

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIA**

FLÁVIA MENDES DE ALMEIDA COLLAÇO

**SINERGIAS ENTRE O PLANEJAMENTO ENERGÉTICO E O PLANEJAMENTO
URBANO: ESTUDO DE CASO DO SISTEMA DE ENERGIA URBANO DA
MEGACIDADE DE SÃO PAULO.**

**SÃO PAULO
2019**

FLÁVIA MENDES DE ALMEIDA COLLAÇO

**SINERGIAS ENTRE O PLANEJAMENTO ENERGÉTICO E O
PLANEJAMENTO URBANO: ESTUDO DE CASO DO SISTEMA DE ENERGIA
URBANO DA MEGACIDADE DE SÃO PAULO.**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Energia do Instituto de Energia e Ambiente da
Universidade de São Paulo para obtenção do título de
Doutora em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Célio Bermann

Versão Corrigida

SÃO PAULO

2019

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

FICHA CATALOGRÁFICA

Collaço, Flávia Mendes de Almeida

Sinergias entre o Planejamento Energético e o Planejamento Urbano: estudo de caso do Sistema de Energia Urbano da Megacidade de São Paulo. / Flávia Mendes de Almeida Collaço; orientador: Célio Bermann – São Paulo, 2019.

233f:il.: 30 cm

Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Energia – Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo.

1. Simulação. 2. Epistemologia. 3. Energia e Cidades. 4. Descentralização do Planejamento. 5. Modelo LEAP. 6. Modelagem de Sistemas de Energia. I. Título.

Elaborado por Maria Penha da Silva Oliveira CRB-8/6961

Nome: COLLAÇO, Flávia Mendes de Almeida

Título: **Sinergias entre o Planejamento Energético e o Planejamento Urbano: estudo de caso do Sistema de Energia Urbano da Megacidade de São Paulo.**

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Energia do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutora em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Célio Bermann

Aprovada em: 05 de junho de 2019

Banca Examinadora

Prof. Dr. Célio Bermann

Instituição: IEE/USP

Presidente:

Prof^a. Dr^a. Gabriela Marques Di Giulio

Instituição: FSP/USP

Julgamento:

Dr^a. Lira Luz Benites Lázaro

Instituição: FSB/USP

Julgamento:

Dr. Pedro Henrique Campello Torres

Instituição: IEE/USP

Julgamento:

Prof^a. Dr^a. Sofia G. Simões

Instituição: CENSE/NOVA de Lisboa

Julgamento:

Prof^a. Dr^a. Sonia Seger Mercedes

Instituição: DENU/UFMG

Julgamento:

“Mil nações moldaram minha cara. Minha voz, uso pra dizer o que se cala
O meu país é meu lugar de fala. Nosso país. Nosso lugar de fala” (Douglas Germano)

A todas as mulheres cientistas, pesquisadoras, professoras, trabalhadoras e mães.
À Marielle Francisco da Silva e a todos os ambientalistas e ativistas que foram executados no
Brasil.

À minha querida São Paulo, que tanto me deu e que tanto me tira.

Alto Saxophone

SP 18h

♩ = 108

gliss.

6 3 8 10

22

25

29

34

36

38

41

44

V.S.

2

Alto Saxophone

48 **FIM**

open solos

2

Tacet 1X

54 3

61 3

68 2 **D.S. ao FIM**

The musical score is written on a single staff in treble clef with a key signature of two sharps (F# and C#). It consists of four lines of music. The first line starts at measure 48 with a fermata over the first measure, labeled 'FIM'. This is followed by a double bar line and the instruction 'open solos'. The second line begins at measure 54 with a fermata over the first measure, labeled '3'. The third line begins at measure 61 with a fermata over the first measure, labeled '3'. The fourth line begins at measure 68 with a fermata over the first measure, labeled '2', and ends with a double bar line and the instruction 'D.S. ao FIM'. There are various rhythmic markings, including eighth and sixteenth notes, and rests throughout the piece.

AGRADECIMENTOS

Agradeço àqueles que de várias formas contribuíram para a realização da presente pesquisa. Quero aqui expressar minha gratidão a algumas dessas pessoas.

Ao meu querido orientador Célio Bermann, cuja parceria já dura seis anos. Obrigada por me aconselhar e acreditar no meu potencial, por me ajudar e sempre encontrar formas de me ensinar, além de demonstrar apoio e suporte.

À CAPES, pelo auxílio financeiro concedido durante todo o desenvolvimento desta tese e, principalmente, pela concessão da bolsa PDSE durante um ano, possibilitando o intercâmbio de estudos. Espero que todas e todos tenham essa oportunidade, já que considero essa política pública essencial para a formação de bons pesquisadores. Da mesma forma, agradeço ao programa *ERASMUS MUNDUS PLUS* e também a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), nº processo 2015/03804-9.

À Professora Sonia Seger, por tudo que representa e desperta, por acreditar na pesquisa, por se esforçar pela educação. Também não posso deixar de agradecer imensamente à Professora Júlia Seixas, por me aceitar em seu grupo de pesquisa, e à Professora Sofia Simões, pela dedicação, respeito, auxílio, parceria, disposição e atenção dedicados a mim e à minha pesquisa; sua atuação teve importância determinante na lapidação deste trabalho.

Aos companheiros de Academia Teresa Brás, Luís Dias e Juliana Barbosa; a sua acolhida, trocas, suporte, atenção e respeito me foram essenciais. Ao meu crítico e revisor número um Henrique Kefalás, por sempre esperar de mim o melhor e me cobrar por isso. À Thaís Martins pela caminhada juntas.

À minha mãe e ao meu pai, pelo incentivo, exemplo, conforto, amor e carinho.

Ao PPGE e ao IEE, pela oportunidade de realização do curso de doutorado e pela infraestrutura oferecida. À secretaria e às funcionárias da Biblioteca Prof. Fonseca Telles, pela paciência e pelo auxílio em todos os momentos em que foram solicitadas.

RESUMO

COLLAÇO, Flávia Mendes de Almeida. **Sinergias entre o Planejamento Energético e o Planejamento Urbano: estudo de caso do Sistema de Energia Urbano da Megacidade de São Paulo**. 2019. 233f. Doutorado (Doutorado em Ciência da Energia) – Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo, 2019.

O Planejamento Energético Urbano é a integração entre o Planejamento Energético e o Planejamento Urbano, é um processo e, ao mesmo tempo, uma estratégia importante para abordar muitos problemas e oportunidades fundamentais relacionados à Urbanização, Planejamento Energético, Sustentabilidade e Mudanças Climáticas. A primeira menção ao Planejamento Energético Urbano é de 1978 e o primeiro trabalho publicado que cita o Sistema de Energia Urbano data de 1991. Ainda assim, há pouca literatura que busca avançar na construção teórica da definição e da harmonização dos conceitos de Planejamento Energético Urbano e de Sistemas de Energia Urbanos. Pesquisadores da área argumentam que o desenvolvimento de tais conceitos pode levar à redução da demanda de energia, das emissões de poluentes e de gases de efeito estufa, bem como pode conduzir a mudanças mais profundas, tais como a busca pela diminuição das injustiças sociais e ambientais, a melhoria da qualidade de vida da população urbana e a transição do sistema de energia urbano vigente para outro de baixo carbono e/ou sustentável. A presente pesquisa tem como objetivos principais investigar o conceito do Planejamento Energético Urbano e demonstrar a inter-relação/interdependência das Políticas do Planejamento de Energia e Planejamento Urbano, a fim de determinar seus possíveis impactos. Para tanto, foi adotada a abordagem de pesquisa quali-quantitativa, exploratória, cujos dados são desagregados, *bottom-up* e multicriteriais. Um total de 29 estratégias e soluções de Planejamento Urbano e de Planejamento Energético foram selecionadas e simuladas, usando o modelo LEAP_SP, para visualizar o futuro sistema energético e urbano de São Paulo (2014-2030) e para quantificar as possíveis sinergias da implementação do Planejamento Energético Urbano. Essas estratégias foram simuladas em quatro cenários: C_REF (taxas históricas), Estratégias de Políticas Energéticas (C_PE), Estratégias de Políticas Urbanas (C_PU) e Estratégias de Políticas Energética e Urbana (C_PEU). Com o exercício de modelagem realizado, foi verificado que a atuação em Planejamento Energético Urbano pode impactar positivamente a diminuição da demanda de energia e emissões de poluentes e de gases de efeito estufa, e no aumento da geração de energia localmente com recursos endógenos e renováveis. Com isso, diminui-se a dependência em relação a recursos energéticos externos às cidades, aumentando a segurança energética e melhorando também a qualidade de vida dos habitantes das áreas urbanas. Como contribuições desta pesquisa, destacam-se o estudo epistemológico sobre os termos Planejamento Energético Urbano e Sistemas de Energia Urbanos, a proposta de harmonização para o conceito de Planejamento Energético Urbano, o desenvolvimento de estrutura científica que possibilita a análise das sinergias de atuação em Planejamento Energético Urbano (Matriz de Soluções Integradas de Estratégias de Planejamento Energético e Planejamento Urbano), que por sua vez foi utilizada no estudo de caso da megacidade de São Paulo, através do desenvolvimento do modelo LEAP_SP (2014-2030).

Palavras-chave: simulação; energia e cidades; modelo LEAP; epistemologia; descentralização do Planejamento, modelagem de sistema de energia.

ABSTRACT

Collaço, Flávia Mendes de Almeida. **Synergies between Energy Planning and Urban Planning: the São Paulo Megacity Urban Energy System case study**. 2019. 233f. PhD (PhD in Energy Science) - Energy and Environment Institute, University of São Paulo, 2019.

The Urban Energy Planning is the integration between Energy Planning and Urban Planning, it is a process, and at the same time, an important strategy to address many fundamental problems and opportunities related to Urbanization, Energy Planning, Sustainability and Climate Change. The first Urban Energy Planning concept mention is from 1978, and the first published work citing Urban Energy System is from 1991. However, there are few literatures that tries to advance on the theoretical construction and harmonization of the Urban Energy Planning and Urban Energy System concepts definition. Researchers from the field argues that the development of such concepts can lead to an energy demand, pollutant and GHG emissions reductions. These concepts implementation could also lead to deeper changes such as the reduction of social and environmental injustices, urban population life quality improvement and the transition from the current urban energy system to a low carbon and/or sustainable one. The main research objective is to investigate the Urban Energy Planning concept, and to demonstrate the interrelationship/interdependence of Energy Planning and Urban Planning Policies in order to determine its possible impacts. To do so, a qualitative and quantitative exploratory research approach was adopted, where data are disaggregated, bottom-up and multicriterial. A total of 29 Urban and Energy Planning strategies and solutions were selected and simulated using the LEAP_SP model to visualize the São Paulo urban energy system (2014-2030) to quantify the possible synergies of the Urban Energy Planning strategies implementation. These strategies were simulated in four scenarios: C_REF (historical rates), Energy Policy Strategies (C_PE), Urban Policy Strategies (C_PU) and Urban and Energy Policy Strategies (C_PEU). Considering the modeling exercise carried out, it was verified that the Urban Energy Planning performance can positively impact the reduction of energy demand and emissions of pollutants and greenhouse gases, as well as on the increase of locally generated energy with endogenous and renewable resources, reducing the city resources dependence, increasing energy security and also improving the urban areas inhabitant's life quality. This thesis novelties involves an epistemological study of the Urban Energy Planning and Urban Energy Systems terms, a proposal of Urban Energy Planning concept harmonization, a scientific structure to analyze the synergies of implementing Energy and Urban Planning strategies (denominated Integrated Solutions Matrix of Energy and Urban Planning Strategies), which was applied to São Paulo megacity case study through the development of the LEAP_SP model (2014-2030).

Keywords: simulation, energy and cities, LEAP model, epistemology, Planning decentralization, energy system modelling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Repartição da oferta interna de energia e de eletricidade em fontes Renováveis e Não Renováveis no Brasil em 2016 e 2017, no mundo (2015) e na OCDE (2015)	11
Figura 2 – Paradigma desta pesquisa.....	20
Figura 3 – Agenda do Urbanismo nos últimos cem anos.....	48
Figura 4 – Protocolo elaborado para o desenvolvimento da RS.....	68
Figura 5 – Dados da RS: publicações que fazem uso dos termos PEU e SEU, entre os anos de 1978 e 2019.....	70
Figura 6 – Periódicos que publicaram entre 1970 até 2019 artigos citando Planejamento Energético Urbano e/ou Sistemas de Energia Urbanos.....	71
Figura 7 – Gráfico com a amostragem dos principais temas relacionados à pesquisa em PEU e SEU, e suas respectivas porcentagens (período analisado 1978-2019)	88
Figura 8 – Análise e sistematização dos resultados da RS.....	91
Figura 9 – Representação dos quatro <i>drivers</i> de uso de energia urbana, seus parâmetros e a relação de sua influência mútua.....	104
Figura 10 – Matriz de Soluções Integradas de Estratégias de Planejamento Energético e Planejamento Urbano para cidades novas e estabelecidas.....	106
Figura 11 – Estrutura de dados e resultados que o modelo LEAP realiza.....	122
Figura 12 – Representação simplificada do modelo LEAP.....	124
Figura 13 – Adaptações metodológicas níveis e dados e informações utilizados no desenvolvimento do modelo.....	126
Figura 14 – Mapa da região metropolitana de São Paulo, com destaque para o município de São Paulo, que corresponde à área do estudo de caso.....	127
Figura 15 – Visão geral do modelo construído no LEAP para a cidade de São Paulo.....	132
Figura 16 – Fluxograma da legislação vigente e dos atores de influência no estabelecimento da Política e do planejamento urbano, análise específica para a cidade de São Paulo.....	137
Figura 17 – Fluxograma com a legislação vigente e os atores de influência no estabelecimento da Política e Planejamento Energético, análise específica para a cidade de São Paulo.....	140
Figura 18 – Mapa da cidade de São Paulo com a faixa de influência das áreas verdes (de menos de 200 metros até um máximo de 800 metros de distância) das áreas demarcadas como residenciais e de C&S.....	151
Figura 19 – Consumo final de energia da megacidade de São Paulo, em PJ, no período de 2014 e 2030.....	156
Figura 20 – Produção local de eletricidade de São Paulo em C_REF (2014-2030)	159
Figura 21 – Evolução do consumo final de energia, por setor e por cenário (2014-2030)	161
Figura 22 – Fontes de energia demandadas na cidade por cenário (2030)	163
Figura 23 –Evolução da geração de eletricidade na megacidade de São Paulo de acordo com cada cenário (no ano-base e no ano final).....	165
Figura 24 – Impacto das estratégias na economia de eletricidade e de emissão de GEE (k tCO ₂ e.) – Demanda.....	168
Figura 25 – Impacto das estratégias na poupança de energia e nas emissões evitadas de GEE – Demanda com outros recursos energéticos.....	169
Figura 26 – Implementação de estratégias à oferta e emissões de GEE evitadas.....	171

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Mapa da pesquisa.....	24
Quadro 2 – Modelos de Planejamento.....	37
Quadro 3 – O paradigma das modelagens para Planejamento Energético.....	58
Quadro 4 – Resumo dos conceitos de Planejamento Energético Urbano e Sistema de Energia Urbana.....	78
Quadro 5 – Enredos, argumentos e problemas associados ao PEU e ao SEU, encontrados durante a RS.....	82
Quadro 6 – Os 28 temas-chave da área de Pesquisa de Planejamento Energético Urbano e Sistema de Energia Urbano.....	87
Quadro 7 – Implementação da Matriz de soluções integradas de estratégias de planejamento energético e planejamento urbano para modelagem de PEU.....	108
Quadro 8 – Principais pressupostos do modelo e fontes de dados.....	129
Quadro 9 – Estrutura da demanda do sistema de energia do LEAP_SP.....	134
Quadro 10 – Estratégias de políticas de PE e PU consideradas nos cenários modelados.....	146
Quadro 11 – Resumo das abordagens e pressupostos utilizados para estimar o potencial de geração de eletricidade da cidade com recursos endógenos e renováveis.....	153
Quadro 12 – Resumo dos termos semelhantes aos termos PEU e SEU.....	211
Quadro 1 – Consumo final de energia por recursos energéticos, setor e cenário em PJ e %.....	214

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Capacidade instalada de geração de eletricidade da cidade de São Paulo de acordo com a idade das usinas em 2014.....	143
Tabela 2 – Evolução da proximidade entre residências e de C&S e as áreas verdes na cidade de São Paulo segundo metas do Plano Diretor da cidade.....	150
Tabela 3 – Resultados do cenário C_REF: consumo fóssil e RES na cidade de São Paulo (2014-2030).....	158
Tabela 4 – Expectativas de crescimento das emissões de GEE da cidade segundo o cenário C_REF, em milhões de toneladas métricas CO ₂ e.....	160
Tabela 5 – Consumo de energia final nos diferentes cenários comparados ao C_REF.....	162
Tabela 6 – Consumo de energia fóssil <i>versus</i> RES por cenário e setor (2030)	164
Tabela 7 – Emissões de GEE por cenário em milhões de toneladas métricas de CO ₂ e.....	166
Tabela 8 – Evolução da geração de eletricidade endógena por cenário.....	170
Tabela 9 – Comparação dos cenários considerando o consumo final de energia, a produção final de energia, a participação de combustíveis fósseis, a participação de RES e o desempenho em emissões totais de GEE.....	173

SIGLAS

AIM	<i>Asian-Pacific Integrated Model</i>
ANTP	Associação Nacional de Transportes Públicos
BESOM	<i>Brookhaven Energy System Optimisation</i>
BIG	Banco de Informações de Geração
C_PE	Cenário de estratégias de Planejamento Energético
C_PEU	Cenário de integração de Planejamento Energético Urbano
C_PU	Cenário de estratégias de Planejamento Urbano
C_REF	Cenário de Referência
CA	<i>Current Accounts</i>
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CE	Conservação de energia
CENSE	Centro de Investigação em Ambiente e Sustentabilidade
CEPE	Conselho Estadual de Política Energética
CF	Constituição Federal
CGH	Central Geradora Hidráulica
CIEE	Centro de Integração Empresa-Escola
CONPET	Programa Nacional da Racionalização do uso dos derivados de Petróleo e do Gás Natural
DG	Geração Distribuída
EACH	Escola de Artes Ciência e Humanidades
EE	Eficiência Energética
ENPEP	<i>Energy and Power Evaluation Program</i>
EUA	Estados Unidos da América
GEE	Gases de efeito estufa
GN	Gás natural
GPP	Gestão de Políticas Públicas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IEE	Instituto de Energia e Ambiente
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
LEAP	<i>Long-range Energy Alternatives Planning System</i>
LEAP_SP	<i>Long-range Energy Alternatives Planning System</i> para a cidade de São Paulo
MARKAL	<i>Market Allocation Model</i>
MEDEE	<i>Modèle d'Evolution de la Demande d'Energie</i>
MERGE	<i>Model for Evaluating Regional and Global Effects of GHG Reductions Policies</i>
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PD	Plano Diretor
PDSE	Programa de Doutorado Sanduíche no exterior
PE	Planejamento Energético
PEC	Planejamento Energético Centralizado
PEMC	Política Estadual de Mudanças Climáticas
PEU	Planejamento Energético Urbano
PIB	Produto Interno Bruto
PNMU	Política Nacional de Mobilidade Urbana

POLES	<i>Prospective Outlook on Long-term Energy Systems</i>
PPGE	Pós-graduação em Energia
PRIMES	<i>Partial equilibrium model</i>
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PU	Planejamento Urbano
RES	Fontes Renováveis
RESGEN	<i>Regional Energy Scenario Generator</i>
RS	Revisão Sistemática
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SEI	<i>Stockholm Environment Institute</i>
SEU	Sistema Energético Urbano ou Sistemas de Energia Urbanos
SIEC	Sistemas Integrados de Energia Comunitária
SIEU	Sistema Integrado de Energia Urbano
STET	<i>Socio-Technical Energy Transition</i>
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
tep	toneladas equivalentes de petróleo
USP	Universidade de São Paulo
VEA	Valor Adicionado Bruto

