O índice também pode ser lido como a relevância da variável na formação dos grupos (o que é diferente de significância estatística, já que nenhum teste de hipótese é realizado).

Observe-se que as variáveis que refletem o número de pontos de luz, a utilização de lâmpadas de vapor de mercúrio e a taxa de economias por ligação são as mais discriminadas pelos grupos, enquanto que a razão DCL/RCL e o percentual não coberto pela iluminação pública são as menos discriminadas. Isso significa que, embora existam grupos que com clara distinção entre si, ao considerarmos o número de pontos de luz, por exemplo, a proporção de não cobertura do IP difere pouco entre os grupos.

Os diagramas de dispersão mostrados nas Figuras 36 e 37 correspondem às médias padronizadas dos clusters obtidos, fornecendo assim uma ideia da localização dos mesmos. Note que o gráfico da Figura 5, que envolve duas variáveis de grande relevância para o agrupamento, mostra grupos distantes uns dos outros—os grupos 4, 10 e 12 não são mostrados devido à escala do gráfico (pois possuem médias de pontos de luz *padronizadas* de 30, 14 e 42, respectivamente). Essa distância entre as médias dos grupos evidencia que as duas variáveis conseguem, por si sós, mostrar partições claras nos dados (havendo, assim, a necessidade de discriminação dos mesmos). Já o gráfico da Figura 6, de duas variáveis com pouca relevância, não mostra tão claramente onde devemos repartir os dados no espaço para formar os grupos—a distância entre as médias dos clusters aqui é bem menor (deve-se prestar atenção na escala do gráfico). Cabe também ressaltar que os dois gráficos são comparáveis, porque as variáveis consideradas foram reduzidas à mesma escala. Possuem, dessa forma, média zero e variância um.

A Tabela 37 mostra, para cada um dos 18 grupos, as médias das variáveis consideradas no estudo, e a Tabela 8 ordena os grupos dentro de cada variável, da melhor média para a pior, considerando os interesses do estudo (por exemplo, uma cidade com alta proporção de lâmpadas de vapor de mercúrio é de interessante para receber um investimento de iluminação pública). Com base neste critério, quanto maior o número, “pior” é o grupo com relação à variável específica. Se dois ou mais grupos possuírem a mesma média, o grupo com menor desvio-padrão é favorecido.

Figura 36 Diagrama de dispersão das médias dos clusters, relativas às variáveis PIB e economias por ligação

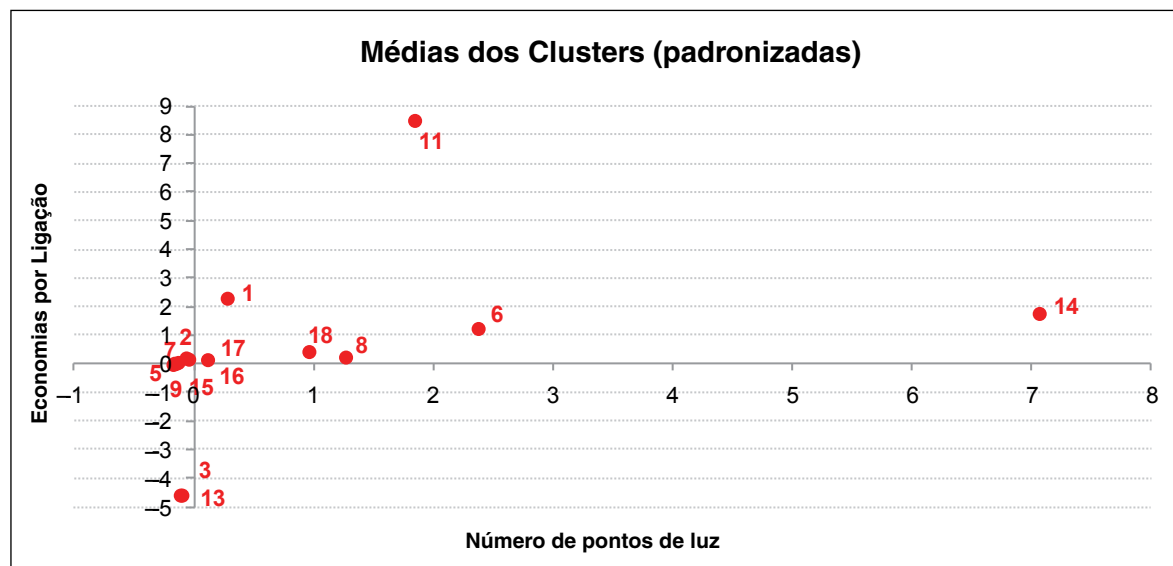


Tabela 36 Relevância das variáveis na formação dos grupos

Correlações	R ² /(1 - R ²)
PIB PC	3,80
Econ/Lig	7,26
IFGF	3,57
DCL/RCL	1,57
N Luz	10,53
VM > 20%	8,80
% sem IP	2,29