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO- TRAJETÓRIA ACADÊMICA	1
INTRODUÇÃO	9
1. Contextualização da pesquisa.....	9
2. Problematização.....	13
3. Hipóteses da pesquisa.....	16
4. Objetivos.....	19
METODOLOGIA.....	20
PARTE I- REVISÃO DA LITERATURA	29
1. Teorias do Planejamento	29
2. Teorias do Planejamento Urbano	41
2.1 Correntes do Urbanismo e Planejamento Urbano	41
3. Teorias do Planejamento Energético	53
PARTE II - REVISÃO SISTEMÁTICA.....	64
1. Teorias do Planejamento Energético Urbano	64
2. Materiais e métodos da Revisão Sistemática sobre Planejamento Energético Urbano e Sistemas de Energia Urbanos	66
3. Resultados da Revisão Sistemática	69
3.1 Definição dos conceitos de Planejamento Energético Urbano e Sistemas de Energia Urbanos	72
3.2 Os problemas e as respostas científicas do Planejamento Energético Urbano e dos Sistemas de Energia Urbanos	81
PARTE III- PROPOSTA DE HARMONIZAÇÃO CONCEITUAL DO PLANEJAMENTO ENERGÉTICO URBANO	95
1. Proposta científica de Planejamento Energético Urbano	97
2. Matriz de soluções integradas de estratégias do Planejamento Energético e do Planejamento Urbano	101
2.1 <i>Drivers</i> de uso da energia urbana.....	101
PARTE IV- APLICAÇÃO DA PROPOSTA E MODELAGEM DA MATRIZ DE SOLUÇÕES INTEGRADAS NA MEGACIDADE DE SÃO PAULO.....	120
1. Materiais e métodos para modelagem do Sistema Energético Urbano da megacidade de São Paulo	120

1.1 O modelo LEAP.....	121
1.2 O modelo LEAP para a cidade de São Paulo: LEAP_SP	125
2. Caracterização da megacidade de São Paulo	135
3. <i>Design</i> de cenários modelados no LEAP_SP	144
3.1 Pressupostos detalhados para modelar a matriz de soluções integradas no LEAP_SP	148
RESULTADOS E DISCUSSÃO	155
1. Consumo final de energia na megacidade: C_REF	155
2. Geração de eletricidade na megacidade: C_REF	158
3. Emissões de gases de efeito estufa da megacidade: C_REF.....	160
4. Análise dos cenários de Planejamento Energético (C_PE), Planejamento Urbano (C_PU) e Planejamento Energético Urbano (C_PEU).....	160
5. Papel das medidas individuais nos indicadores gerais da cidade: quantificação das sinergias e impacto das medidas do Planejamento Energético Urbano	167
6. Resumo dos principais resultados do modelo	172
CONCLUSÕES	175
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	180
ANEXOS.....	210
Anexo I– Revisão conceitos análogos a Planejamento Energético Urbano e Sistemas de Energia Urbanos	210
Anexo II – Consumo Final de energia por recurso energético, setor e cenário	214

APRESENTAÇÃO- TRAJETÓRIA ACADÊMICA

Em abril de 2019, entreguei minha tese de doutoramento. Essa frase apresenta a estrutura de superfície, segundo o metamodelo de linguagem (O'CONNOR; SEYMOUR, 1995) de um momento passado. Ao realizar a transderivação da frase apresentada, buscarei expor a estrutura profunda da mesma frase, que diz respeito ao processo de doutoramento, que começa em 2008, com a minha entrada no Ensino Superior público na zona leste da cidade de São Paulo, no curso de Gestão de Políticas Públicas (GPP), da Escola de Artes Ciência e Humanidades (EACH) da Universidade de São Paulo (USP).

A zona leste de São Paulo é a mais populosa da megacidade, concentrando 25% dos paulistanos (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE, 2010). A EACH está localizada no extremo dessa região, próxima ao aeroporto de Guarulhos, no distrito de Ermelino Matarazzo. Na época (2008), eu morava em Cotia (região metropolitana de São Paulo, próximo à zona oeste da cidade) e, diante do grande desafio de mobilidade urbana para ir de uma zona à outra — fato que implicaria a adoção de pelo menos três modais de deslocamento diferentes, incluindo mais de duas horas de viagem, o que representaria, no mínimo, quatro horas diárias de deslocamento em ônibus e trens superlotados —, optei por me mudar para os arredores da estação de trem Engenheiro Goulart, próxima à Universidade. Foi a partir desse momento que estive, pela primeira vez, em contato com os serviços públicos de transporte e de educação.

Alguns aprendizados emergiram dessa exposição: o primeiro diz respeito ao *modus operandi* típico da região onde passei a residir, bem como da minha necessidade diária de deslocamento àquela época. Rapidamente entendi o que significava, concretamente, o horário de pico dos transportes (sobretudo em relação ao trem), as opções de locomoção e de serviços alternativos, além dos horários mais seguros para me locomover. Comecei a perceber como a infraestrutura da cidade influencia os nossos padrões de comportamento e de mobilidade, assim como a sentir o impacto cultural do machismo e do sexismo que permeia e se utiliza da escuridão, do esvaziamento dos espaços públicos e das ruas, do transporte superlotado e do silêncio das abusadas e dos coniventes. Adequeei-me, assim, a essa nova realidade em busca da diminuição da minha exposição a situações de risco, porém, sem realizar qualquer análise crítica sobre a situação.

A zona leste da cidade nunca foi foco de atuação prioritária das autoridades governamentais. Assim, no contexto de degradação dessa região, surge a EACH, como

demanda popular por investimento público e acesso à educação de nível superior. A instituição teve como proposta a promoção da interação entre as comunidades da região e a Universidade, buscando a formação baseada principalmente nos programas de extensão¹. Além disso, foi proposta também a formação multidisciplinar dos alunos. No primeiro ano de graduação, todos os cursos oferecidos pela EACH passam pelo Ciclo Básico, que pode ser definido como um eixo formativo comum, com disciplinas introdutórias de caráter humanista, contemplando diferentes áreas do conhecimento que buscam contribuir para a formação cidadã, focada no trabalho em equipe e na resolução de problemas contemporâneos.

Nesse sentido, o curso de GPP possui caráter interdisciplinar, sendo composto por cinco grandes áreas que pautam a formação dos discentes: Economia, Direito, Administração, Política e Sociologia. No que se refere ao ensino, considero que tive uma formação multidisciplinar bastante atenta ao contexto sociopolítico do país, o que tendeu a pesar os efeitos da ação e da inação política, a análise da agenda governamental, a definição de problemas e a formulação de políticas públicas.

Durante a minha graduação, tive a oportunidade de estagiar na subprefeitura de São Miguel Paulista por cerca de 2 anos, onde pude entender a complexidade rotineira da burocracia do serviço público, da inércia da cultura institucional, o tamanho e a diversidade das demandas da população, que versavam desde a solicitação de documentos, até a necessidade de assistência social para habitações em áreas de risco e ou de ocupação indevida.

Meu papel na subprefeitura esteve relacionado ao programa de Qualidade no trabalho e, percebendo o engessamento institucional estabelecido associado ao grande poder, enquanto consumidor e demandante de produtos e serviço, que a subprefeitura tinha, desenvolvi, no ano de 2010, e em conjunto com duas companheiras de trabalho e estudos, um projeto intitulado “Compra consciente, Prefeitura Eficiente”, que foi premiado no concurso de melhores práticas de estágio do Centro de Integração Empresa-Escola (CIEE)².

Nesse trabalho, buscamos apontar, dentro da lei de compras 8.666, lacunas para a atuação e para o engajamento da subprefeitura na promoção do desenvolvimento local através da compra de mercadorias que fossem produzidas localmente; além disso, foi pensado também o aspecto da sustentabilidade dessas ações, com foco na diminuição dos resíduos gerados e na substituição de alguns materiais por outros menos impactantes do ponto de vista ecológico —

¹ A experiência universitária pode ser resumida segundo três pilares: ensino, pesquisa e extensão.

² Disponível em: <<https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/gestao/noticias/?p=23749>>. Acesso em 24 de abril 2019.

por exemplo, a substituição do papel sulfite branco pelo reciclado e do copo descartável pelo reutilizável ou de papel. Existia, nos papéis que eu assumia e nas soluções que propunha nessa época, uma preocupação em promover uma atuação governamental coerente e de qualidade, como espécie de *benchmark* para os demais setores econômicos.

No último ano de graduação, encerrei minha participação na subprefeitura de São Miguel Paulista e passei a estagiar na própria EACH, redesenhando processos e procedimentos para a Diretoria da unidade, sob a orientação do Professor José Carlos Vaz. Nessa oportunidade, pude trabalhar no desenvolvimento de soluções para problemas com que já havia travado contato como estudante de graduação, quando era habitual enfrentar filas extensas para solicitar o serviço de secretaria dos alunos. Fiz parte da equipe que desenvolveu o sistema Calisto³ para solicitação de documentos e requerimentos de serviços para os alunos da unidade, buscando a diminuição das filas, a informatização e organização dos pedidos e a verificação do *status* da ocorrência.

Ainda em 2011, pude participar do projeto RONDON, na Operação Peixe-Boi, realizado na cidade de Silves (Amazonas), entre 8 e 24 de julho. Dessa atividade, que configura minha maior experiência em programas de extensão dentro da Universidade, destaco a insurgência do sentimento de responsabilidade e compromisso. Isso porque esse período foi caracterizado pela atuação oposta à que sempre exerci, passei de aluna para professora. Assim, tentei compartilhar os conhecimentos de gestão de projetos adquiridos ao longo do curso para um grupo de moradores que estava interessado em formar uma cooperativa para desenvolver o turismo de base comunitária. Outra lição importante foi a percepção de poder advinda do lugar de fala de uma equipe de alunos e professores proveniente da USP. Nesse contexto, dois momentos foram emblemáticos. A primeira situação inesperada se deu quando o Prefeito da cidade, ao saber quem eram os novos visitantes de Silves, decidiu alterar nossa hospedagem do modesto hotel onde nos hospedaríamos, localizado na região central da cidade, para o único *resort* da cidade (não por acaso, de sua propriedade), que se situava na área rural e, por isso, tinha acesso a fragmentos da floresta amazônica, o que envolvia, como se pode imaginar, travar contato com os encantos e privilégios da fauna e flora locais. A outra situação emblemática foi a identificação de nosso grupo como agentes do Estado, com capacidade de prover algum serviço para aquela população, quando, na verdade, não tínhamos qualquer poder de mudar estruturalmente a realidade daquela comunidade. Durante o desenvolvimento do projeto,

³ Disponível em: <<http://www.each.usp.br/formularios/>>. Acesso em: 24 abril 2019.

tivemos que lidar com a frustração de não dispormos dos meios para responder aos reais anseios da população, que estava interessada na melhora de sua saúde pública e de sua renda.

Foi a partir dessa experiência que ampliei minha visão e consegui enxergar os muitos Brasis dentro de nosso país, com contextos regionais diversos e necessidades igualmente específicas. Pude, dessa forma, presenciar a implementação de Políticas Públicas no contexto daquela região, dentre as quais posso destacar a dificuldade de locomoção nas comunidades isoladas, a criação e disseminação de escolas multisseriadas e com ensino à distância. Pude também acompanhar — e sentir na pele — o impacto da transição de uma política que determinou o fim da merenda escolar, feita por merendeiras, para, em seu lugar, impor a compra de marmitas produzidas por empresas terceirizadas. Todos os dias comíamos macarrão branco, arroz, feijão e frango, sendo que a culinária local estava baseada em hortaliças e peixes. Assim, percebi durante o projeto RONDON, enquanto Gestora de Políticas Públicas, a importância do desenvolvimento de políticas contextualizadas, compartilhadas e pensadas a partir de seu público-alvo.

A soma dessas experiências fez com que iniciasse a minha compreensão sobre a finalidade da universidade pública e da sua função social. Ainda em 2011, participei do grupo extracurricular de estudos, cujo enfoque era o tema da territorialidade, conduzido pela Professora Neli Aparecida de Mello-Théry, minha orientadora do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Em 2012, defendi meu TCC sob o título “Políticas Públicas e Planejamento: entendendo o problema das enchentes na cidade de Atibaia nos anos de 2009, 2010 e 2011”. Foi através dessa pesquisa que iniciei meus estudos na área de Planejamento Urbano, considerando as consequências e os atores interessados e afetados por essa prática ou pelo seu mal desenvolvimento. Percebi, por fim, que um problema pode ser, ao mesmo tempo, “causa e consequência”; que a atuação para a resolução de tais problemas é setorial e dispersa e que, para qualquer problema social, não existe fórmula ou resolução simplificada. Foi com a pesquisa desenvolvida no TCC que comecei uma busca pessoal e profissional pela antecipação de problemas e pela busca de soluções e proposição de alternativas à situação vigente. Desde a graduação, tento encontrar na área do Planejamento respostas para a fragilidade da condição humana e para o comprometimento governamental e social com os problemas socioambientais.

Na sequência, ainda antes de me graduar, já estava empregada como Analista Júnior em uma consultoria de Responsabilidade Social Corporativa. Exerci o cargo durante um ano, oportunidade em que desenvolvi o Relatório de Sustentabilidade de um grande grupo de venda de cosméticos e iniciei o processo de relato para uma empresa de logística portuária. Essa

experiência na iniciativa privada demonstrou a fragilidade dos processos de transparência e de *accountability* das empresas, além de impor uma lógica de atuação restrita e acrítica que me instigou a retornar à Academia e a buscar o ingresso no mestrado.

Nesse período de transição, difundiram-se discussões e polêmicas em torno da construção da usina hidrelétrica de Belo Monte e da exploração de jazidas de petróleo na bacia de Santos. Estimulada por tais temas, procurei um programa de mestrado em Energia que aceitasse uma gestora de políticas públicas como aluna a fim de estudar a Política Energética. Deparei-me, então, com o Programa de Pós-graduação em Energia (PPGE) do Instituto de Energia e Ambiente (IEE) da USP. Num primeiro momento, fiz a prova e fui reprovada. No ano seguinte (2012), inscrevi-me como aluna especial para duas disciplinas: “Energia, Desenvolvimento e Meio Ambiente”, ministrada pelo Professor José Goldemberg, e “Análise Política da Questão Energética e Ambiental”, ministrada pelo Professor Célio Bermann. Essas disciplinas foram determinantes para o meu sucesso na segunda tentativa no processo de seleção do mestrado, momento que pude conhecer meu atual orientador, o Professor Célio, e também tive a oportunidade de ter aula com o consagrado Professor Goldemberg. Consegui, finalmente, ser aceita como aluna do mestrado em 2013⁴.

Durante o mestrado, tive um papel muito ativo como representante discente, fazendo-se clara a importância do engajamento dos estudantes na construção e na manutenção dos programas de pós-graduação e na defesa dos interesses dos alunos. Tornou-se evidente o processo conflituoso de representação, em que tive pouco sucesso ao desempenhar o papel de mobilização dos estudantes em prol de um bem comum.

Em 2015, defendi o mestrado com a dissertação “Planejamento e Política Pública: uma análise sobre a gestão energética descentralizada a nível municipal no Brasil”, já tendo sido aprovada para o doutorado. A experiência do mestrado aguçou minha curiosidade em relação a outras áreas de pesquisa, como a metodologia e a epistemologia, principalmente depois de ter sido convidada para participar do grupo de estudos denominado “Café com pesquisa”, através do convite da Professora Sonia Seger.

Meu projeto de pesquisa de doutorado tinha a intenção de avançar em termos quantitativos a discussão iniciada no mestrado. Nunca perdi, até o momento, o primeiro ímpeto que me trouxe de volta ao mundo acadêmico: estou à procura de soluções alternativas ao que é imposto pela Política Nacional de Energia. Por isso, continuei estudando as possibilidades de

⁴ Sou, até o momento, a única egressa do curso de GPP com formação em Política e Planejamento de Energia.

aplicação, no Brasil, do que chamei, primeiramente, de Gestão Energética Descentralizada e, agora, chamo de Planejamento Energético Urbano, como ferramenta de diminuição da pressão sobre populações tradicionais e sobre o meio ambiente.

Diferentemente do que existe no mundo das Políticas Públicas — dentro do qual “gestão” é um termo amplo, composto pelo processo de planejamento, formulação, implementação e monitoramento de Políticas Públicas —, a Gestão de Energia, no Brasil, é reduzida a atividades de gerenciamento do uso e do consumo da energia elétrica em prédios, edifícios e unidades consumidoras de eletricidade; foi justamente diante desse resultado de pesquisa do mestrado que resolvi estudar o conceito Planejamento Energético Urbano.

No doutorado, senti a necessidade de expandir minha formação e conhecimentos para desenvolvimento de pesquisa quantitativa. Com a minha pesquisa de mestrado, percebi que a área de Planejamento de Energia anda lado a lado com a modelagem de sistemas de energia. Enquanto cientista crítica, entendi que era necessário aprender a utilizar as ferramentas que embasam o conhecimento na área para poder criticá-las, aperfeiçoá-las e, finalmente, utilizá-las localmente. Consegui uma bolsa de estudos para fazer um treinamento do uso do modelo LEAP (*Long-range Energy Alternative Planning System*), *software* utilizado para a modelagem de sistema de energia, como veremos adiante. O intercâmbio universitário foi realizado em Bariloche, na Argentina, em 2016. O modelo LEAP que foi utilizado no desenvolvimento da presente tese pode ser considerado uma apropriação da *expertise* do norte Global⁵.

Também a partir do Programa de Pós-Graduação, pude conhecer a Suécia (Gotemburgo) e apresentar o trabalho que desenvolvi no âmbito da disciplina “Sustentabilidade aplicada ao planejamento e Desenvolvimento Urbano”, ministrada pela Professora Karin Regina Marins. O trabalho desenvolvido na disciplina foi aprimorado em formato de artigo e aprovado com direito a bolsa integral e custeamento de locomoção e hospedagem na cidade, o que propiciou a minha presença no evento chamado N-AERUS XVII, que ocorreu entre 16 e 19 de novembro de 2016. Foi a partir desse primeiro artigo que iniciei minha pesquisa sobre o estudo de caso da presente tese: a megacidade de São Paulo.

Depois das experiências de intercâmbio, ficou clara, para mim, a importância da internacionalização dos pesquisadores; por isso, procurei estabelecer como meta a realização do Doutorado Sanduíche pelo programa Ciências sem Fronteiras, depois de cursar as disciplinas obrigatórias e de passar pela Qualificação de Tese. Nesse intervalo de tempo, o Brasil passou

⁵ Faço aqui referência ao Professor Boaventura de Souza Santos, para construção do conhecimento e empoderamento no Sul Global, para o Sul Global.

por uma reviravolta político-econômica e o programa Ciências sem Fronteiras foi cancelado. Não obstante, procurei outras oportunidades de bolsa de estudos e me candidatei em duas delas: uma de concorrência internacional, chamada *ERASMUS MUNDUS PLUS*, que me permitiria realizar até seis meses de intercâmbio na Universidade de Zagreb e outra do Programa de Doutorado Sanduíche no exterior (PDSE) da CAPES. Fui aprovada em ambos os programas e tive a oportunidade de fazer 6 meses de intercâmbio junto ao grupo de pesquisa de Planejamento Energético da Faculdade de Engenharia Mecânica e Naval, no departamento de Energia, Engenharia e Ambiente, sob orientação do Professor Neven Duic e coorientação do pesquisador Tomislav Puksec. A oportunidade de viver durante seis meses na Croácia alterou completamente a minha percepção em relação à liberdade, segurança, autonomia, qualidade de vida, respeito e autoconhecimento. Ninguém nunca me havia contado o outro lado de estudar e viver fora de seu país de origem, dos problemas de comunicação, da solidão, do estranhamento cultural, da dificuldade de desenvolver uma pesquisa de forma inter-regional e da saudade que sentimos.

Passado o momento de adaptação, posso dizer que a vivência em Zagreb alterou a forma de me relacionar com a cidade: passei a me locomover de bicicleta, construindo uma visão mais crítica sobre o modo de vida da população urbana. Da mesma forma, vivi os benefícios de uma cidade menor, com transporte público de qualidade, fácil acesso à conexão entre modais e orientação menos agressiva com relação a pedestres e ciclistas se comparada à cidade de São Paulo. Menos carros e, por consequência, menos trânsito são sinônimos de qualidade de vida, de cidade mais viva, movimentada e mais segura.

Terminado o estágio em Zagreb, embarquei para Portugal em 2017, onde permaneci durante um ano. Acredito que a minha pesquisa tomou forma justamente durante o período de estadia no Centro de Investigação em Ambiente e Sustentabilidade (CENSE), da Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa, sob a orientação das Professoras Júlia Seixas e Sofia Simões. Durante a estadia, tive a oportunidade de trabalhar em projetos da União Europeia que eram desenvolvidos dentro da minha área de pesquisa. Também, fui selecionada para participar da escola de verão para jovens empreendedores do Clima (*Journey 3 e 4* do programa *Climate-Kic*), evento em que o grupo do qual fiz parte ganhou o prêmio *Audience Award* de melhor *Pitch* e ideia de projeto e das *Journeys 3 e 4*⁶. Além disso, foi durante a minha

⁶ Disponível em: <<http://www.uc.pt/ftuc/dct/article?key=a-51a4ae4363>>. Acesso em: 24 abril 2019.

estadia em Portugal que desenvolvi dois artigos publicados, em janeiro de 2019, em periódicos de excelência⁷, com os resultados da minha pesquisa de doutoramento.

Ao longo do período de desenvolvimento da pesquisa no exterior, foi-me fundamental a organização das etapas: na Croácia, tive assistência de Professores especialistas no *software* LEAP para desenvolver o meu modelo da cidade de São Paulo e, em Portugal, tive a assistência e a orientação de professoras cuja *expertise* reside na análise de dados quantitativos e de modelos de sistema de energia, voltada para as questões das mudanças climáticas e de sustentabilidade.

Em Portugal, tive, pela primeira, vez a possibilidade de interação planejada para o desenvolvimento e aperfeiçoamentos dos resultados do meu modelo através de um processo de cocriação dos dois artigos publicados, na *Journal of Cleaner Production* e na *Renewable Energy Journal*. Além disso, pude fazer parte de um grupo de pesquisa na área de estudo de meu interesse, o que era novidade para a minha experiência acadêmica. Desde o TCC, realizo pesquisa sozinha, tendo interação somente com meu orientador, não conhecia, portanto, a dinâmica por trás de um grupo de pesquisa. Essa foi, talvez, se é possível valorar todas as demais experiências que me foram proporcionadas durante minha trajetória acadêmica, a situação na qual fui exposta ao maior grau de aprendizado. Por termos o mesmo *core* enquanto grupo de pesquisa, tudo girava em torno de nossos interesses em comum: todos os dias discutíamos e nos muníamos de novas informações e dados sobre as pesquisas em andamento, gerando um ambiente bastante dinâmico para o desenvolvimento acadêmico.

Entre altos e baixos, considero minha escolha pela carreira acadêmica acertada. Literalmente, foi através da pesquisa que pude conhecer o mundo, me desenvolver, me conhecer e reconhecer. Expandi as minhas fronteiras, os maus momentos vieram, mas também vieram, na mesma intensidade, os bons momentos. Se hoje apresento uma tese de doutoramento para defender, ela é fruto das vivências, aprendizados, livros e artigos lidos e caminhos percorridos.

⁷ Disponíveis em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.013>>; <<https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.01.073>>. Acesso em: 24 abril 2019.

INTRODUÇÃO

1. Contextualização da pesquisa

Cities have the capability of providing something for everybody, only because, and only when, they are created by everybody.
(JACOBS, 1961, p. 238).

As demandas humanas estão nas cidades. Não por acaso, o século XXI é vulgarmente conhecido como o século das cidades: desde 2007, pela primeira vez na história, mais da metade da população mundial vive em áreas urbanas (MADLENER; SUNAK, 2011; MORLET; KEIRSTEAD, 2013; OLDENBERG et al., 2015). A tendência é que, até 2050, dois terços da população mundial viverão em centros urbanos (UN-HABITAT, 2016).

No Brasil, 84% da população se situa nas cidades. O índice de urbanização da região sudeste é de 92% e o do estado de São Paulo, de 95% (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE, 2010). O contingente populacional produz concentração de consumo, sobretudo o de recursos energéticos. No país, os setores residencial, de serviços, industrial e de transporte (considerando os transportes coletivos e individuais, aéreos e terrestres) consumiram, juntos, por volta de 206,9 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (tep) em 2017 (BRASIL; MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2018). Ou seja, 80% do total de energia consumida no Brasil pode ser associado ao consumo energético das áreas urbanas.

Nesse sentido, o Planejamento Energético Urbano, assim como os Sistemas de Energia Urbanos, é tema de crescente interesse de pesquisas científicas recentes. Tal área do conhecimento apresenta-se como um caminho possível para alcançar o desenvolvimento de cidades sustentáveis e/ou de baixo carbono pautadas pela máxima “*think globally, act locally*”⁸. Historicamente, as cidades expressam uma tendência universal. É possível considerar, dessa forma, e em termos amplos, que elas estão destinadas às mesmas funções e, portanto, têm problemáticas comuns: habitação, mobilidade, densidades, recreação, educação, trabalho, entre outros (OLIVEIRA; BOLAFFI, 1970).

Pode-se ainda dizer o mesmo sobre o uso da energia. Apesar de aumentarmos continuamente o consumo de energia de fontes variadas, a sua utilização possui as mesmas

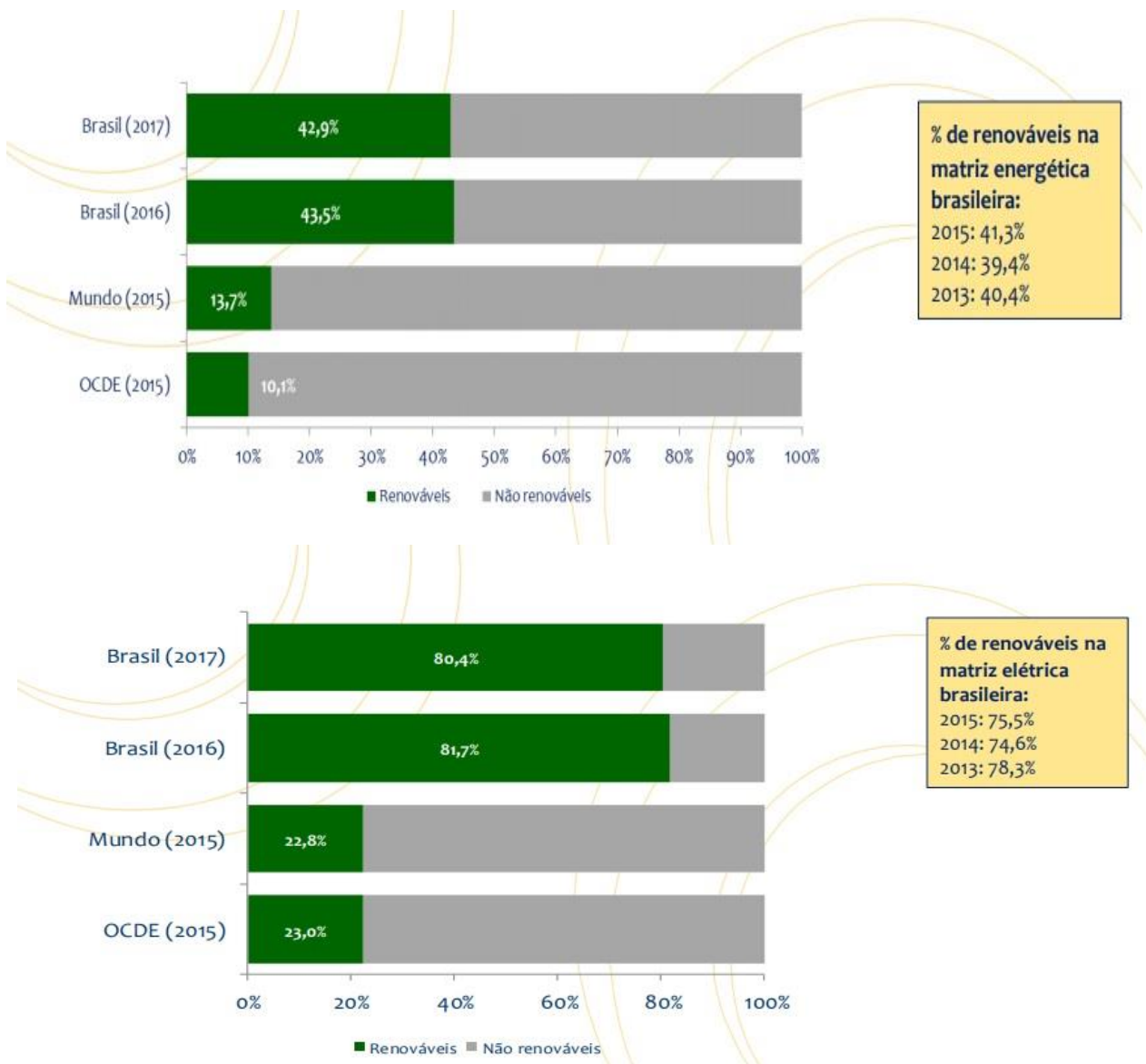
⁸ A autoria dessa frase não é consenso na comunidade científica, ela foi atribuída a David Brower (1969), a Rene Dubos (1977) e a Frank Feather (1979).

finalidades no mundo inteiro: alimentação (em forma de caloria), trabalho (nas indústrias, no comércio, no deslocamento, etc.), conforto térmico ou cocção (aquecendo ou refrigerando ambientes, mantimentos ou experimentos), iluminação e utilização de energia elétrica nos mais variados eletrodomésticos e eletroeletrônicos.

Não obstante, a utilização de energia ocorre de forma desigual, tanto em termos de acesso, quanto em termos de consumo, o que se reflete também nas emissões *per capita* de cada país. Um brasileiro emite, em média, sete vezes menos CO₂ do que um americano; ou três vezes menos do que um europeu ou um chinês (BRASIL; MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2018). Da mesma forma, as fontes de energia e as matrizes energéticas dos países diferenciam-se. A Figura 1 apresenta um gráfico sobre a utilização de fontes renováveis e não renováveis segundo matrizes internacionais (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico- OCDE⁹). O Brasil tem uma das maiores taxas de participação de fontes renováveis em sua matriz.

⁹ Os países considerados no gráfico são, em sua maioria, desenvolvidos, caracterizados pelo elevado Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) e pelo alto Produto Interno Bruto (PIB) *per capita*.

Figura 1- Repartição da oferta interna de energia e de eletricidade em fontes Renováveis e Não Renováveis no Brasil em 2016 e 2017, no mundo (2015) e na OCDE (2015)



Fonte: EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE, 2018.

Diante dessas informações, é possível intuir que, tanto no Planejamento Urbano, quanto no Planejamento Energético, decisões e adaptações metodológicas são necessárias para o desenvolvimento adequado de formulação das políticas que buscam o alcance das metas de desempenho e eficácia de cada país. Nessa esteira, compreender as correntes do pensamento (ou as teorias) dos Planejadores Urbanos e dos Planejadores de Sistemas de Energia se faz necessário, uma vez que os preceitos por trás de cada escola de pensamento irão guiar os

planejadores através de determinadas alternativas, beneficiando alguns objetivos e metas e descartando ou desfavorecendo outros.

A Política Energética brasileira, no tocante à eletricidade, tem como tradição uma orientação centralizadora de viés ofertista (DINIZ; BERMANN, 2012), sendo que, atualmente, a expansão da infraestrutura correspondente ocorre por meio da contratação em leilões de energia (voltadas ao mercado regulado) e as contratações bilaterais (voltadas ao mercado livre). Dito de outra forma, é o mercado quem orienta o crescimento e os tipos de fontes que serão utilizadas para a geração da eletricidade no país sobretudo a partir de 2003 (apesar do estabelecimento do mercado de energia elétrica ter ocorrido em 1999). Tal forma de contratação de novas fontes de energia elétrica tem incorrido no aumento da expansão da oferta de eletricidade pela via das usinas hidrelétricas, termelétricas e eólicas (ROCKMANN, 2019) que, em sua maioria, encontram-se distantes dos centros consumidores de energia, o que, por sua vez, demanda a implantação de quilômetros de linhas de transmissão e distribuição em todo o país, cujas dimensões, como se sabe, são continentais. Essa configuração resulta em perdas de energia na ordem de 15% a 20% do total de energia produzida (SILVA et al., 2012). Por outro lado, é preciso apontar que tal interligação da rede proporciona ganhos de escala de ordem similar, além de possibilitar um maior acesso dos usuários a tal fonte, nobre, de energia (eletricidade).

Em decorrência de suas próprias características, a Política Energética no Brasil ignora a atuação e o potencial de aplicação do Planejamento Energético Urbano, tanto no que diz respeito ao seu impacto (não existem dados para tratar da questão energética no âmbito da cidade, tampouco análise ou diagnóstico energético ou exergético¹⁰ sobre demanda e oferta de energia urbana no país), quanto de sua potencialidade¹¹.

¹⁰ Considera-se aqui a análise exergética como método para otimização de processos e promoção do uso eficiente dos recursos naturais. Para mais informações ver: BRISTOW; KENNEDY, 2013; BROCKWAY et al., 2017; LEDUC; VAN KANN, 2013; RAVALDE; KEIRSTEAD, 2017; ROJAS, 2007).

¹¹ O termo “potencialidade” é empregado de forma subjetiva e pode ser encarado de várias formas. Pode-se, por exemplo, pensar a potencialidade do Planejamento Energético Urbano, de acordo com as metas clássicas de Planejamento Energético: aumento da geração de eletricidade e diminuição do consumo de energia e de emissões de gases de efeito estufa. Ou, também, como se trata de uma atividade que envolve e interliga dois temas atualmente distintos e com problemáticas distintas (Planejamento Urbano e Planejamento Energético), pode-se pensar o Planejamento Energético Urbano sob uma perspectiva de melhoria de qualidade de vida dos cidadãos, da justiça energética e até mesmo da busca pela melhoria dos serviços prestados pela cidade (energia, saneamento, mobilidade, educação, entre outros).

As cidades, de forma geral, foram responsabilizadas por cerca de 75% do consumo global de energia final (GRUBLER et al., 2012; KURIYAN; SHAH, 2017; TORABI MOGHADAM et al., 2017) e por cerca de 60-80% das emissões globais diretas de CO₂ (MORVAJ; EVINS; CARMELIET, 2016). Em adição, ocorre que as cidades, atualmente, ocupam menos de 5% da superfície terrestre, mas consomem cerca de 80% dos recursos naturais (ROSALES CARREÓN; WORRELL, 2018b), sendo apontados recorrentemente como possuidores de um enorme potencial para reduzir a pressão ambiental. Dada a magnitude do impacto das cidades, as regiões urbanas são vistas como um *locus* potencial para a transição dos sistemas de energia¹², aumentando o acesso à energia para toda a população urbana, melhorando o bem-estar dos habitantes (RUTTER; KEIRSTEAD, 2012), mitigando as emissões globais, reduzindo a demanda de energia (YAZDANIE; DENSING; WOKAUN, 2017) e, finalmente, atuando tanto no lado da demanda, quanto no lado da oferta de energia no ambiente urbano (RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ et al., 2015).

2. Problematização

Há décadas a comunidade científica vem alertando para os perigos do aquecimento global e da necessidade de reduzir as emissões antrópicas dos gases de efeito estufa (GEE). Segundo González (2018), as soluções propostas consistem na (i) “desmaterialização” da economia, usando tecnologias e processos cada mais eficientes, e/ou (ii) na descarbonização da economia usando fontes renováveis (RES) de energia.

Nesse mesmo sentido, um número crescente de pesquisas aponta para a tendência mundial de descentralização do planejamento nas mais variadas áreas, como, por exemplo, no saneamento e energia (CHITTUM; ØSTERGAARD, 2014; HIREMATH et al., 2009; HIREMATH; SHIKHA; RAVINDRANATH, 2007; LÜTHI et al., 2009) e na sua correlação com a busca pela sustentabilidade nas cidades (MADLENER; SUNAK, 2011; MARINS, 2014; POHEKAR; RAMACHANDRAN, 2004; SADOWNIK; JACCARD, 2001). Essa tendência é denominada por muitos autores como o fenômeno da Transição Energética¹³, que possui

¹² Os Sistemas de Energia podem ser configurados por sistemas de energia elétrica, redes de gás natural, produção e transporte de hidrogênio, aquecimento distrital urbano, sistemas de refrigeração, transporte eletrificado e infraestrutura de informação e comunicação associada (WU et al., 2016a).

¹³ Os principais conceitos utilizados nessa tese são definidos durante o desenvolvimento da mesma. Por exemplo, o parágrafo que apresenta pela primeira vez o conceito “Transição Energética” cita algumas possíveis definições para o termo.

diferentes definições, para alguns, representa uma transição para a sustentabilidade (GRUBLER, 2012); para outros, uma transição do uso de fontes fósseis para o uso das fontes renováveis de energia ou de baixo carbono (DE LUCA et al., 2017; MANFREN; CAPUTO; COSTA, 2011), ou até mesmo uma transição para sistemas de energia com uso de fontes sustentáveis (DEMENTJEVA, 2009).

Como visto, tal fenômeno se adapta a diferentes discursos e, nesse sentido, pode ter como motivação as flutuações de preços dos combustíveis tradicionais, as preocupações ambientais e de segurança, os aspectos do aquecimento global e de tecnologias, as metas para melhorar o acesso à energia, a busca por novas fontes de energia. Além disso, pode consolidar-se como meio de garantia para que tal recurso — ou que os “serviços” possibilitados pelos recursos energéticos — não cesse (ARAÚJO, 2014; GRUBLER, 2008; TRUDEAU et al., 2011; VERBONG; LOORBACH, 2012). Verificou-se também que é sob o guarda-chuva teórico da Transição Energética que o Planejamento Energético Urbano (PEU) ganha importância na agenda de políticas públicas dos países. Trata-se, enfim, da necessidade de estabelecer o nexo urbano do planejamento energético, abrangendo a compreensão dos problemas já vigentes em cidades específicas e atentando ao impacto da urbanização sobre a demanda de energia (COLLAÇO; BERMANN, 2017).

As cidades, de modo geral, são incentivadas a adotar medidas de mitigação de carbono através da promoção de políticas e ações de Planejamento Energético associadas ao Planejamento Urbano. Nesse novo viés, as cidades, o governo local e seus habitantes devem ganhar experiência e considerar a análise dos Sistemas de Energia Urbanos (SEU), bem como das estratégias do planejamento energético em seu processo de planejamento urbano. Daí que as demandas de energia urbana, os GEE e as emissões de poluentes atmosféricos têm forte relação com os aspectos físicos, sociais, econômicos e ambientais das cidades (YAZDANIE; DENSING; WOKAUN, 2017). É nessa proporção que se deve considerar que os processos de tomada de decisão e planejamento feitos hoje terão impacto duradouro e determinarão as condições de limite para o futuro (CREUTZIG et al., 2016).

A literatura especializada recente que aborda o SEU e o PEU advoga que as características sistêmicas das cidades e do uso da energia urbana são, em geral, mais importantes na determinação da eficiência energética do que as características dos consumidores individuais ou dos artefatos tecnológicos (GRUBLER et al., 2012), ou seja, existem mais características das cidades que condicionam a demanda de energia. Contudo, o foco tradicional das políticas de eficiência energética está voltado justamente para os aspectos

tecnológicos do uso final de energia, também conhecido como abordagem pelo lado da demanda.

Nesse sentido, Creutzig et al. (2018) referem-se à importância de ultrapassar a questão do *design* eficiente de tecnologia para enfatizar a relevância da influência dos estilos de vida quando da implementação de estratégias de PEU. Diante disso, a problemática do crescimento das cidades em todo o mundo¹⁴, juntou-se à problemática do planejamento da política energética, destacando a interligação entre planejamento urbano e planejamento de energia (RUPARATHNA et al., 2017).

No que diz respeito à relação entre o Planejamento Urbano e o Planejamento Energético, muitos pesquisadores têm identificado diferentes elementos, fatores estruturais, processos, padrões e mecanismos de urbanização que afetam substancialmente as estruturas e o comportamento humano — e, conseqüentemente, o consumo de energia. Tais pesquisas relacionam o Planejamento Urbano ao Planejamento Energético como forma de construir cidades mais sustentáveis (JOVANOVIC; AFGAN; BAKIC, 2010), uma vez que a associação entre os planejamentos pode acarretar ganhos em termos de conservação de energia, eficiência energética e menor emissão de GEE (KEIRSTEAD; CALDERON, 2012), assim como podem propiciar o desenvolvimento de formas de produção local de energia (ADHIKARI; ASTE; MANFREN, 2012). No caso do Brasil, no entanto, o potencial de nossas cidades para atuar sobre a eficiência energética, conservação de energia e promoção da geração distribuída vem sendo ignorado pela Política Energética Nacional, cujo foco é a expansão da oferta através do Planejamento Energético Centralizado (PEC).