Figura 37 Diagrama de dispersão das médias dos clusters, relativas às variáveis DCL/RCL e percentual de não cobertura da iluminação pública

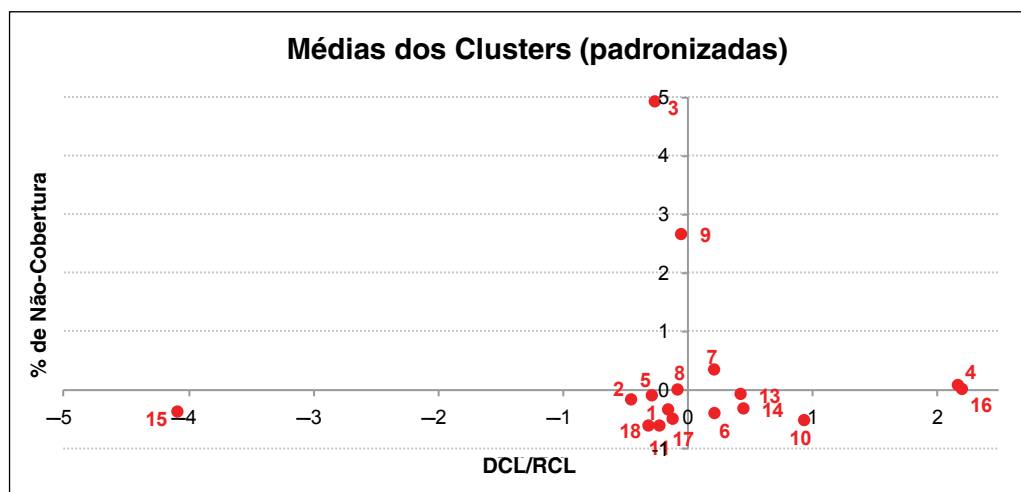


Tabela 37 Médias das variáveis em cada grupo

Cluster	Número de municípios	Número de pontos de luz	PIB per capita (Reais)	Economias/Ligação	IFGF	DCL/RCL	VM > 20%	% sem IP
1	110	7.297	19.476,50	1,54	0,59	-7,07	0,00	7,45
2	887	2.442	16.090,86	1,07	0,63	-11,52	1,00	6,45
3	73	1.953	15.889,60	0,00	0,55	-6,43	0,00	80,00
4	1	426.609	34.232,33	2,31	0,82	58,69	0,00	10,00
5	872	2.755	20.109,47	1,06	0,48	-3,57	0,00	3,97
6	97	36.876	27.785,22	1,30	0,61	6,39	0,07	3,07
7	832	907	6.866,14	1,02	0,23	6,31	1,00	13,83
8	7	21.249	262.525,95	1,08	0,65	-1,55	—	—
9	1.169	1.053	8.100,13	1,03	0,43	-0,78	0,04	47,25
10	4	206.000	28.518,58	1,59	0,66	25,65	0,00	1,33
11	7	29.388	35.982,75	2,93	0,67	-5,43	0,00	0,00
12	1	600.000	41.978,81	1,59	0,77	185,74	0,00	7,00
13	92	1.763	9.985,46	0,00	0,34	12,00	0,00	7,80
14	17	103.018	41.797,52	1,42	0,64	12,61	0,00	4,22
15	460	1.224	10.096,27	1,03	0,54	-109,00	0,00	3,45
16	721	1.504	8.177,45	1,04	0,33	59,57	0,00	9,02
17	181	4.978	44.574,25	1,06	0,55	-2,60	1,00	1,67
18	39	16.925	100.173,63	1,12	0,60	-7,79	0,00	0,00

Fonte: Cálculos e estimativas da Pezco e Grupo Banco Mundial

É imperativo notar, entre outras coisas, que os grupos 4, 10 e 12 se destacam pela escala (número de pontos de luz) e pela gestão fiscal (IFGF), os grupos 8 e 18 pela renda (PIB per capita), os grupos 4 e 11 pela verticalização (economias por ligação) e os grupos 2 e 7 pela quantidade de cidades que utilizam lâmpadas de vapor de mercúrio. Os grupos 7, 9, 13 e 16 ainda se destacam negativamente em desenvolvimento (número de pontos de luz, PIB per capita) e gestão fiscal. A fim de tornar estas informações mais visuais, a Tabela atribui aos grupos, através das médias de cada variável, as notas A, B, C e D, respeitando alguns limiares sugeridos (mostrados na Tabela).