Diante de todo o exposto, afirma-se o seguinte problema para a presente pesquisa: Quais são os impactos esperados quando da adoção do Planejamento Energético Urbano? Desse questionamento, emergem outras perguntas interligadas ao tema e para as quais pretende-se fornecer possíveis respostas: Qual o potencial da aplicação do Planejamento Energético Urbano? Qual é a definição científica para Planejamento Energético Urbano e para Sistemas de Energia Urbanos? Quais as diferenças entre tais conceitos? Quais são os tipos de solução e estratégias que devem ser considerados no âmbito de atuação desses conceitos? Quais são as sinergias obtidas na adoção do Planejamento Energético e Urbano? Qual a relevância dessa área para a Política Energética do Brasil?

¹⁴ Torna-se ainda mais proeminente com o aumento das megacidades, compostas por dez milhões de habitantes ou mais e geralmente localizadas em países em desenvolvimento (UNITED NATIONS, 2017).

3. Hipóteses da pesquisa

Diante dos questionamentos expostos, e consciente dos riscos e dificuldades apontadas pelo tema de pesquisa, foram concebidas, no formato de texto corrido, as seguintes hipóteses: considera-se, naturalmente, como impacto esperado da implementação do PEU, a resolução de problemas ou de determinados problemas, referentes ao Planejamento Urbano e ao Planejamento Energético. Pressupõe-se que a conformação, o estabelecimento da infraestrutura e o *modus operandi* atual das cidades não são, grosso modo, pensados para poupar energia ou, ao menos, buscar eficiência energética; pelo contrário, a apropriação do território urbano, delimitado pelas políticas e pela legislação urbana, determina padrões de uso e ocupação do solo, de estabelecimento de infraestrutura, de serviços e do modo de viver da população, desperdiçadores de energia. No mesmo sentido, tem-se ainda o fato de que a Política Energética Nacional Brasileira, por suas características centralizadoras de viés “ofertista”, não favorece o aproveitamento dos recursos energéticos locais, apresentando-se como um obstáculo para o aproveitamento energético descentralizado, com geração local de energia, de acordo com as potencialidades de cada região.

A revisão de literatura permitiu a identificação inicial de alguns dos principais problemas de cada área do conhecimento (Planejamento Urbano e Planejamento Energético). Em resumo, alguns dos principais problemas do Planejamento Urbano no Brasil, segundo Marins e Roméro (2013), residem no rápido processo de urbanização que ocorreu e ainda ocorre no país, associado à falta de infraestrutura e à dispersão da ocupação na maioria das grandes cidades. Tal processo histórico resultou em ineficiências no funcionamento dessas cidades, tais como o transporte inadequado, o trânsito, a concentração de serviços em regiões específicas, os baixos índices de saneamento, a distribuição desigual de habitações dignas e acessíveis para diferentes camadas da população, a escassez de áreas verdes, entre outros.

Essas características, por sua vez, trazem consequências ao metabolismo urbano e aos seus habitantes. Saldiva (2018), em estudo sobre a metrópole de São Paulo, apresenta resultados interessantes das ineficiências conjunturais para a saúde da própria cidade e dos cidadãos que nela vivem. Em linguagem figurada, o autor demonstra como a cidade e seus habitantes estão obesos e calvos: a cidade, dado o crescimento exagerado, disperso, a destruição da cobertura vegetal e a ocupação descontrolada do território; os habitantes, por conta da má alimentação, estimulada pelo estilo de vida urbano e pelas condições socioeconômicas. Também apresentam doenças, como a bronquite, metáfora utilizada para referir-se ao fato de que a cidade, principalmente pela sua forma urbana e política de infraestrutura da mobilidade que priorizou

a locomoção individual e motorizado, causa um alto índice de poluição que adocece a sua população.

As escolhas políticas, em termos de Planejamento Urbano, feitas no passado, influenciaram e continuam a influenciar os padrões de consumo de recursos demandados pelas cidades: as políticas de saneamento determinam o consumo necessário de energia para a promoção desse serviço, enquanto as políticas de mobilidade e o padrão da forma urbana influenciam na forma de locomoção de seus habitantes e, por isso, determinam as demandas energéticas para tanto. Do mesmo modo, o uso e a ocupação do solo urbano e a densidade construída afetam o clima nas cidades, criando ilhas de calor, por exemplo, que demandarão maior consumo de energia para conforto térmico dos prédios. A lista de causas e efeitos, e de interligação e influência dos parâmetros urbanos nas questões energéticas é extensa e foi tema de estudo mais profundo desta pesquisa.

Por outro lado, os principais paradigmas do Planejamento Energético são a segurança energética e a soberania nacional (pós-crise do Petróleo), a busca pela expansão do parque gerador de eletricidade ao menor custo, e as mudanças climáticas, que hoje passam a ter grande influência na agenda de planejamento de energia deste e de outros países. É possível dizer, no entanto, que uma problemática comum nos documentos de Planejamento Energético, são, a busca pelo aumento da geração de energia e a diminuição das emissões de CO₂ através do aumento da eficiência energética (economia de energia)¹⁵. Portanto, espera-se que o PEU ultrapasse a dimensão de ser um tipo de Planejamento Energético aplicado a escala local. O que sugere que na determinação e definição de seu conceito, sejam observados a incorporação das questões, problemas, soluções e estratégias não só do Planejamento Energético como também do Planejamento Urbano. Tendo em vista esse novo paradigma para a realização do PEU, apresenta-se aqui a principal hipótese da pesquisa: supõem-se que existam sinergias (quantificáveis) obtidas quando da associação entre Planejamento Energético e Planejamento Urbano.

¹⁵ Cabe, neste ponto, levantar algumas reflexões sobre o caráter descrito das políticas resultantes do Planejamento Energético brasileiro. Diante da necessidade anual de aumentar a disponibilidade de energia, pensando na expansão do parque gerador para a manutenção das atividades econômicas do país, a aplicação ou a existência do Plano Nacional de Eficiência Energética (BRASIL; MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2011) pode ser interpretada como insignificante ou “decorativa”. Convém, ainda, diferenciar “eficiência energética” de “conservação de energia”. Eficiência energética é traduzida pela possibilidade de utilizar um mesmo serviço energético, mantendo conforto e qualidade, com menos demanda pelo recurso energético. Por exemplo, ao substituir lâmpadas incandescentes por lâmpadas LED, provêm-se o mesmo serviço, com menor consumo de energia. Já conservação de energia refere-se, nesta tese, a qualquer comportamento, estratégia ou política que reduza ou evite as necessidades de energia, resultando em menos uso desse recurso – como andar a pé ao invés de dirigir.

Portanto, outra hipótese desta tese é de que é possível recombina/repensar o sistema de energia urbano, de forma tal que as cidades estejam aptas a produzir, ao menos parcialmente, sua própria energia e, ao mesmo tempo, consumir/demandar menos energia de fluxos externos ao âmbito da cidade, emitindo menos GEE e poluentes, e melhorando a qualidade de vida de seus habitantes. Dessa forma, supõem-se que a configuração, a organização e o planejamento das cidades influenciam diretamente nos aspectos do Planejamento Energético; sendo o consumo de energia de um território, em grande parte, resultado das escolhas municipais em matéria de planejamento urbano, urbanismo, transporte, meio ambiente e planejamento energético. Ainda, supõem-se como limitação, ou empecilho à associação entre os planejamentos, os processos políticos de governança, normativos, técnicos e de pessoal, necessários à implementação dessa descentralização.

Por fim, acredita-se que a integração entre Planejamento Urbano e Planejamento Energético apresenta uma forma de alcançar eficiência energética, de conservar e autoproduzir energia. Para que o PEU não se configure como mais um espaço de opressão e imposição de poder e de interesses, de forma desigual, acredita-se que é necessário o envolvimento da comunidade local, dos gestores municipais e demais *stakeholders*, através de premissas de engajamento, beneficiamento mútuo, participação popular, transparência e acesso aos dados da cidade. Tais elementos são condições essenciais para a institucionalização do PEU e para o estabelecimento de Políticas Urbanas e Energéticas no contexto local, que busquem a igualdade social e o alinhamento entre as demandas dos cidadãos e o alcance de metas governamentais para cada área.

4. Objetivos

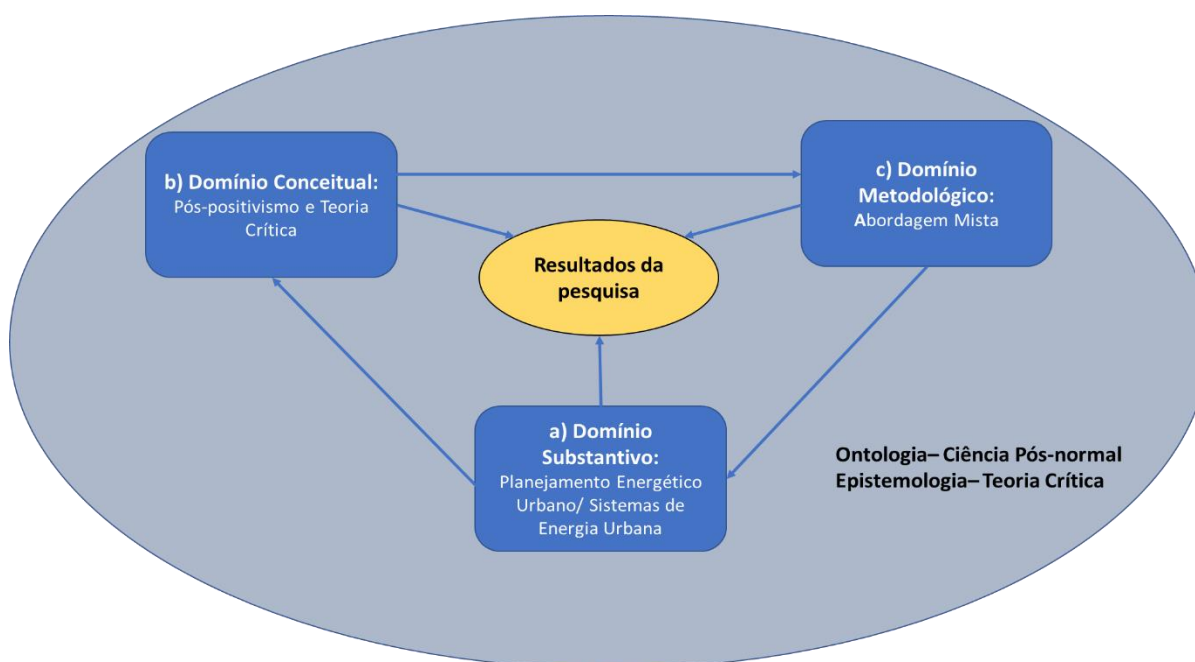
De acordo com o que foi exposto, esta pesquisa tem como objetivos principais, investigar o conceito do PEU e demonstrar a inter-relação/interdependência das Políticas do Planejamento Energético e do Planejamento Urbano, a fim de determinar seus possíveis impactos. Para cumprir com este propósito, foram formulados os seguintes objetivos específicos:

- I. Revisar as teorias e correntes de pensamento, assim como os conceitos, do Planejamento Energético Urbano e do Sistema de Energia Urbano;
- II. Revisar o que a literatura revela (estado da arte) sobre o potencial de aplicação de Planejamento Energético Urbano e Sistema de Energia Urbano;
- III. Sistematizar os elementos ou os fatores estruturais das cidades, que possuem influência direta nas questões energéticas, considerando eficiência energética, conservação de energia, emissão de GEE e geração de energia local;
- IV. Sistematizar os mecanismos, parâmetros e estratégias do Planejamento Urbano e do Planejamento Energético, para atuar em conservação de energia, eficiência energética, diminuição das emissões de GEE e aumento da geração de energia local;
- V. Construir cenários de adoção dos fatores estruturais e dos parâmetros, mecanismos e estratégias selecionados no Planejamento Urbano e no Planejamento Energético, para verificar os resultados em termos de conservação de energia, eficiência energética, emissão de GEE e geração de energia local;
- VI. Quantificar as sinergias e os impactos da associação entre Planejamento Urbano e Planejamento Energético;
- VII. Analisar os resultados dos objetivos anteriores, de forma a determinar o conceito e a aplicação do Planejamento Energético Urbano, e demonstrar o grau de inter-relação/interdependência das Políticas do Planejamento de Energia e Planejamento Urbano.

METODOLOGIA

Considerando o caráter multidisciplinar do tema abordado (Planejamento Energético Urbano) e a natureza abrangente dos estudos na área de energia e de cidades, cabe detalhamento sobre o paradigma desta pesquisa, com proposta ilustrada na Figura 2 e descrito nos parágrafos subsequentes.

Figura 2 – Paradigma desta pesquisa



Fonte: imagem da autora (2019), a partir de *framework* proposto por Marlei Pozzebon (2016)¹⁶.

Este trabalho adota a definição de Paradigma como um sistema básico de crenças, composto por pressupostos ontológicos, epistemológicos e metodológicos:

A paradigm may be viewed as a set of basic beliefs (or metaphysics) that deals with ultimates or first principles. It represents a worldview that defines, for its holder, the nature of the “world”, the individual’s place in it, and the range of possible relationships to that world and its parts (...) (GUBA; LINCOLN, 1994, p. 107).

¹⁶ Proposta de paradigma baseada em seminário de Marlei Pozzebon, na disciplina “Anatomia da pesquisa qualitativa – Escola de Métodos Qualitativos”, ministrada por ela na Faculdade Getúlio Vargas, na Escola de Métodos Quantitativos (FGV/EASEP).

A Figura 2 divide-se em “Ontologia” e “Epistemologia”, “Domínio Conceitual”, “Domínio Substantivo”, “Domínio Metodológico” e “Resultados da pesquisa”. O *framework* busca apresentar os pressupostos que conduziram o desenvolvimento deste estudo, levando em consideração as seguintes definições para cada conceito: “Ontologia” como forma de percepção do mundo e dos fenômenos; “Epistemologia” como reflexão em torno de como o conhecimento humano na área temática foi e ainda é estabelecido; “Metodologia” como meio de perseguir – ou construir – o conhecimento através do emprego de ferramentas, técnicas, pesquisa de informações e dados, e desenvolvimento de análises dos resultados (GUBA; LINCOLN, 1994). Têm-se, ainda, com relação aos domínios colocados em destaque, o seguinte. O “Domínio Substantivo” corresponde ao conteúdo (objeto) de interesse da pesquisa – neste caso, Planejamento Energético Urbano e Sistemas de Energia Urbanos –, que integra pesquisas temáticas mais amplas – tais como, os estudos sobre Cidades, Urbanismo e Planejamento Urbano, Planejamento Energético, Planejamento Governamental; modelos de Sistemas de Energia e de Planejamento; Descentralização do Planejamento, Participação Popular, Sustentabilidade e Mudanças Climáticas. Já o “Domínio Conceitual” consiste nas ideias (conceitos) que dão significado ao objeto de pesquisa, constituindo-se em sua amarração teórica. Por fim, verifica-se o “Domínio Metodológico”, o estabelecimento de técnicas e procedimentos por meio dos quais esses conceitos e objetos podem ser estudados. Nota-se, por fim, que os três domínios e os resultados da pesquisa são pautados por preceitos ontológicos e epistemológicos (POZZEBON, 2016).

Adota-se, aqui, a linha ontológica da Ciência Pós-Normal, que carrega a inter e a transdisciplinariedade como pressupostos, além do princípio da complexidade em oposição ao disciplinar; da complementaridade dos inúmeros saberes em oposição à imposição autoritária de apenas um saber, o saber científico. A Ciência Pós-Normal emerge da crítica aos modelos desenvolvidos pela Ciência Clássica que tendem a reduzir o objeto de estudo ao que é “manipulável”, e a dialogar única e exclusivamente com seus pares (MINGERS; BROCKLESBY, 1997). Diante desta conjuntura, coloca-se em primeira instância a necessidade de superação dos limites disciplinares da Ciência Clássica, fazendo uso da proposta de promover estudos interdisciplinares, que compartilhem uma linguagem comum, dentro de grupos de disciplinas conexas que se integram a partir de conceitos, epistemologias, terminologias e metodologias também comuns (ALVARENGA, 2010). Considera-se, portanto, que o foco do estudo desta tese se relaciona com os chamados *wicked problems*, “problemas contraditórios”, e com requisitos mutáveis, o que dificulta o reconhecimento de soluções para

esses problemas, especialmente por conta de seu caráter de interdependência¹⁷. Como consequência, buscou-se, aqui, utilizar uma abordagem metodológica dos sistemas e de questões complexas tais como os relacionados ao contexto da energia, das cidades, da sustentabilidade e das mudanças climáticas.

Assim, ao adotar a proposta da Ciência Pós-Normal, esta tese propõe técnicas, *frameworks*, análises, entre outros recursos, para a resolução de problemas complexos e o reconhecimento dos riscos e incertezas inerentes à essas proposições (GIATTI, 2013), para, dessa forma, apontar soluções e estratégias sinérgicas decorrentes da pesquisa interdisciplinar. A prática da Ciência Pós-Normal não oferece respostas precisas às incertezas, pois, segundo Funtowicz e Ravetz (1997), elas sempre existirão. A premissa norteadora dessa ciência é, portanto:

(...) o diálogo de saberes que permita construir espaços de fronteiras; formar um pensamento crítico, criativo e sintonizado com a necessidade de propor respostas para o futuro, capaz de analisar as complexas relações entre os processos naturais e sociais e de atuar no ambiente em uma perspectiva global, respeitando as diversidades socioculturais (JACOBI; TRISTÃO; FRANCO, 2009, p. 67).

Em adição à linha ontológica, procurou-se orientar a análise do trabalho e associar à epistemologia e à metodologia da pesquisa às teorias críticas (serão elas: Teoria Marxista, Escola de Frankfurt, Feminismo). Para atender aos pressupostos estabelecidos nos domínios anteriores, o “Domínio Metodológico” empregado foi o dedutivo-indutivo, associado ao sistemático, correspondendo, portanto, a uma abordagem mista, que prevê uso de recursos quantitativos e qualitativos no desenvolvimento da pesquisa (CRESWELL, 2007). O “Domínio Conceitual” pós-positivista demandou o uso de métodos e abordagens quantitativas. Já o domínio conceitual das Teorias Críticas foi principalmente utilizado no desenvolvimento das análises dos resultados quantitativos e no desenvolvimento da análise epistemológica da pesquisa: “*qualitative methods represent a mixture of the rational, serendipitous, and intuitive in which the personal experiences of the organizational researcher are often key events to be understood and analyzed as data*” (MAANEN, 1979, p. 520).

O Quadro 2 – Mapa da pesquisa, relaciona os objetivos da tese aos métodos empregados para a conclusão de cada objetivo. Por sua vez, esses objetivos foram divididos em três etapas: a etapa de embasamento teórico, do estudo de caso e a etapa final de análise dos resultados e

¹⁷ Para mais detalhes, ver Rittel e Webber (1973).

conclusões. A Etapa 1 é a parte qualitativa da pesquisa – fase de embasamento teórico – que corresponde, portanto, as Partes I e II dessa Tese. A Etapa 2 diz respeito a fase quantitativa, que relaciona o resultado das Partes I e II ao estudo de caso desenvolvido e a parte prática da pesquisa; correspondendo, dessa forma, as Partes III e IV. Por fim, a Etapa 3, diz respeito aos resultados e conclusões apresentados ao final da pesquisa. O Quadro também apresenta de forma resumida as principais limitações do trabalho.

Quadro 2 – Mapa da pesquisa

Objetivo Geral	Investigar o conceito do PEU e demonstrar a inter-relação/interdependência das Políticas do Planejamento Energético e do Planejamento Urbano, determinando seus possíveis impactos.	MÉTODOS		
Objetivos específicos	i) Revisar as <u>teorias e correntes do pensamento</u> assim como os <u>conceitos</u> de Planejamento Energético Urbano e Sistemas de Energia Urbanos;	<u>Parte I:</u> Revisão da literatura nacional e internacional sobre as correntes teóricas e filosóficas do Planejamento, Planejamento Urbano e Planejamento Energético. <u>Parte II:</u> Revisão Sistemática da literatura sobre conceitos PEU e SEU.	Identificação das teorias do conhecimento, posturas filosóficas, definição de conceitos, metodologia e métodos.	ETAPA 1= EMBASAMENTO TEÓRICO – FASE QUALITATIVA
	ii) <u>Levantar o estado da arte sobre o potencial de aplicação</u> de Planejamento Energético Urbano e Sistema de Energia Urbano; iii) <u>Sistematizar os elementos ou os fatores estruturais das cidades que possuem influência direta nas questões energéticas</u> , considerando eficiência energética, conservação de energia, emissão de GEE e geração de energia local; iv) <u>Sistematizar os mecanismos, parâmetros e estratégias do Planejamento Urbano e do Planejamento Energético para</u> atuar em conservação de energia, eficiência energética, diminuição das emissões de GEE e aumento da geração de energia local;	<u>Parte III:</u> Revisão da literatura nacional e internacional, principalmente em <i>Journals</i> (Qualis Capes A1 até B2) e sistematização das informações sobre: elementos fatores estruturais, mecanismos, parâmetros e estratégias do Planejamento Urbano e do Planejamento Energético para atuar em conservação de energia, eficiência energética, diminuição das emissões de GEE e aumento da geração de energia local.	Construção da matriz de soluções integradas de estratégias do Planejamento Energético e do Planejamento Urbano para modelação e quantificação dos impactos da adoção do PEU.	
	v) <u>Construir cenários</u> de adoção dos fatores estruturais, parâmetros, mecanismos e estratégias selecionadas para verificar os resultados em termos de conservação de energia, eficiência energética, emissão de GEE e geração de energia local;	<u>Parte IV:</u> Estudo de caso (cidade de São Paulo), com utilização do modelo LEAP (modelo Energia - Economia de simulação).	Levantamento dos dados de entrada necessários; <i>upload</i> dos indicadores, dados e fórmulas selecionados na etapa anterior para desenvolvimento dos cenários; adaptação do modelo para uso conceitual (que associa estratégias de PU e PE) na escala da cidade	

	vi) <u>Quantificar as sinergias e impactos</u> da associação entre Planejamento Urbano e Planejamento Energético;	Análise dos resultados da aplicação do modelo.	Quantificação da sinergia da aplicação do Planejamento Energético Urbano através da aplicação prática (modelagem) da matriz de soluções desenvolvida <i>versus</i> abordagem convencional, em termos de i) eficiência energética; ii) conservação de energia; iii) geração de energia local; iv) emissões de GEE.	
	vii) <u>Analisar os resultados</u> dos objetivos anteriores de forma a <u>determinar o conceito</u> e aplicação do Planejamento Energético Urbano e <u>demonstrar grau de inter-relação/interdependência</u> das Políticas do Planejamento de Energia e Planejamento Urbano.	Análise crítica dos resultados quantitativos e qualitativos e alinhamento à luz da teoria escolhida.		ETAPA 3= ANÁLISE DOS RESULTADOS E CONCLUSOES
<p>Limitações da pesquisa: este trabalho, não desenvolve uma revisão da literatura sobre assuntos importantes ao tema como a Governança. Tampouco problematiza às questões sobre o modo de produção socioeconômico vigente, que tende a transformar terra, energia e "bem-estar" em mercadoria. Alguns pressupostos apenas foram admitidos e absorvidos sem desenvolvimento de análises mais profundas – por exemplo, não foi questionada a real necessidade de expansão da geração de energia e do aumento da demanda. Alguns parâmetros têm pouca robustez, devido à limitação de disponibilidade de dados sobre o sistema de energia urbano da cidade. O trabalho não incluiu análise de custo-benefício para as estratégias selecionadas. O modelo LEAP_SP representa a demanda agregada de energia e a evolução da oferta da cidade, sem considerar as diferenças das subáreas e bairros de São Paulo, que têm características econômicas, sociais e de consumo de energia diversas.</p>				

Fonte: autora (2019).

Com o intuito de cumprir o papel de investigação de natureza aplicada, gerando conhecimentos para a aplicação prática, esta abordagem pretende destacar aspectos qualitativos e quantitativos de abordagem teórico-empírica (CRESWELL, 2007). Considerando a área de conhecimento atrelada ao tema de pesquisa, propõe-se o caráter exploratório (QUIVY; CAMPENHOUDT, 2005), cuja principal finalidade é a de transmitir esclarecimentos sobre um determinado tema até então pouco explorado.

A partir do Quadro 1, partiremos à análise das fases em detalhe. Na Fase 1 – “Embasamento Teórico” – foram realizadas a revisão da literatura (Parte I) e a revisão sistemática (Parte II). A Parte I da pesquisa apresenta a revisão da literatura, no qual foram analisadas bibliografias nacionais e internacionais para revisar os conceitos que antecedem e os que compõem o PEU. Para tanto, foi necessário recorrer inicialmente à revisão epistemológica de Planejamento, Planejamento Urbano (PU) e Planejamento Energético (PE). Nessa fase, foram identificadas as definições, teorias do conhecimento, posturas filosóficas, metodologia e métodos utilizados e disseminados nas áreas descritas. A Parte II buscou a literatura sobre a construção científica do conceito “Planejamento Energético Urbano” e “Sistemas de Energia Urbanos”, essa etapa da pesquisa é caracterizada por uma abordagem exploratória, na qual se optou pela utilização do método de revisão da bibliográfica denominado Revisão Sistemática (RS). Tal método consiste em uma forma de pesquisa secundária, uma vez que o resultado de sua aplicação é obtido através da sistematização dos dados de outras pesquisas, que devem, dessa forma, ser a fonte primária dos dados e/ou informações (PETTICREW; ROBERTS, 2006). Esse tipo de estudo serve, de forma geral, para: i) levantar o estado da arte sobre o tema; ii) sistematizar e confrontar as evidências existentes sobre um dado assunto, tema, ou problema; iii) indicar novas perguntas ou linhas de investigação; iv) identificar os principais métodos de pesquisa utilizados para uma mesma área, e; v) mapear lacunas do conhecimento para o desenvolvimento de pesquisas futuras (OKOLI; SCHABRAM, 2010). A técnica e os materiais e métodos da RS é apresentada na Parte II item 2, página 66 .

Na Parte III buscou-se levantar o estado da arte da aplicação do PEU e do SEU. Uma vez que se verificou a limitação de literatura em aplicação do PEU, a pesquisa recorreu ao desenvolvimento de uma revisão no que se refere à associação entre Planejamento Energético e Planejamento Urbano, e sua relação com o consumo e a geração de energia em áreas urbanas e o alcance de resultados em eficiência energética, conservação de energia, geração de energia local, urbanização, uso da energia urbana, aquecimento global (mudanças climáticas),

sustentabilidade e transição energética. Essa revisão possibilitou a definição e a seleção de elementos e estruturas das áreas urbanas (fatores estruturais designados posteriormente na pesquisa por *drivers* de uso de energia urbana), assim como os parâmetros, mecanismos e/ou instrumentos do PU e do PE que têm influência na eficiência energética, conservação de energia, geração de energia local e nas emissões GEE. Todos esses fatores foram determinantes para estabelecer as estratégias do PU e do PE, utilizadas na etapa seguinte, e que resultou na elaboração da Matriz de Soluções Integradas de Estratégias de Planejamento Energético e Planejamento Urbano para cidades novas e estabelecidas.

A Fase 2, que trata do “Estudo de caso e etapa quantitativa”, teve como finalidade a quantificação das sinergias da associação entre Planejamento Energético e Planejamento Urbano – em outras palavras, do potencial técnico da aplicação do PEU. A Matriz desenvolvida foi utilizada no desenvolvimento do estudo de caso, através da modelação do sistema energético e urbano da megacidade de São Paulo, considerando o período de 2014 a 2030. Foi utilizado o *software*/modelo LEAP (*Long range Energy Alternatives Planning System*) para o desenvolvimento de cenários de integração entre as estratégias de Planejamentos Urbano e de Planejamento Energético. Mais detalhes metodológicos sobre o estudo de caso, assim como a revisão sobre utilização do modelo LEAP e suas características é apresentado na Parte IV.

Ainda sobre o modelo LEAP da megacidade de São Paulo, convém destacar que o mesmo foi desenvolvido durante a fase sanduíche da pesquisa, que durou cerca de dois anos. A construção do modelo foi iniciada na Croácia, em dezembro de 2016, sob orientação do Prof. Dr. Neven Duic, da Universidade de Engenharia de Zagreb, cujas cadeiras mais relevantes dizem respeito à disciplina “Introdução à Gestão de Energia e Planejamento Energético”, com utilização de modelos Energia-Economia focados no LEAP. Posteriormente, foi finalizada em Portugal, em setembro de 2018, no Centro de Investigação em Ambiente e Sustentabilidade (CENSE), da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa, sob a orientação das Profas. Dras. Júlia Seixas e Sofia Simões, cientistas renomadas na área de modelação (focadas em otimização), voltada às cidades e às mudanças climáticas. Informações e contextualização sobre o modelo e detalhes da metodologia utilizada nesse processo (cruzamento de banco de dados, bibliografia e dados utilizados, indicadores, escopo, premissas para construção dos cenários, entre outros), são apresentados no capítulo referente a essa fase da pesquisa (Parte IV).

Por fim, a Fase 3, “Análise dos resultados e conclusão”, consiste no estágio final do desenvolvimento da tese de doutoramento. Foram analisados os dados e os resultados das etapas

anteriores, de forma a identificar os conceitos de PEU e SEU, sua aplicabilidade e seu potencial técnico. Os resultados da pesquisa são apresentados com o intuito de responder às perguntas orientadoras da tese, validar ou refutar as hipóteses. Nessa seção também constam as limitações do trabalho, assim como sugestões para pesquisas futuras na área.

Têm-se como principais produtos desta pesquisa a própria tese, a publicação de três artigos (dois com classificação Qualis CAPES A1 e o terceiro com classificação A2)¹⁸, a comunicação dos resultados da pesquisa em 2 eventos internacionais ([N-AERUS XVII](#) em 2016 e no [Territórios da Energia, Mudanças Climáticas e Sustentabilidade](#) em 2019), em 1 evento nacional ([I Fórum de Governança Ambiental da Macrometrópole Paulista](#) em 2019) e também em reportagem divulgada pelo UOL¹⁹ em 29/05/2019, além de um vídeo-resumo que apresenta a harmonização do conceito de PEU proposto pela tese²⁰. Como contribuições, destacam-se o estudo epistemológico sobre o PEU e o SEU, a proposta de harmonização do conceito do PEU, o desenvolvimento de estrutura científica que possibilita a análise das sinergias de atuação em PEU (Matriz de Soluções Integradas de Estratégias de Planejamento Energético e Planejamento Urbano- que pode ser aplicado à diversidade de configurações urbanas, e que foi testado no estudo de caso apresentado por essa tese para a cidade de São Paulo), o desenvolvimento do modelo do sistema de energia urbano da cidade de São Paulo, a implementação da Matriz e quantificação das sinergias de atuação em PEU.

¹⁸ Acesso aos artigos em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.013>>, <<https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.01.073>> e <<http://dx.doi.org/10.1590/s0103-40142017.31890018>>.

¹⁹ Acesso em: <<https://noticias.uol.com.br/tecnologia/noticias/redacao/2019/05/29/dependencia-de-energia-importada-em-sp-acende-alerta-de-cidades-brasileiras.htm>>

²⁰ Disponível em: <<https://www.facebook.com/macroambfapesp/videos/836222093417830/>>. Acesso em: 29 abril 2019.

PARTE I- REVISÃO DA LITERATURA

Com a relevância crescente das cidades ao redor do mundo, o Planejamento Energético Urbano, sua aplicabilidade e suas limitações passaram a ser estudados mais a fundo. O desenvolvimento do PEU exige a integração de áreas de pesquisa e de ontologias distintas: a saber, a do Planejamento Energético e a do Planejamento Urbano (COLLAÇO et al., 2019). Para compreender tal epistemologia, o presente estudo direcionou esforços, no que diz respeito ao embasamento teórico, para revisar os conceitos que antecedem e os que compõem o PEU. Foi realizada a revisão da literatura especializada nos conceitos e nas teorias desenvolvidos sobre os seguintes temas: Planejamento, Planejamento Urbano, Planejamento Energético e Planejamento Energético Urbano. Os resultados dessa revisão de literatura são apresentados nas subseções que se seguem.

1. Teorias do Planejamento

Segundo Lafer (1987), “Planejamento nada mais é do que um modelo teórico para a ação” (p. 7). Já para Campbell e Fainstein (1996), planejamento é um processo de intervenção cuja intenção é a de alterar o curso de um evento existente, buscando planejar o futuro ideal. Para Sandroni (1999) por sua vez, o planejamento pode ser definido como um esquema econômico que organiza os fatores de produção e é controlado ou direcionado por uma autoridade central.

Seja como for, as atividades de planejamento envolvem a determinação de um escopo de análise e de um período de atuação que, organizados em um modelo racional, contêm hipóteses sobre uma determinada realidade a fim de propor, através de estratégias estabelecidas, metas. Para tanto, tal movimento refere-se, geralmente, a uma vasta gama de atividades sistemáticas concebidas para assegurar que os objetivos desejados sejam alcançados no futuro (WHEELER, 2013).

É possível elencar diversas concepções e definições de planejamento. As diferenças entre elas, quando analisadas criticamente, apresentam os direcionamentos filosóficos ou ideológicos dos planejadores. As contribuições filosóficas da Teoria do Planejamento dizem respeito aos valores que deveriam respaldar a prática do planejamento, incluindo a percepção de como fazer a transição entre os valores desejados e os resultados da aplicação prática da atividade (FRIEDMANN, 2008).

Tais discussões teóricas datam dos anos de 1920 (LAFER, 1987). Segundo Pagnussat (2006), o planejamento surge, na esfera pública, quando da revolução bolchevique, em 1917, sendo a União Soviética o primeiro Estado a utilizar tal estratégia de maneira sistêmica (1927 até 1953). Nos sistemas socialistas, o planejamento é o principal instrumento de distribuição de recursos, determinando a estrutura e o nível da oferta de bens; já no sistema capitalista, ele apenas sugere/indica as melhores opções de crescimento.

Segundo Lafer (1987), o planejamento implementado na União Soviética realizava uma alocação em termos quantitativos e não fazia o uso do sistema de preços, tendo um caráter extremamente centralizador, no qual o governo decidia quantidades de produtos e matérias a serem produzidos e utilizados. As informações saíam do mais alto escalão para, em seguida, descer os níveis setoriais da economia. Por isso, até a década de 1930, o planejamento era considerado incompatível com a economia liberal de mercado, mas, com a ocorrência da Grande Depressão (1929), a ideia de o governo estadunidense adotar tal mecanismo passa a ser discutida e implementada (LAFER, 1987). É, portanto, através do *New Deal* e da teoria keynesiana²¹ que começam a ser adotadas as atividades de planejamento nos países capitalistas, que até então entendiam o conceito como instrumento de interferência direta no mercado. Atualmente, ele é utilizado como guia de ação governamental, sendo relativamente comum a intervenção dos Estados capitalistas na economia.

O planejamento da economia passa a ser considerado necessário, a partir de meados do século XX, para corrigir as distorções de mercado, tornando-se um meio de aproximar a alocação de recursos de um *ótimo paretiano*, isto é, quando não é possível melhorar a situação, ou a utilidade de um agente, sem degradar a situação ou utilidade de qualquer outro agente econômico). Nesse sentido, o planejamento consiste em uma forma de evitar — ou pelo menos reduzir — os efeitos das crises cíclicas características do capitalismo, além de constituir um meio para manutenção do pleno emprego e da promoção do crescimento econômico (SANDRONI, 1999). No sistema capitalista, o desenvolvimento dessa prática passou a ser igualmente utilizado como viabilizador de investimentos voltados para setores e atividades que ofereciam lucro duvidoso e/ou de longo prazo, para os quais a iniciativa privada não demonstrava interesse, nem disponibilidade de capital.

O planejamento surge, portanto, como prática centralizadora de viés tecnicista, que visa controlar e impor planos, políticas e, conseqüentemente, teorias (FRIEDMANN, 2011). Assim,

²¹ *Teoria geral do emprego, do juro e da moeda*, de 1936, é o principal trabalho de John Maynard Keynes.

a pesquisa em Teoria do Planejamento é importante para renovar as práticas de planejamento e fortalecer a ciência através de contribuições filosóficas, adaptativas e de tradução (FRIEDMANN, 2008). Quanto ao primeiro ponto, Yiftachel (1998) afirma que a construção de uma base moral para o planejamento é essencial se quisermos promover o bem-estar social e combater o seu lado obscuro, nas figuras de um Estado imoral ou do poder econômico, que privilegia a poucos. A tarefa adaptativa, por sua vez, consiste basicamente na adaptação da teoria às práticas teóricas em planejamento²², aos constrangimentos e oportunidades do mundo real, principalmente em relação à escala e aos aspectos de complexidade e de tempo. A última “tarefa da Teoria do Planejamento”, conforme a expressão de Friedmann, consiste basicamente na tradução e assimilação de conhecimentos e conceitos de outras matérias e disciplinas para a maior eficácia da prática.

Os precursores da Teoria do Planejamento são John Stuart Mill; Saint-Simon; e Comte. Em adição, conforme apontado, a realização efetiva de um planejamento científico como técnica para guiar o processo social só ocorreu em 1920 na União Soviética: “Apesar de que outras formas de planejamento, tais como o planejamento urbano, reformas sociais parciais e o planejamento administrativo das cidades podem ser encontrados a partir do século XIX, elas ainda não incorporavam uma prática científica” (FRIEDMANN, 1986, p. 72).

Ainda segundo Friedmann, quase todas as correntes do planejamento datam de 1848, enquanto o planejamento com reconhecimento científico ocorre paralelamente ao surgimento do Estado liberal. No sistema capitalista, a primeira abordagem filosófica e epistemológica do termo teve lugar com o Racionalismo (KLOSTERMAN, 1996). Sobre a epistemologia do planejamento, Friedmann (1986) apresenta um amplo estudo com a categorização de quatro concepções teóricas de Planejamento: Análise de Políticas, Aprendizagem Social, Reforma Social e Mobilização Social.

Engenharia de Sistemas, Economia Neoclássica e Administração Pública são as áreas que formam a Teoria do Planejamento conhecida como Análise de Políticas (1945). Tal corrente tem como seus principais autores Adam Smith, John Stuart Mill e Herbert Simon, tendo como raízes filosóficas o Racionalismo e o Utilitarismo. Dessa perspectiva, o planejamento é realizado de forma a manter o *status quo*, apresentando preocupações predominantemente técnicas, com utilização de modelos quantitativos de grande escala,

²² Cabendo aqui diferenciar Teoria do Planejamento de Teoria em/no Planejamento. O primeiro conceito refere-se às teorias filosóficas do conhecimento do Planejamento, enquanto o segundo diz respeito ao que se define como uma prática de planejamento na teoria e o que é realizado de fato.

planejamento centralizado, realização de análises socioeconômicas (custo benefício, custo-eficácia e avaliação de programas) e, utilizando-se de linguagem analítica e de neutralidade política (FRIEDMANN, 1986). Na Análise de Políticas, o planejamento é realizado por etapas, fazendo uso de ferramentas neoclássicas²³ e com um forte apelo burocrático, sobretudo em relação à atuação dos técnicos. Cultivam-se, nesse caso, o individualismo, a supremacia do mercado na alocação de recursos e o conservadorismo. Os planejadores que seguem tal filosofia direcionam sua produção àqueles que estão no poder e tem como principal objetivo servir ao Estado (FRIEDMANN, 1986).

Já na corrente da Aprendizagem Social, influenciada e composta, principalmente, pelas áreas de Administração e Gerenciamento Científico, próximas à Administração Pública, tem-se um caráter reformista: a sociedade é um grande laboratório, e o Planejamento é uma forma de engenharia social, cujo conceito-chave é a eficiência. Na Aprendizagem Social, existe a valorização do conhecimento que provém da experiência, enfatizando a ação prática (PAGNUSSAT, 2006).

A corrente da Aprendizagem Social apresenta grande distanciamento da Reforma Social de Saint-Simon e Comte, uma vez que tais autores pressupuseram que o conhecimento advém da experiência e é validado na prática. Assim, a Reforma Social traz aspectos da Sociologia, da Escola de Frankfurt e do Pragmatismo, que são as áreas do conhecimento que estão classificadas como intermediárias aos extremismos de direita e de esquerda (FRIEDMANN, 1986). Em resumo, pode-se dizer que a corrente “Reforma Social” (1936) defende a centralização na tomada de decisões, com a institucionalização do planejamento pelo Estado, sendo esta uma atividade restrita aos técnicos. Trata-se de uma escola associada à democracia representativa, aos direitos humanos e à justiça social. A fé na ciência, na tecnocracia e na meritocracia são os grandes pilares dessa corrente. Com apelo positivista, os representantes dessa escola defendem uma forte atuação do Estado e buscam a institucionalização do planejamento, o crescimento econômico, o pleno emprego e o desenvolvimento regional, de políticas de novas cidades e de bem-estar social. O termo eficácia lhes é fundamental, pois eles consideram que o capitalismo pode ser aperfeiçoado.