Tabela 38 Classificação dos clusters em cada variável

Cluster	N munic.	PIBpc	Econ/Lig	IFGF	DCL/RCL	N luz	VM > 20%	% sem IP
1	110	R\$ 19,476.50	1.54	0.59	-7.07	7297	0.00	7.45
2	887	R\$ 16,090.86	1.07	0.63	-11.52	2442	1.00	6.45
3	73	R\$ 15,889.60	0.00	0.55	-6.43	1953	0.00	80.00
4	1	R\$ 34,232.33	2.31	0.82	58.69	426609	0.00	10.00
5	872	R\$ 20,109.47	1.06	0.48	-3.57	2755	0.00	3.97
6	97	R\$ 27,785.22	1.30	0.61	6.39	36876	0.07	3.07
7	832	R\$ 6,866.14	1.02	0.23	6.31	907	1.00	13.83
8	7	R\$ 262,525.95	1.08	0.65	-1.55	21249	—	—
9	1169	R\$ 8,100.13	1.03	0.43	-0.78	1053	0.04	47.25
10	4	R\$ 28,518.58	1.59	0.66	25.65	206000	0.00	1.33
11	7	R\$ 35,982.75	2.93	0.67	-5.43	29388	0.00	0.00
12	1	R\$ 41,978.81	1.59	0.77	185.74	600000	0.00	7.00
13	92	R\$ 9,985.46	0.00	0.34	12.00	1763	0.00	7.80
14	17	R\$ 41,797.52	1.42	0.64	12.61	103018	0.00	4.22
15	460	R\$ 10,096.27	1.03	0.54	-109.00	1224	0.00	3.45
16	721	R\$ 8,177.45	1.04	0.33	59.57	1504	0.00	9.02
17	181	R\$ 44,574.25	1.06	0.55	-2.60	4978	1.00	1.67
18	39	R\$ 100,173.63	1.12	0.60	-7.79	16925	0.00	0.00

Tabela 39 Critérios de atribuição da nota, para cada variável

Nota	PIBpc	Econ/Lig	IFGF	DCL/RCL	N luz	VM > 20%	% sem IP
D	< R\$ 15 mil	N/D	< 0.4	> 100	< 2 mil	—	> 15%
C	[R\$ 15 mil; R\$ 30 mil)	< 1.2	[0.4; 0.6)	(10; 100]	[2 mil; 20 mil)	< 1% ou .	(8%; 15%) ou .
B	[R\$ 30 mil; R\$ 60 mil)	[1.2; 1.8)	[0.6; 0.8)	(-10; 10]	[20 mil; 100 mil)	[1%;50%)	(4%; 8%]
A	>= R\$ 60 mil	>= 1.8	>= 0.8	<= -10	>= 100 mil	>= 50%	<= 4%

■ A1.5 Reagrupamento

O método de análise de clusters produziu um número de agrupamentos que não apresenta operacionalidade, ou seja, que não é facilmente identificado com modelos de negócio. Em princípio, a análise deveria resultar em um número pequeno de agrupamentos, de forma que os modelos de negócio pudessem ser efetivamente aplicáveis a partir do conjunto de instrumentos e atores disponíveis no mercado brasileiro.

Assim, para reduzir o número de agrupamentos, foi realizado um novo procedimento, que consiste em agrupar 18 clusters em 6 grupos, mediante uma avaliação qualitativa de características que levaria à implantação de modelos de negócio semelhantes, ou seja, por similaridade. O reagrupamento considerou, principalmente, as características de escala e de gestão fiscal. Os resultados dessa análise são apresentados na tabela a seguir.⁸⁴