²³ Ferramentas voltadas a análise de alocação de recursos de mercado, análises de economia clássicas que estudam por exemplo formação de mercado, preços, produção, equilíbrio, demanda, oferta, entre outros.

Por fim, o materialismo histórico e os anarquistas utópicos compõem as áreas do conhecimento que buscam a transcendência das relações de poder. Tais ideologias possuem caráter de forte engajamento político, sendo o seu público-alvo a classe trabalhadora. Com isso, compõe-se a corrente do planejamento chamada de “Mobilização Social”, cujo período de maior expressão ocorreu no século XIX. Como o seu nome sugere, esse tipo de planejamento deve emergir da sociedade através da mobilização social, que pode ocorrer de duas formas: i) a política da desobrigação — ou seja, comunidades alternativas demonstrando novas formas de “viver”; ii) a política de confrontação — quer dizer, o conflito político é considerado necessário para transformar as relações de poder existentes e, assim, criar a nova ordem. Uma de suas principais características é a descrença na ciência, a busca pela mudança do *status quo*, a abordagem *bottom-up* e o comunitarismo.

Wildavsky (1973), Lindblom (1959) e outros autores (KLOSTERMAN, 1996) propõem diferentes perspectivas críticas para encarar o modelo racional de planejamento, tais como o Planejamento Integrado (CONYERS, D., & HILLS, 1986), o Planejamento Estratégico (KAUFMAN, J. K., & JACOBS, 1987), o Planejamento Incremental (LINDBLOM, 1959), o Planejamento Adaptativo (HOLLING, 1978), o *Advocacy Planning* (DAVIDOFF, 2016), o *Transactive Planning* (FRIEDMANN, 1973) e o Planejamento Colaborativo/Comunicativo (HEALEY, 1992). Nesse contexto, Bi (2011) faz a revisão dos diferentes modelos existentes. De forma geral, o Planejamento Integrado enfatiza a necessidade de considerar e integrar uma abordagem holística dos processos operacionais, direcionando seu interesse às principais variáveis identificadas no processo de planejamento. O termo “Planejamento Integrado” busca fomentar a realização integrada do planejamento de vários setores (sociais e econômicos), tais como transporte, hidráulico, arquitetônico, energético e militar. É importante notar que tais elementos variam de acordo com o assunto ou a área de aplicação. Por fim, o Planejamento Integrado nasceu com uma proposta de “dessetorialização” do Planejamento.

O Planejamento Estratégico, por sua vez, é uma abordagem que surge no setor militar no começo do século XIX (BAKER, 1992). É uma forma de planejamento muito utilizada pelo setor privado, no entanto, cada vez mais, essa abordagem está sendo utilizada pela iniciativa pública e pelo terceiro setor (BRYSON; ROERING, 1988; KAUFMAN, J. K., & JACOBS, 1987). Tal modelo analisa o ambiente interno e externo ao objeto: o interesse volta-se para o planejamento, enfatizando a análise SWOT/FOFA (forças, fraquezas, oportunidades e ameaças) e instaurando a competição como um dos “*drivers*” de sua estratégia (BRYSON; ROERING, 1988). Assim como no modelo Racional de Planejamento, o processo de

Planejamento Estratégico compreende diversas etapas para a sua realização: a saber, identificação e clarificação da visão da organização, formulação da missão, especificação de objetivos, avaliação do cenário externo, avaliação cenário interno, identificação das questões estratégicas, desenvolvimento de estratégias, implementação, monitoramento e avaliação (BRYSON; ROERING, 1988). Por esse motivo, é considerado uma “evolução” do Planejamento Racional Abrangente (DENHARDT, 1986).

Na sequência, o Planejamento Racional Abrangente baseia-se num modelo normativo que valoriza maior racionalidade diante de múltiplas pressões organizacionais e políticas e propõe um método claro, simples e direto de formulação de Políticas e Programas, produzindo uma solução logicamente razoável, ao levar em consideração uma ampla gama de variáveis. Além disso, tal sistemática faz uso de etapas bem delimitadas, nas quais definem-se: o problema que o planejamento se propõe a resolver; metas e objetivos para a resolução; levantamento das alternativas e das opções viáveis para a tarefa; escolha da solução ótima; implementação e avaliação dos resultados (BI, 2011).

Já o Planejamento Incremental e o Planejamento Adaptativo buscam, através da priorização de princípios, abordar variáveis limitadas com foco na transformação sucessiva e na aprendizagem contínua. Nessas modalidades, o processo de planejamento deve ser fragmentado, evolucionário e, em grande parte, intuitivo, sendo que as estratégias evoluem ao longo do tempo como resultado de “pequenos passos” e decisões incrementais (QUINN, 1978). A abordagem aceita a ideia de “racionalidade limitada”, reconhecendo os limites da capacidade cognitiva dos agentes que tomam grandes decisões diante da complexidade do mundo real (ALEXANDER, 1986).

Os planejadores do modelo Incremental acreditam que nem todas as alternativas podem ser identificadas. O custo, o tempo e o esforço investidos no modelo Racional-Abrangente para obter todos os dados necessários são muito altos, maior que seu benefício (ALTSHULER, 1965). Em vez de buscar a otimização, busca-se a concentração em torno de metas atingíveis e satisfatórias (LINDBLOM, 1973). No Planejamento Adaptativo, por sua vez, existe a visão de que só se aprende na prática e que só é possível embasar a tomada de decisão através do acúmulo de evidências já testadas e confiáveis. Nesse sentido, as políticas embasadas pelos Planos são experimentos cujo objetivo é o aprendizado (LEE, 1993).

O Planejamento de Defesa (*Advocacy Planning*), o Transacional (*Transactive Planning*) e o Colaborativo enfatizam, cada qual a seu modo, a importância da comunicação e da interação entre os diferentes atores, buscando a equidade, a participação e a reflexão no processo (BI,

2011). O *Advocacy Planning* nasceu nos Estados Unidos, em meados dos anos de 1960, e tem como principais objetivos a defesa dos interesses das classes sociais mais frágeis (econômica ou socialmente), transformando os planejadores em representantes desses grupos, que, geralmente, não recebem as benesses do planejamento (WHEELER, 2013). De forma oposta ao que acontece no Planejamento Transacional, o Planejamento de Defesa é técnico, habilitado com *expertise* para realizar o planejamento em nome dos grupos interessados que tradicionalmente não são representados (DAVIDOFF, 2016). Isso coloca em voga a questão de um único interesse público e defende a realização de um Planejamento Plural, uma vez que a sociedade é também plural (grupos variados com diferentes interesses e valores). No entanto, esse tipo de planejamento acaba concentrando muito poder nas mãos de agentes específicos, que passam a atuar como advogados, moldando não só o processo de planejamento, como também o processo participativo.

Transactive Planning (FRIEDMANN, 1973), na sequência, tem como pressupostos a descentralização da tomada de decisão, a liberdade e o desenvolvimento pessoal e organizacional. Para Friedmann, os cidadãos e seus líderes — e não os planejadores — têm que estar no centro do planejamento de onde os planos serão implementados:

Friedmann (1973) sees planners to contribute invaluable information to the planning process, such as theory, new perspectives, and processed knowledge, while citizens/clients contribute intimate knowledge of context, community priorities, and operational details (BI, 2011, p. 259).

Nesse tipo de planejamento, o papel dos agentes é o de fazer a gestão da comunicação.

Por fim, o Planejamento Colaborativo (ou Participativo, ou ainda Comunicativo) tem como premissa o ideal de participação democrática, em que devem ser incluídos os afetados pelo plano e não somente aqueles que estão na posição de influenciar e implementar tal política. Essa abordagem é caracterizada pelo interesse voltado para a comunicação e para a interação durante o processo de planejamento. Sua influência teórica é a corrente da Aprendizagem Social; além disso, ela pressupõe que a comunicação e a interação entre governo, grupos de interesse e demais setores podem melhorar o planejamento, bem como as políticas advindas dele, através da construção de consenso e do desenvolvimento de capital social intelectual (HEALEY, 2003).

Abaixo, é apresentado Quadro 3, com os modelos de planejamento levantados durante a revisão bibliográfica. Nele, apresenta-se a denominação do planejamento, os seus principais

aspectos, os seus pontos fortes (forças) e os pontos frágeis (fraquezas), assim como os autores que servem de referência para cada modelo:

Quadro 3 – Modelos de Planejamento

Denominação	Principais Aspectos	Forças	Fraquezas	Autores
<u>Planejamento Racional</u>	O Planejamento é realizado através de fases e etapas bem definidas: i) Definir problema; ii) Estabelecer metas e objetivos; iii) Identificar alternativas; iv) Avaliar as opções; v) Escolher a solução preferida e implementar; vi) Monitorar e avaliar.	Etapas do planejamento bem estabelecida; Baseia-se em métodos científicos; Realiza estudos abrangentes e comparações; Busca a melhor solução entre as alternativas; Enfatiza o monitoramento, a avaliação e a reflexão.	Perspectiva muito orientada tecnicamente; Focado em análises quantitativas; Fechado para participação; É um processo complexo, demorado e caro; Pouco flexível a mudanças e adaptações.	Campbell & Fainstein, 1996a; Mitchell, 1997; Hock, 2000; Noble, 2000; Baum, 2001; Wheeler, 2004; Hostovsky, 2006
<u>Planejamento Integrado</u>	Busca uma abordagem holística, diferencia-se das demais abordagens por não ter um foco setorial. Trabalha com uma perspectiva mais operacional, foca-se em variáveis-chave (Não compreensivo/exaustivo), busca assimilar diferentes opiniões (não só de técnicos), envolve participação do setor público, e gera soluções por consenso. Foca em soluções tecnológicas e normativas.	Abordagem holística; Busca respeitar a capacidade dos ecossistemas; Busca propor soluções de abordagem social, ambiental e econômica; Busca agregar a opinião de vários atores interessados; Busca legitimação de suas soluções; Enfatiza a integridade do planejamento, gestão e controle.	Superestima a capacidade dos Planejadores; É frágil com relação as incertezas e complexidades; É tecnicista	Conyers & Hills, 1986; Briassoulis, 1989; Mitchell, 1997, 1999; Kay, et al., 1999; Tarsitano, 2006
<u>Planejamento Estratégico</u>	Foca a abrangência, estimula a competitividade através de um processo contínuo e iterativo; Considera fatores externos e internos ao Planejamento e utiliza principalmente a análise SWOT/FOFA	Tomada de decisões com base em análises abrangentes; Análise SWOT; Realça as vantagens competitivas; Foca a ação em questões estratégicas; Enfatiza presente e o futuro. Orientado para resultados atacando as questões estratégicas e as oportunidades.	Não dedica atenção para a implementação; Restrições culturais/legislação podem limitar sua flexibilidade; Problemático para organizações sem fins lucrativos; muitas organizações o utilizam como um "ritual"	Denhardt, 1986; Bryson & Roering, 1988; Bryson, 1995; Stead & Stead, 2004

<u>Planejamento Incremental</u>	Incrementalismo: propõe pequenas mudanças, através de metas atingíveis no curto prazo, reconhece a complexidade e a incerteza, não se propõem a encontrar todas as alternativas e baseia-se no princípio da precaução	Estabelece metas atingíveis e geralmente satisfatórias; Atinge metas realistas, a curto prazo; Respeita o princípio de precaução	Muito conservador, idealista pouco prático; Pode provocar inércia e ter um caráter anti-inovação; Pode ser ineficiente	Lindblom, 1959, 1974; Altshuler, 1965; Durand, et al., 1982; Campbell & Fainstein, 1996b; Mitchell, 1997
<u>Planejamento Adaptativo</u>	Tem como princípios a adaptação e a flexibilidade: pressupõem que só se aprende fazendo, é um método de tentativa e erro. Busca desenvolver planos específicos para região que se irá aplicar. O monitoramento e a avaliação são contínuos o que permite o ajuste da política.	Estabelece e implementa planos baseados em condições locais; Flexível e resiliente; Monitorização e avaliação contínua e ajustes da política; método construtivo, comparativo, empírico e holístico	Pode ser passivo; Deixa obscuro as relações de causa e efeito entre as atividades de intervenção e mudanças; Pode ser difícil de ser adotado na prática	Holling, 1978, 1986; Haney & Power, 1996; Walters & Holling, 1990; Thom, 2000; Parma, et al., 1998
<u>Advocacy and Transactive Planning</u>	Tem como base a equidade, a participação e a reflexão. Busca a participação popular e os planejadores devem representar os grupos afetados pelo Plano, assim como fazer o meio de campo entre população e setor público e a comunicação entre os segmentos.	Preza por transparência e acessibilidade de informação de qualidade. Busca envolver os cidadãos e líderes na tomada de decisão; Defende os interesses do público especialmente os grupos desfavorecidos	Pode ficar sujeito a restrições legais e política; Pode ser ineficaz na construção de alternativas; Desconsidera a abordagem científica; Tempo e orçamento são limitações à participação; Dúvidas sobre a eficácia da comunicação e sobre o processo de representação entre planejadores e atingidos. Desconsidera as relações de Poder.	Davidoff, 1965; Hudson, 1979; Friedmann, 1987, 1996; Healey, 1992, 2003; Khakee, 1998; Booher & Innes, 2002; Wheeler, 2004; etc.
<u>Planejamento Colaborativo</u>				

Fonte: autora (2019). Adaptado de BI (2011).

De modo geral, é possível afirmar que as técnicas de planejamento são semelhantes quanto ao objetivo, mas costumam diferir no tocante às metas, que são influenciadas por fatores políticos e sociais. As técnicas, normalmente, refletem a necessidade de expansão de alguns setores da economia (indústria pesada, desenvolvimento de grandes obras de infraestrutura), consideradas condições fundamentais para o desenvolvimento dos países (SANDRONI, 1999). Segundo Lafer (1987), o Planejamento pode ser realizado nos mais variados graus e níveis de aplicação, abrangendo parcial ou integralmente a economia e seus setores.

O Planejamento, conforme indicado na revisão bibliográfica, engloba diversas linhas de discussões. Mannheim e Marx trabalharam a questão do Planejamento sob a ótica da atividade política. Mannheim (1951) teorizou sobre os problemas emersos da atividade de planejar, tais como o da dificuldade de conciliar liberdade individual, representatividade legítima dos grupos de interesse e multiplicidade de objetivos da planificação: “Quem planeja os planejadores?”.

Outros autores se preocuparam, da mesma forma, em apresentar uma oposição entre as duas atividades — o planejamento e a política —, uma vez que a primeira delas, relacionada com a administração, busca centralizar decisões e resultados, enquanto a outra preza pela preservação da liberdade individual e, portanto, pelo jogo de forças entre os grupos interessados em não se submeterem aos objetivos e metas do planejamento (CARDOSO, 1987). Segundo Cardoso (1987), o planejamento, no sistema capitalista, pode estar condicionado à vontade política — entenda-se por vontade política o mesmo que *decisão política*, que decorre da imposição (mesmo que legitimada) da vontade de determinado grupo (ou classe) sobre outros, ligando-se, dessa forma, a uma esfera não racionalizada, que é o campo de luta entre os grupos sociais no qual a incerteza predomina, invadindo a área de decisões tomadas racionalmente (metas e objetivos almejados).

As linhas de transformação do pensamento sobre o problema do planejamento multiplicaram-se e entrecruzaram-se. De uma parte, aceitou-se implicitamente a crítica marxista da ideia de liberdade herdada do pensamento ilustrado: o sujeito dessa liberdade não poderia ser o indivíduo como um ser indeterminado e geral. Ao contrário, a possibilidade do exercício efetivo da liberdade depende cada vez mais da situação concreta, na qual grupos organizados têm asseguradas as informações para a definição de seus interesses, conhecem suas necessidades e dispõem dos meios de organização para lutar por seus objetivos. Por outro lado, ficou claro que independentemente do julgamento das ideologias, quanto ao significado abstrato do planejamento como técnica de liberdade ou de compulsão, o próprio desenvolvimento tecnológico, especialmente a revolução dos meios de comunicação, a urbanização acelerada do mundo contemporâneo e a “crise política” generalizada (...) [A] formação de “sociedade de massas”, puseram

em xeque as concepções teóricas que tornavam conceitos antinômicos política e administração, liberdade e planejamento (CARDOSO, 1987, p. 164).

Ainda sobre a Teoria do Planejamento, cabe apontar diferentes classificações, tais como Teoria Política Normativa do Planejamento, Teoria da Ciência Política Positiva e Teoria Comportamental do Planejamento (FALUDE, 1973). A distinção feita entre as abordagens normativa e comportamental reside, em primeiro lugar, na área do conhecimento que estuda a tomada de decisão e, depois, no estudo da formulação de políticas. A Teoria Normativa está preocupada com a forma como os planejadores devem proceder para implementar planos racionais, enquanto as abordagens comportamentais se concentram mais nas limitações dos planejadores no cumprimento de seu programa de ação racional; já a Teoria Positivista assume que é perfeitamente concebível o modo de operação do Planejamento Racional, assim como fazer assunções sobre ele²⁴.

Todo modelo pressupõe a racionalidade da ação, isto é, a possibilidade de prever a realidade e, assim, mudá-la. A previsão é feita através da escolha de variáveis relevantes para explicar determinada situação. Não há, necessariamente, uma relação determinista entre as variáveis e o fenômeno explicado; antes há uma correlação estatística — o conceito de causalidade é probabilístico. (...) supõe-se que os acontecimentos não sejam únicos e que a História não se dê ao acaso. As variáveis usadas no modelo explicam sempre certa porcentagem do fenômeno — o restante é atribuído a fatores não identificados, ao acaso, e que, por esse motivo, não pode ser analisado racionalmente (LAFER, 1987, p. 26).

Porter (2011) apresenta ainda um contraponto às visões, às teorias e aos modelos de planejamento discutidos ao longo desta seção. Para a autora, o conceito, bem como suas estratégias e visões de mundo, é produto das relações coloniais e, por isso, reproduz os resultados do colonialismo, seja na situação em que se encaixam, seja pelos agentes que o aplicam. Disso decorre, principalmente, o embate de visão de mundo entre indígenas, comunidades tradicionais, grupos de resistência e de concepções divergentes da sociedade hegemônica, o que resulta, na maioria das vezes, na destruição cultural e territorial desses indivíduos que ficam reféns da visão progressista e colonialista do planejamento e do zoneamento dos territórios.

É certo que não se pretende aqui exaurir tal discussão; no entanto, buscou-se, através da revisão bibliográfica, levantar os principais debates sobre a Teoria do Planejamento, assim

²⁴ As diferenças entre os modelos normativos e os modelos positivos consistem no fato de que os últimos estão baseados em fatos ou declarações verificáveis, enquanto os primeiros trabalham sobretudo com valores.

como o histórico de sua emergência e a sua finalidade. Resumidamente, foi possível observar cinco tendências que se desenvolveram e se consolidaram ao longo dos anos. A primeira se refere ao surgimento do planejamento como forma de controle econômico centralizado (LAFER, 1987); posteriormente, o planejamento passa a ser uma ferramenta de uso de técnicos para proposição de opções otimizadas nas políticas públicas; a terceira fase é a da inclusão social no processo de planejamento (HEALEY, 2003); a quarta transforma o planejamento em um artifício político; por fim, a última tendência diz respeito ao envolvimento direto dos planejadores na implementação dos planos e do planejamento em “tempo real”. Nessa tendência hegemônica (ao menos nos EUA), os planejadores deixam o papel de analistas que aconselham os políticos e passam a atores políticos (FRIEDMANN, 2008).

O caráter essencial do planejamento centralizado e compulsório esteve em constante evolução e, atualmente, existe uma inflexão mundial na participação pública e na descentralização da atividade de planejamento, como o ocorrido já desde a época da Revolução Industrial com o Planejamento Urbano e, mais recentemente, com outras áreas estratégicas, como o Planejamento Energético (HIREMATH et al., 2009, 2010; HIREMATH; SHIKHA; RAVINDRANATH, 2007; KOIRALA et al., 2016).

2. Teorias do Planejamento Urbano

Dado que o objeto de pesquisa é o Planejamento Energético Urbano, além da revisão do conceito e das teorias do Planejamento, foi também necessário realizar o mesmo movimento visando contemplar os temas do Planejamento Urbano e do Planejamento Energético (este último apresentado mais adiante). Para tratar do Planejamento Urbano, foi necessário compreender a origem do conceito. Para tanto, será apresentada a seguir uma revisão da literatura especializada sobre o assunto, começando pelo surgimento do urbanismo e de suas vertentes teóricas para, depois, abarcar a questão do Planejamento Urbano, que é a prática do urbanismo.

2.1 Correntes do Urbanismo e Planejamento Urbano

Urbanismo é entendido como um campo do conhecimento cujo objeto de estudo é a cidade (MONFRÉ, 2015). A área surgiu como uma reação aos problemas originados na 1ª Revolução Industrial, sobretudo nas cidades da Inglaterra (TAYLOR, 1998). Com a intensa industrialização ocorrida nessa época, as cidades sofreram mudanças estruturais radicais, principalmente em decorrência do grande crescimento populacional ocasionado pelo êxodo dos

trabalhadores rurais em direção às cidades, em busca de empregos nas indústrias e de melhores condições de vida (BENEVOLO, 1987). O urbanismo²⁵ é, portanto, a disciplina que procura entender e solucionar os problemas urbanos.

A concentração de população nas cidades gerou condições externas negativas, tais como a deterioração da qualidade de vida em decorrência da falta de infraestrutura adequada para suportar o grande contingente de pessoas. Os resíduos, por exemplo, assim como o esgoto, eram despejados nas ruas, o que aumentava os vetores de doenças, que se disseminavam rapidamente devido à grande concentração populacional (HAROUEL, 1990).

De forma análoga ao que aconteceu no Brasil com a implementação do sistema de energia elétrica (desenvolvido no século XIX), que nasceu de forma local e através de atuação da iniciativa privada (MERCEDDES; RICO; POZZO, 2015), a infraestrutura das cidades também foi construída na Europa pela iniciativa privada e de forma seletiva, restrita e quase sem nenhum controle (BENEVOLO, 1980). É exatamente nesse contexto conturbado que emergem as diversas correntes do urbanismo. Data dessa época o “urbanismo sanitaria”, cuja concepção de visão está relacionada à corrente de pensamento do higienismo, que tinha como principal objetivo a salubridade dos centros urbanos (MÜLLER, 2002). O pensamento higienista está ancorado na “teoria dos meios”, cuja tradição remete a Hipócrates: com ele, iniciou-se a discussão sobre a necessidade da higiene pública a partir do planejamento das cidades, dando ênfase à questão da qualidade do ar e da água, fontes de preservação da vida nas cidades (TOMÁS, 1996). As ações higienistas preocupavam-se especialmente com as classes menos privilegiadas e chegaram a influenciar decisivamente o modo de vida de toda a sociedade do século XIX, alterando, inclusive, a vestimenta de homens e mulheres (MÜLLER, 2002).

Para controlar e evitar os problemas de saúde pública que se revelavam, foi aprovada, em 1848, a primeira lei sanitária: a *Public Health Act*, do Reino Unido. Esta lei é a precursora dos Códigos Sanitários brasileiros. A rigor, ela determinou condições de abastecimento de água e de controle de sua potabilidade, canalização de esgotos, drenagem de áreas inundáveis, entre outras medidas (DAMASCENO, 1996). A partir desse marco, começam a surgir legislações específicas de natureza urbanística que passam a definir alguns pontos: densidades populacionais, critérios para a implantação de loteamentos, gabaritos de altura, distância entre edificações e até as características de cada edificação, tais como estabelecimento de espaços,

²⁵ O termo urbanismo é considerado relativamente recente, segundo Bardet (1990) este termo surgiu pela primeira vez em 1910. No entanto, Benevolo (1980) considera que o urbanismo moderno nasceu antes da utilização do termo, entre 1830 e 1850.

aberturas e materiais a serem empregados (ABIKO; ALMEIDA; BARREIROS, 1995). Daí decorrem os regulamentos urbanísticos vigentes, as leis de zoneamento, o uso e ocupação do solo e os códigos de obras.

Outro importante documento de referência para o urbanismo é a “Carta de Atenas”. Essa denominação indica pelo menos dois escritos distintos, produzidos em diferentes instâncias: a Carta de Atenas, elaborada em 1931, no 1º Congresso Internacional de Arquitetos e Técnicos de Monumentos Históricos; e o segundo documento, redigido no âmbito do CIAM – Congresso Internacional de Arquitetura Moderna, em 1933 (ALMEIDA, 2009). Segundo Almeida (2009), tais documentos têm abordagens distintas e também se baseiam em concepções arquitetônicas divergentes. A primeira carta é voltada para a conservação do patrimônio arquitetônico e urbano; já a segunda carta tem um viés mais engajado socialmente, contendo propostas de inovação do chamado “Movimento Moderno”, tanto no âmbito da arquitetura como no urbanismo. A segunda versão da “Carta de Atenas” guarda a concepção do “urbanismo progressista”, também conhecido por “urbanismo racionalista” ou ainda “funcionalista”, que pressupunha que as mudanças sociais e econômicas deveriam ser acompanhadas das transformações arquitetônicas. Tal corrente considerava que as cidades faziam parte de um conjunto de elementos regionais e que, para resolver os problemas urbanos, era necessário levar em consideração todos os elementos constitutivos daquela localidade (ABIKO; ALMEIDA; BARREIROS, 1995).

Em resumo, para os documentos supracitados, a cidade possuía quatro funções fundamentais, que deveriam ser consideradas pelo urbanismo: habitar, trabalhar, circular e cultivar o corpo e o espírito. Planos urbanísticos inspirados na “Carta de Atenas” foram propostos para França, Japão, Estados Unidos, Brasil e Índia. Brasília, por exemplo, é o resultado de um urbanismo que tem como inspiração a Carta de Atenas, pois estabelece zonas urbanas bem definidas e separadas, constrói grandes espaços entre as edificações e determina um tipo circulação mais eficiente para os seus propósitos (MONTE-MÓR, 2007).

É a partir da elaboração da Carta que as ideias sobre o urbanismo evoluíram rapidamente. Cabe aqui destacar a “Carta do Planejamento Territorial”, de 1952, redigida na França, que declara como objetivo do planejamento territorial a organização racional do espaço e a implantação de equipamentos apropriados, as condições ótimas de valorização da terra e as situações mais convenientes para o desenvolvimento humano de seus habitantes (BIRKHOLZ, 1967).

Surgem, a partir do século XX, muitas teorias para explicar os fenômenos da urbanização que estavam sendo vivenciados. As diferentes interpretações passam a apresentar modelos para a resolução dos problemas das cidades através de intervenção de casos concretos no espaço da cidade. O pensamento urbanístico foi se desdobrando em prática, dessa forma, o Planejamento Urbano contempla a prática urbanística e também a política governamental.

Choay (1965) definiu as diferentes orientações do início do século XIX até início do século XX como “pré-urbanistas”, destacando como sua principal característica a presença de reflexões mais genéricas a respeito dos problemas encontrados nas cidades. Foi desenvolvido, assim, os pensamentos que embasariam a prática urbanista. As correntes urbanistas, por sua vez, são sustentadas por profissionais formados na área e, portanto, possuem preocupação mais especializada, além de proporem projetos e planos de ação na prática (MONFRÉ, 2015).

Em diversos artigos²⁶, são apresentadas revisões sobre as correntes teóricas do urbanismo. O ponto comum é a referência a Choay (1965), cuja periodização propõe a seguinte divisão: i) Pré-Urbanismo Progressista; ii) Pré-Urbanismo Culturalista; iii) Pré-Urbanismo Sem Modelo; iv) Urbanismo Progressista; v) Urbanismo Estético Viário; vi) Urbanismo Culturalista; vii) Urbanismo Naturalista; viii) Antiurbanismo; xix) Tecnotopia e, xx) Antrópolis. Vejamos, em detalhes, cada uma dessas escolas.

A corrente Pré-urbanista Progressista e Urbanista Progressista (também chamada de Urbanismo Sanitarista, Funcionalista ou Racionalista) caracteriza-se pela visão positiva a respeito do processo que engloba intensas mudanças, cujo evento central é a Revolução Industrial. Apesar de perceber a necessidade de mudança na configuração das cidades, principalmente em decorrência da insalubridade, oferece-se um quadro de vida rígido para a população, contribuindo, através da implementação de um modelo de zoneamento da cidade, para a segregação social e para a setorização do meio urbano. Sob essa orientação, o urbanista é tido como um “médico” ou um “padre”, pois detém a verdade e é conhecedor do homem — denominado por esta teoria do conhecimento como “homem-tipo”, passível de classificação, de determinação de comportamento e de identificação de suas necessidades. O Progressismo pensa

²⁶ ABIKO, A. K.; ALMEIDA, M. A. P. DE; BARREIROS, M. A. F. Urbanismo: História e Desenvolvimento. 1995. (Série textos básicos para a formação, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo); KOHLSDORF, M. E. Breve histórico do espaço urbano como campo disciplinar. In FARRET, Ricardo L. **O espaço da cidade**. São Paulo: Projeto, 1985, p. 1–20; MONTE-MÓR, R. L. As teorias urbanas e o planejamento urbano no Brasil. In: DINIZ, C.C.; CROCCO, M. B. (Ed.). *Economia regional: contribuições teóricas recentes*. Belo Horizonte: Editora UFMG, p. 61–85, 2006; e MONFRÉ, M. A. M. Modelos de urbanismo: conceitos, desenhos e tipos conforme “o urbanismo” de Françoise Choay. *Revista Belas Artes*, v. 18, p. 15, 2015.

a cidade a partir das noções de eficácia e produtividade, prezando pelas características utilitárias de busca pela salubridade, pelo controle e por uma estética formal e organizada (KOHLSDORF, 1996). Cabe destacar ainda a principal herança prático-teórica desse período: o zoneamento do uso do solo, inspirado na famosa “Carta de Atenas”, que, anos mais tarde, ganharia dimensões mais expressivas, apoiada em teorias sociais e econômicas nascidas nos Estados Unidos: “De fato, o zoneamento proposto em Atenas ainda informa, de modo mais ou menos rígido, a grande maioria dos planos urbanos realizados no país (Brasil)”(MONTE-MÓR, 2006, p. 7).

Na sequência, a corrente Pré-urbanista Culturalista (ou Urbanista Culturalista) faz o contraponto ao Progressismo. Nesse sentido, considera a Revolução Industrial um evento negativo; prioriza o papel cultural da cidade, que deve satisfazer as necessidades espirituais como busca de promoção da interação social e do estabelecimento de cidades esteticamente agradáveis. Por isso, a forma da cidade deve possibilitar a integração, ao cotidiano dos indivíduos, do lazer e da cultura por meio da acessibilidade facilitada. Destaca-se, assim, a oposição ao zoneamento setorial pregado pelo Progressismo. Para os culturalistas, o rendimento da cidade não é importante; importa mais o desenvolvimento harmônico dos indivíduos. Para tanto, as construções que seguiram essa corrente não buscavam a padronização, mas sim a individualidade. Os culturalistas prezavam pela construção de espaços e edifícios comunitários e culturais com forte apelo estético. Nessa vertente, o urbanista é considerado um “artista”; no entanto, ao definir modelos fechados de construção das cidades, acaba por desconsiderar a imprevisibilidade das diferentes sociedades.

Com relação ao Urbanismo Estético-Viário²⁷, tem-se, na prática, a criação de uma nova rede de avenidas com edificações de caráter monumental, além das sedes dos poderes governamentais e civis mais importantes. Na periferia, por sua vez, são implantadas avenidas de circunvalação e espaços públicos urbanos. O apelo viário dessa corrente, nascida na época das carruagens e dos bondes, no final do século XIX, será útil quando do surgimento dos veículos automotores e da implantação plena das cidades contemporâneas (CAMPOS FILHO, 1989).

Em relação ao Pré-Urbanismo Sem Modelo, cabe destacar as considerações de Engels e Marx. Tal orientação foi considerada por Choay (1965) a única vertente do urbanismo com

²⁷ O texto de Abiko, Almeida e Barreiros (1995) faz menção ao Urbanismo Estético-Viário e ao Urbanismo Cartesiano. Ambas as correntes não são apresentadas por Choay como uma categoria específica, tal como os autores mencionados propõem. No entanto, é possível observar que as suas características podem ser encontradas na corrente Progressista, descrita por Choay (1965)

base científica. Ela não consiste em proposição ou concepção de cidade; os autores citados fazem uma crítica às correntes urbanísticas que propunham modelos ou mudanças na forma de organização da cidade como forma de solução de suas mazelas sociais. Para o Urbanismo Sem Modelo, as cidades são uma projeção social decorrente do sistema econômico adotado. Portanto, só haveria possibilidade de transformação da realidade através de alterações mais amplas do que o espaço limitado das cidades (CHOAY, 1965). Dessa forma, a tentativa de planejar futuras organizações morfológicas da cidade sem alterar as relações de dominação das classes sociais é inútil, pois as mazelas observadas são resultado de seu contexto e não de sua forma.

As correntes Antiurbanista (também chamados de Utópicos) e Naturalista, por sua vez, basicamente negam as cidades e propõem o retorno do homem à natureza. A corrente Naturalista mescla as características urbanas progressistas e culturalistas, organizando as atividades dentro das cidades de maneira dispersa, isoladas por grandes distâncias e dimensionadas a partir de unidades reduzidas. As habitações são sempre individuais e possuem uma área privada cultivável, remetendo a uma organização celular e segregada (KOHLSDORF, 1985). Tais características determinavam o estabelecimento de um espaço antiurbano, onde prevaleciam as características naturais do sítio, às quais se submetia a arquitetura. Essa linha de raciocínio daria origem ao urbanismo americano, que resultou no desenvolvimento de cidades dispersas, com baixa densidade populacional e com predominância de casas localizadas nos subúrbios (CHOAY, 1965).

Ainda sobre o Antiurbanismo, é importante destacar a expansão metropolitana, o avanço da industrialização e a urbanização extensiva, principalmente nos Estados Unidos da América (EUA), fatores que contribuíram para a fragmentação das cidades, provocando a saída das classes mais ricas dos centros das cidades, o que gerou uma suburbanização “despolitizada” (MONTE-MÓR, 2006). No contexto das cidades norte-americanas, essa suburbanização significou a expansão da malha urbana, gerando novas centralidades e dividindo o espaço habitado entre regiões bem estruturadas e ricas e regiões de concentração populacional de baixa renda e parcialmente marginalizada. A extensão das cidades para as periferias permitiu a emergência de novas cidades e de também de megacidades (MONTE-MÓR, 2006).

Importante apontar, porém, que a realidade europeia se diferencia da observada nos EUA e em outros países centrais. Na Europa, no pós-guerra, a mancha urbana também se estendeu para os subúrbios, principalmente em decorrência da industrialização fordista. No entanto, a classe social que ocupou as regiões de periferia foram os pobres e imigrantes, que

foram alocados nos conjuntos habitacionais inspirados no modelo progressista. Essa configuração acentuou os conflitos sociais que viriam a explodir ao final dos anos sessenta e que ainda se agravam nesses grandes centros (MONTE-MÓR, 2006).

A partir da Segunda Guerra Mundial, começa a erguer-se a crítica aos resultados obtidos pelas correntes Progressista e Culturalista. A Tecnotopia apresenta uma visão de cidade futurista, baseada na construção de pontes e edifícios altos e muito densos, em termos de população. Como objetivo, busca-se a liberação da superfície terrestre e o aproveitamento do subsolo e do mar (CHOAY, 1965). A Tecnotopia faz uso da construção de ambientes artificiais e climatizados: são cidades com um visual plástico. Sugere-se, com isso, a idealização do modelo tecnológico, com método diferenciado através da utilização de estruturas complexas — a esta corrente são atribuídos conceitos futuristas e da ficção científica (CHOAY, 1965).

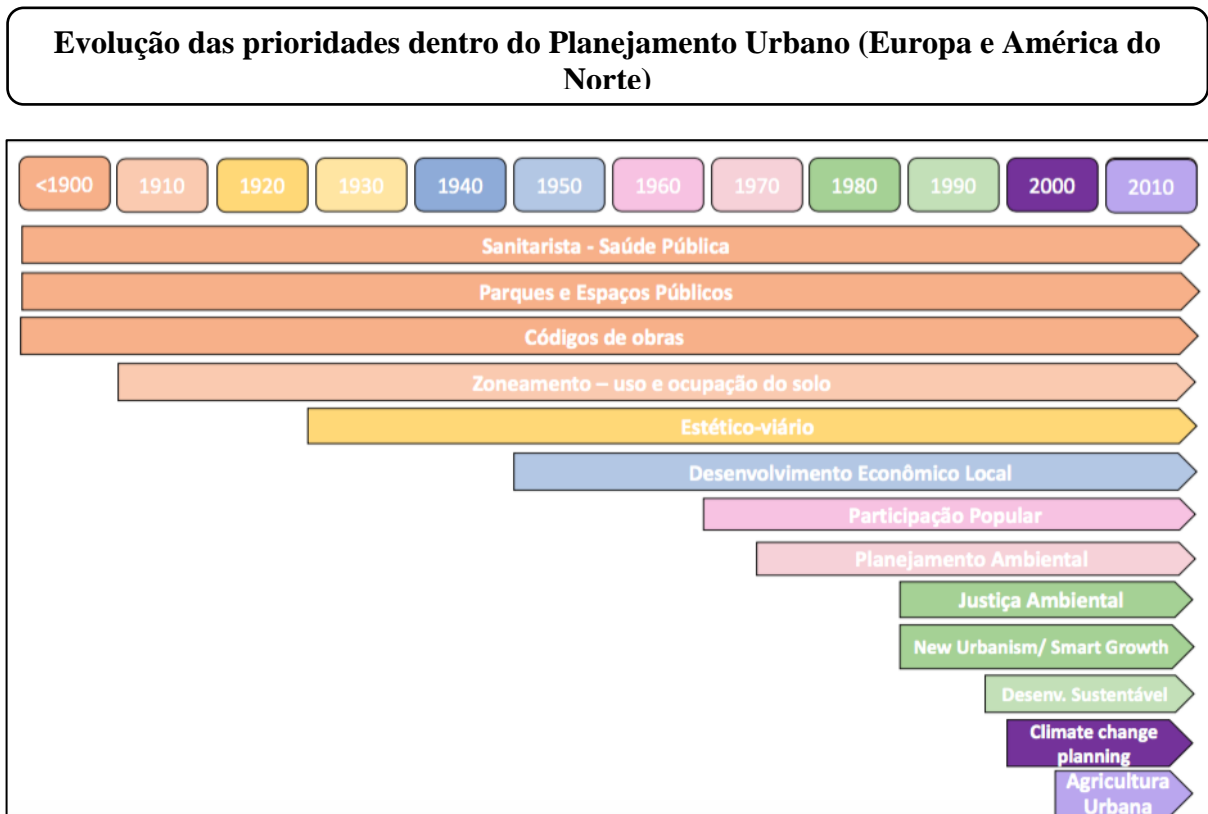
A ideia de Antrópolis, como o próprio nome sugere, significa “cidade do homem ou para o homem”. Trata-se, a rigor, de um modelo de planejamento mais humanista. Nele, coloca-se a necessidade de integração de outros profissionais à atividade de planejar as cidades, uma vez que devam ser levados em conta o diagnóstico social, geográfico e econômico de cada local (MONFRÉ, 2015). Apresenta-se, nesse momento, a complexidade do ambiente das cidades e uma ruptura com o pensamento reducionista, seja apelando para a tecnologia, para a técnica ou para a tradição cultural, seja pela heterogeneidade dos problemas das cidades (CHOAY, 1965). Assim, passam a fazer parte do urbanismo e do Planejamento Urbano a geografia humana e a demografia. Nesse sentido, a corrente Antrópolis transformou a forma de pensar o Planejamento Urbano, mas pouco se diferenciou em relação ao Culturalismo. Com a emergência desta última corrente, inicia-se a influência sobre o Planejamento das Cidades, bem como as teorias sociais em torno da cidade e da organização do espaço urbano (MONFRÉ, 2015).

Monte-Mór (2006) destaca as principais teorias sociais de influência na conformação das cidades: i) a sociologia urbana norte-americana da Escola de Chicago, de abordagem tanto cultural, quanto ecológica, com viés espacialista e naturalista; ii) a economia regional e urbana, que se consolidou em torno da Ciência Regional, definindo padrões de organização de redes de cidades (tomadas como lugares centrais), tamanhos e vantagens da aglomeração de atividades econômicas; iii) os modelos da ecologia urbana, promovendo a amplitude das várias áreas de mercado e dando ênfase à dimensão espacial no planejamento das cidades; iv) a corrente da cultura urbana da sociologia americana, centrando-se nos aspectos de tamanho, densidade e

heterogeneidade, além de combinar aspectos da ecologia humana e de uma personalidade urbana²⁸.