Tabela 40 Reagrupamento dos clusters de acordo com as características marcantes

Grupo	Nº de Municípios	Clusters incorporados	Tamanho do município ⁸⁶ (número de pontos de luz)	Gestão fiscal (média IFGF; DCL/RCL)
A	47	4, 10, 12, 14 Grupo B acima a 50.000	Muito Grande >50.000	Relativamente boa gestão IFGF média >0.6 DCL/RCL média > 0
B	88	6, 8, 11, 18	Grande 20.000 a 50.000	Gestão relativamente boa IFGF média >0.6 DCL/RCL média > 0
C	329	1, 17 Grupo B abaixo de 20.000	Médio <20.000	Gestão relativamente boa IFGF média = 0.6 DCL/RC média L < 0
D	887	2	Pequeno Média < 5.000	Gestão relativamente boa IFGF média >0.6 Média DCL/RCL < 0
E	3.406	3, 5, 7, 9, 15	Muito Pequeno Média < 2.000	Gestão moderada IFGF média >0.4 DCL/RCL média < 0
F	813	13, 16	Muito Pequeno Média < 2.000	Gestão limitada IFGF média <0.3 DCL/RCL média > 50

Fonte: Elaborado pelo Grupo Banco Mundial e Pezco.

■ A1.6 Relevância dos agrupamentos

A relevância dos grupos que foram formados a partir do reagrupamento dos clusters é apresentada na tabela a seguir, em números absolutos de número de municípios, população residente nesses municípios, pontos de luz e investimento de capital necessário para conversão do parque (CAPEX, de *capital expenditure* ou *dispêndio de capital*).

⁸⁴ Os limiares de 20.000 e 50.000 pontos de luz foram identificados a partir de consulta a agentes do mercado.

Tabela 41 Relevância dos grupos de municípios, números absolutos

Grupos	Nº de Municípios	População	Pontos de Luz (estimativa)	CAPEX (BRL, estimativa)
A	47	59.878.706	5.052.440	6.547.962.240,00
B	88	23.763.643	2.771.156	3.591.418.176,00
C	329	14.706.648	2.073.597	2.687.381.712,00
D	887	23.033.096	2.161.580	2.801.407.680,00
E	3.406	64.445.770	5.085.685	6.591.047.760,00
F	813	18.613.109	1.246.586	1.615.575.456,00
BRASIL	5.570	204.440.972	18.391.044	23.834.793.024,00

Fonte: elaboração e estimativas do Grupo Banco Mundial e Pezco

A tabela a seguir apresenta a importância relativa dos agrupamentos no contexto brasileiro, em termos percentuais sobre os agregados nacionais.

Tabela 42 Relevância dos grupos de municípios, %

Grupos	Nº de Municípios	População	Pontos de Luz (estimativa)	CAPEX (BRL, estimativa)
A	0,84%	29,29%	27,47%	27,47%
B	1,58%	11,62%	15,07%	15,07%
C	5,91%	7,19%	11,28%	11,28%
D	15,92%	11,27%	11,75%	11,75%
E	61,15%	31,52%	27,65%	27,65%
F	14,60%	9,10%	6,78%	6,78%
BRASIL	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Fonte: elaboração e estimativas do Grupo Banco Mundial e Pezco

ANEXO 2 Padrões e Especificações Internacionais para Luminárias de Alto Desempenho

O Global Lighting Challenge (GCL) é uma iniciativa do *Clean Energy Ministerial* e tem como objetivo a instalação de 10 bilhões de lâmpadas de alta eficiência, como LEDs, e ao mesmo tempo acessíveis à grande parte da população. Um dos princípios básicos da iniciativa é a utilização de produtos com altos padrões de eficiência, desempenho e durabilidade.

A iniciativa SEAD (Super-efficient Equipment and Appliance Deployment),⁸⁵ um parceiro do GCL, estabeleceu normas de qualidades para lâmpadas industriais e de iluminação pública que representam padrões típicos para o grupo dos 2–3% melhores produtos disponíveis no mercado. Estes produtos fazem jus ao chamado “Global Efficiency Medal”.

A título de exemplo, seguem alguns padrões para luminárias externas de alta qualidade, as mesmas usadas em iluminação pública.

Características	Padrão Recomendado para Luminárias Externas
1. Eficiência mínima da luminária (a nível do solo)	• 120 lúmens por Watt
2. Índice de Reprodução de Cores (CRI)	• 70
3. Fator de Potência	• 0.90
4. Distorção Harmônica Total	< 20%
5. Temperatura de operação	De -30°C a + 50°C
6. Falhas prematuras	< 5% de falhas para as primeiras 6.000 horas
7. Vida útil esperada	50.000 horas
8. Presença de elementos tóxicos	Atende aos requisitos do RoHS (Restriction of Hazardous Substances). Diretiva 2002/95/EC da União Européia.

FONTE: *Global Lighting Challenge (GCL)*, 2016; <http://www.globallightingchallenge.org/>

⁸⁵ <http://www.superefficient.org/Products/Street-Lighting>