Ainda sobre as correntes contemporâneas do urbanismo, cabe destacar: o Urbanismo Ambientalista, dos quais derivam o *Green Urbanism*; o Urbanismo Sustentável e o Urbanismo Ecológico; e o *New Urbanism*, *Smart Growth* e *Transit-Oriented Development* (TOD). Todas as correntes supracitadas têm como escola o urbanismo humanista, denominado Antrópolis, e fazem oposição ao urbanismo progressista, como o urbanismo culturalista (CRUZ et al., 2016). Abaixo, a Figura 3 apresenta a agenda do urbanismo europeu e norte-americano, de 1900 a 2010:

Figura 3 – Agenda do Urbanismo nos últimos cem anos



Fonte: adaptado de (WHEELER, 2013).

Tais correntes surgem na década de 1990, principalmente nos Estados Unidos, como resultado de um processo histórico, econômico, tecnológico, social, político e, principalmente,

²⁸ “(...) definindo o urbanismo (e por oposição, o ruralismo) como um modo de vida, informou as percepções da cidade e do processo de modernização da sociedade por várias décadas. A urbanização passou a ser vista cada vez mais como uma necessidade da transformação das sociedades em busca de um futuro moderno (e melhor), com aprofundamento da divisão do trabalho, libertação das amarras da vida rural, sua complexificação e integração à vida cidadã” (MONTE-MÓR, 2006, p. 7).

de cunho ambiental²⁹. De forma geral, essas correntes buscam orientar o desenvolvimento urbano compacto, com uso misto do solo, promovendo a diversidade social e urbana, fomentando o uso do transporte público, em lugar do carro, além da utilização de energias renováveis, em detrimento dos combustíveis fósseis. Da mesma forma, apresenta-se a preocupação com o reaproveitamento e a reciclagem de materiais, buscando, também, a eficiência energética nas cidades e a gestão eficiente das águas.

Em sentido semelhante, o *Green Urbanism* defende que as cidades sejam compactas e comunitárias. De acordo com Beatley (2000), esta corrente busca o desenvolvimento de cidades sustentáveis através do fomento de um estilo de vida que preze pelo consumo equilibrado dos recursos mundiais de modo a evitar o desperdício. O *Green Urbanism*, Urbanismo Sustentável e o Urbanismo Ecológico são tendências críticas que carregam princípios similares e tem como marco a Cúpula da Terra de 1992 (ou Eco-92). Nesse evento, pelo uso de termos como *sustaining cities* (LEITMANN, 1999), *sustainable cities* (BEATLEY, 2000), *sustainable urbanism* (FARR, 2008), *green city* (KARLENZIG, 2007), *eco-towns*, *eco districts* e *eco-cities* (LEHMANN, 2014), foram apresentados os principais conceitos e características enfatizados por essas linhas do pensamento, tais como a busca pelo desenvolvimento sustentável. Tal feito, para essas correntes, torna-se possível a partir da adoção de algumas estratégias em termos de Planejamento Urbano: i) uso de transportes coletivos; ii) uso de cogeração e aquecimento urbano distrital; iii) incentivo à construção verde e *design* verde/passivo; iv) mudanças no estilo de vida, através do fomento por uma vida mais saudável, e uso de transporte não motorizado (as caminhadas e a bicicleta, por exemplo), alcançando, também, objetivos em redução do consumo de energia para o setor de transportes (BEATLEY, 2000).

Importante notar que a principal agenda das correntes supracitadas está intimamente relacionada às questões das mudanças climáticas, da perda da biodiversidade, da mitigação e de resiliência³⁰ das cidades. Tem-se argumentado que o interesse central dessas teorias é a

²⁹ São elas: o *Green Urbanism*; o Urbanismo Sustentável e o Urbanismo Ecológico; e o *New Urbanism*, *Smart Growth* e *Transit-Oriented Development* (TOD).

³⁰ “Mitigação”, para a agenda das mudanças climáticas, refere-se ao ato de reduzir as emissões por fontes de gases de efeito estufa e de fortalecer ações que possam minimizá-las na atmosfera (disponível em: <<http://www.mma.gov.br/informma/item/229-mitiga%C3%A7%C3%A3o-da-mudan%C3%A7a-do-clima.html>>; acesso em: 26 abril 2019); “resiliência”, por sua vez, reside na capacidade das cidades de adaptarem-se às alterações associadas às mudanças climáticas. Uma cidade resiliente pode ser definida da seguinte maneira: “Therefore, a resilient city is one that assesses, plans and acts to prepare for and respond to hazards - natural and human-made, sudden and slow-onset, expected and unexpected. Resilient Cities are better positioned to protect and enhance people's lives, secure development gains, foster an investible environment, and drive positive change” (disponível em: <http://urbanresiliencehub.org/what-is-urban-resilience/>>; acesso em: 26 abril 2019).

regulação do relacionamento entre a cidade e o ambiente. Em adição a isso, é preciso destacar que tais correntes também priorizam a criação de novas cidades, ao invés de reformular aquelas já existentes. Nesse sentido, o urbanismo verde encontra aqui uma dissonância, pois, segundo Timothy Beatley e Steffen Lehmann, é possível transformar as cidades existentes por meio da fragmentação em cidades compactas (BEATLEY, 2000; LEHMANN, 2010).

Em seguida, as correntes *New Urbanism* (Urbanismo Novo), *Smart Growth* (Crescimento Inteligente) e *TOD* são inspiradas, segundo Cruz et al. (2016), pelos conceitos apresentados por Jane Jacobs (cuja obra referência é *Urban Condition*, publicada em 1961). Outros autores de destaque são Duany e Zyberk (2000). As três correntes têm como principais características o fomento de um planejamento urbano que possibilite a alta densidade urbana, com ocupação compacta, eficiência energética, uso racional de recursos não renováveis, fomento ao deslocamento por meios de transporte não motorizados e/ou coletivos e, por fim, uso de tecnologias de baixo impacto ambiental.

O *New Urbanism* tem, em sua essência, o ideário do *Smart Growth* (Crescimento Inteligente), dentro do qual são buscadas aplicações independentes, atreladas a projetos específicos de renovação urbana. Ele surge como uma nova tendência de planejamento urbano, principalmente nos EUA, onde muitos projetos passaram a considerar a importância das comunidades³¹, buscando um retorno concreto para as cidades pequenas, densas e compactas (RIBEIRO, 2009). Fazem parte dessa concepção também as *Smart Cities* (Cidades Inteligentes), que vislumbram o desenvolvimento e a implementação de sistemas de alta tecnologia da informação para suporte à gestão urbana. Intimamente relacionadas a essa concepção, estão também as *Smart Grids* (Redes Inteligentes), ou redes de energia elétrica que utilizam avançadas tecnologias de informação e comunicação para monitorar e gerenciar o transporte de eletricidade, a partir de todas as fontes de geração (RIVERA; ESPOSITO; TEIXEIRA, 2013). As redes inteligentes são dispositivos capazes de armazenar dados e fazer a coligação deles em determinada área. Esta tecnologia, composta da criação de uma infraestrutura de transmissão/distribuição de energia elétrica, permite a utilização desse tipo de

³¹ Segundo Bressi (1994), a proposta de fomentar cidades enfatizando o aspecto comunitário é pautada por quatro elementos centrais: 1) os miolos dos bairros devem ser um espaço público com equipamentos cívicos e institucionais, buscando construir uma identidade comunitária; 2) cada bairro deve acomodar diversos tipos de moradias e ter zoneamento misto, de forma a induzir lugares de vivência, trabalho, compras e lazer; 3) os carros devem ser utilizados como transporte para grandes distâncias. Na cidade e no bairro, a mobilidade deve ser realizada por meio de bicicletas, do transporte coletivo ou a pé; 4) os prédios não devem ser concebidos como objetos isolados de seu contexto e entorno. Os conceitos tradicionais de comunidade, denominados *Traditional Neighborhood Development* (TND), são empreendimentos típicos do *New Urbanism*.

rede para a transmissão de dados. O seu principal objetivo é o de aprimorar o controle e a operação das redes elétricas, de forma a monitorar o consumo e a demanda em tempo real.

Por fim, o *New Urbanism*, o *Smart Growth* e o *TOD*, movimentos que priorizam o homem em oposição ao carro, pregam os usos mistos em detrimento da separação de funções, a densificação das atividades e das formas urbanas e o predomínio do público sobre o privado. Por meio do estímulo ao desenvolvimento de uma cidade mais compacta e mista, incorporam-se projetos para diminuição dos gastos de energia, principalmente no que toca à mobilidade urbana, favorecendo os encontros de pessoas e o senso de comunidade. Por um lado, tais correntes contrapõem-se ao modelo de desenvolvimento horizontal dos subúrbios (o antiurbanismo); por outro lado, reafirmam os pressupostos baseados em conceitos históricos e tradicionais do Culturalismo, principalmente no que diz respeito à edificação de espaços fechados, com vias estreitas e movimentadas, típicas do urbano pré-industrial. Contudo, elas também favorecem a corrente progressista, uma vez que embasa suas decisões em preceitos técnico-científicos com forte preocupação em relação ao desenho urbano (RIBEIRO, 2009). Cabe destacar ainda que tais correntes também se aproximam dos princípios das Cidades-Jardins, que projetam bairros com centros e limites bem definidos:

O conceito de Cidades-Jardins representa uma referência histórica importante no que tange o *New Urbanism*, ao levar para os projetos a preocupação em manter ao redor da cidade um amplo cinturão verde e os desígnios da vida campestre (RIBEIRO, 2009, p. 70).

O problema urbano se deslocou da concepção ideológico-formal do espaço, que analisava a cidade como um instrumento que devia ser funcional, para uma visão da concentração urbana centrada na ideia de resolução técnica dos serviços de consumo coletivo, os quais o Estado deveria prover. Tais fatores, associados à tentativa de “ordenação” do espaço em expansão³² (MONTE-MÓR, 2007), exprimem as principais nuances do cenário brasileiro quando da implementação da Política Nacional de Planejamento Urbano.

De fato, o Planejamento Urbano é a prática urbanística que historicamente nasce muito ligada aos interesses imobiliários e econômicos. Atualmente, verifica-se uma inflexão do planejamento, que começa a ser discutido mundialmente sob a perspectiva da qualidade de vida, com a inclusão das questões ambientais, da desigualdade, da pobreza e da imigração, além de uma preocupação menor em relação à economia urbana e maior em relação às condições

³² Movimento influenciado pela localização de investimentos, públicos e privados, e demais indutores, tais como a legislação apropriada ao controle social.

políticas, sociais e ambientais das cidades. Depreende-se disso que o Planejamento Urbano emerge como um instrumento ligado à emergência das cidades e à reprodução coletiva da força de trabalho. Daí que os primeiros setores da cidade que passam a receber centralidade de investimentos privados e públicos sejam o setor de habitação, elemento considerado fundamental para a reprodução da força de trabalho, e o setor de transporte público, necessário para possibilitar o acesso ao trabalho.

O planejamento urbano buscou construir nas cidades a organização espacial que melhor atendesse às demandas crescentes da indústria, segmento que capitaneou o crescimento econômico. Entretanto, os anos que se sucederam à crise do capitalismo de 1929 fizeram com que a questão urbana pudesse ser cada vez mais redefinida e discutida em função da problemática regional, que recolocava as cidades como os centros de um sistema econômico organizado em bases regionais e/ou nacionais. Preocupações com a hierarquia urbana, a rede de cidades e sua inter-relação tornaram-se correntes, articulando cada vez mais as dimensões urbanas e regionais (MONTE-MÓR, 2006).

De forma geral, o *crash* de 1929 evidenciou a excessiva concentração industrial em áreas restritas e unificou as três escalas do planejamento espacial: a urbana, a regional e a nacional. Ressaltaram-se, então, os problemas da concentração populacional, econômica e industrial nas metrópoles. Com a dimensão que a questão urbano-regional ganha estrategicamente para o crescimento econômico nacional, realizar o planejamento urbano nas cidades tornou-se o principal instrumento para a propulsão do novo ciclo de desenvolvimento prometido ao final da Segunda Guerra Mundial. É nesse período que a “máquina de planejamento do pós-guerra” (HALL, 1966), montada na Inglaterra e nos Estados Unidos, se espalhou com o auxílio e organismos internacionais, de modo a impactar particularmente a América Latina. Esses organismos passaram, dessa forma, a exercer grande influência no planejamento do país, papel desempenhado especialmente pela Comissão Econômica para a América Latina (Cepal) e pelo Instituto Latinoamericano para a Pesquisa Econômica e Social (Ilpes). No âmbito nacional, é fundamental mencionar a atuação da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (Sudene) no planejamento regional, assim como a aparelhagem e a organização do Estado realizadas nos anos seguintes.

Kohlsdorf (1996) faz uma sistematização histórica da evolução do Planejamento Urbano e das várias teorias do conhecimento que acabam influenciando a sua prática. Em um primeiro momento, o Planejamento Urbano é aplicado segundo a corrente progressista e serve como ferramenta para reorganizar o capitalismo globalmente. Logo em seguida, verificou-se a forte

influência das ciências humanas no planejamento das cidades, tais como a sociologia urbana, que passou por várias correntes interpretativas, tais como a ecologia humana (Park), a neoeologia (Hawley), o comportamentalismo (Duncan), os empiristas-quantitativos e teóricos da cidade (Durkheim, Max Weber e Simmel-Davies).

Cabe igualmente destacar as abordagens econômicas da cidade de Adam Smith e diversas correntes da macroeconomia regional (neoclássicas, keynesianas e teoria de Vernon), além das microeconômicas de localização (Walras & Pareto, Alfred Weber, Alonso, Lösch & Chistaller, Perroux). Também se observa um resgate da teoria marxista. Na geografia, a questão urbana foi abordada através de observações estritamente físicas e descritivas, pelos métodos quantitativos, pelo formalismo e até pela “transdisciplinaridade” de Milton Santos. Entraram em cena a Antropologia e a História, através das disciplinas localizadas nas Ciências do Homem (Linguística), da Vida (sobretudo a Ecologia), da Terra (Geologia, Hidrologia) e das Exatas (a Física, a Informática e a Matemática) (KOHLSDORF, 1996). Conclui-se, assim, que o planejamento não é uma atividade abstrata e independente dos fins que procura atingir; é imprescindível que ela esteja diretamente referida ao contexto em que será exercida.

3. Teorias do Planejamento Energético

Del Valle (1984 *apud* BI, 2011) definiu o Planejamento Energético como um processo que fornece orientação racional e sistemática para o desenvolvimento energético. Bi (2011) acrescentou que se trata de um processo de formulação, implementação, monitoramento e adequação das Políticas e Planos Energéticos baseados nos padrões de consumo vigentes e nas políticas existentes, cujo objetivo deve ser a promoção da melhor opção em termos de custo-benefício financeiro e ambiental, de forma a satisfazer a demanda de energia e o crescimento econômico.

Da mesma forma, existem muitos trabalhos publicados que apresentam diversos modelos³³ e modelagens utilizados no desenvolvimento de Planejamento Energético nas mais variadas escalas e com os mais variados tipos de abordagens: “*Modeling has been a tool for national energy planning since the mid-1970s*” (NAKATA, 2004, p. 419). Segundo Pfenninger, Hawkes e Keirstead (2014), os modelos de sistemas energéticos ajudam os planejadores a entender o seu setor de atuação, que cresceu de modo complexo no mundo todo. Nesse sentido,

³³ Segundo Bhattacharyya e Timilsina (2009), modelo é uma descrição simplificada de uma entidade ou de um processo complexo, expresso muitas vezes em termos matemáticos. Nesse sentido, um modelo pode ser uma ferramenta ou pode empregar uma série de ferramentas de forma sistemática.

os modelos ajudam na tomada de decisão e na proposição de políticas. Com a sua utilização, é possível construir cenários, entender e até visualizar as relações complexas entre os diversos setores da economia e da energia.

O Planejamento Energético começa a ser desenvolvido no mundo a partir das crises do petróleo na década de 1970. No início, os modelos de sistemas de energia concentravam-se na questão da segurança energética ou na busca pela segurança energética, guiados sobretudo pelos custos (BAZMI; ZAHEDI, 2011). Os modelos utilizados no Planejamento Energético foram identificados e categorizados da seguinte forma: modelos de sistemas energéticos, modelos de energia-economia, modelos de sistemas parciais (tais como aqueles voltados para o sistema de energia elétrica), modelos de otimização, modelos de simulação, modelos híbridos (simulação e otimização), modelos *top-down* (econométricos), modelos *bottom-up* (ou analíticos), modelos de insumo e produto (*input-output*), modelos de energia-engenharia, entre outros (HIREMATH; SHIKHA; RAVINDRANATH, 2007; JABAREEN, 2006; JEBARAJ; INIYAN, 2006; JOSHI; BHATTI; BANSAL, 1992; LI; TRUTNEVYTE; STRACHAN, 2015; MARCHETTI; NAKIĆENOVIĆ, 1979; NISSING; VON BLOTTNITZ, 2010a; REN; GAO, 2010).

Bhattacharyya e Timilsina (2010) afirmam que, desde o início da década de 1970, grande variedade de modelos foi criada para analisar sistemas ou subsistemas de energia. Alguns deles analisam sistemas de energia em escala global, nacional, estadual, municipal e, inclusive, de análise de unidades (como uma casa ou alguns edifícios) (JEBARAJ; INIYAN, 2006). Tais modelos divergem quanto aos seus propósitos.

Os modelos de Balanço de Energia (contabilização de energia), ou de Simulação, buscam — por meio do uso de metodologia semelhante à contábil — gerar uma visão consistente da demanda (e também da oferta) de energia com base na descrição física do sistema energético. Do lado da oferta, é possível visualizar diferentes cenários em torno da adoção de diferentes tecnologias de oferta. Pode-se citar, como exemplo de modelo de Simulação, o *Modèle d'Evolution de la Demande d'Energie* (MEDEE) / *Model for Analysis of Energy Demand* e, de modelo híbrido, o *Long-range Energy Alternative Planning* (BHATTACHARYYA; TIMILSINA, 2010).

Os modelos de otimização buscam apontar as melhores opções de oferta de energia para um nível de previsão de demanda. Um exemplo é o *Brookhaven Energy System Optimisation* (BESOM) (BHATTACHARYYA; TIMILSINA, 2010). Nos países em desenvolvimento, o *Regional Energy Scenario Generator* (RESGEN) foi muito utilizado (MUNASINGHE;

MEIER, 1993). Posto que os modelos de otimização passaram a ser desenvolvidos depois da alta do preço do petróleo (1970), eles são considerados parte do Planejamento Energético Estratégico (BHATTACHARYYA; TIMILSINA, 2010).

Aqueles que trabalham com a perspectiva econômica dos sistemas de energia e de planejamento energético são denominados Modelos Energia-Economia e buscam compreender os impactos econômicos das configurações dos sistemas energéticos. Eles podem, por exemplo, por meio da aplicação de conceitos econômicos (como o de equilíbrio de mercado), mostrar alguns impactos da taxa de carbono sobre as emissões de CO₂; ou ainda, indicar o preço-quantidade e os efeitos da penetração no mercado de tecnologias alternativas de conversão de energia (NAKATA, 2004). Em linhas gerais, os Modelos Energia-Economia lidam com a oferta e com a demanda de energia, bem como com a quantidade e os preços dos insumos. O modelo GREEN (desenvolvido pela OECD, 1994), MARKAL (*Market Allocation Model*) e LEAP são exemplos de Modelos de Energia-Economia (ou econométricos) (BHATTACHARYYA; TIMILSINA, 2009; NAKATA, 2004).

Correspondentes ao Planejamento Integrado MEDEE e EFOM são os Modelos Insumo e Produto, que também são Modelos Energia-Economia. São modelos híbridos que relacionam elementos macroeconômicos com dados de usos finais da energia; são também analíticos e capazes de captar a contribuição de atividades relacionadas a ligações inter-setoriais na economia. Dessa forma, capturam a demanda direta e indireta de energia (BHATTACHARYYA; TIMILSINA, 2009).

Desde 1980, os modelos passam a adotar um foco de longo prazo e de Energia-Ambiente, pautados pelo “desenvolvimento verde” (PACHAURI; SRIVASTAVA, 1988).

In the 1990s, the focus shifted towards energy-environment interactions and climate change-related issues. Most of the energy system models attempted to capture environmental issues. For energy models, this was a natural extension: i) the accounting models could include the environmental effects related to energy production, conversion and use by incorporating appropriate environmental co-efficients; ii) the network-based models could similarly identify the environmental burdens using environmental pollution coefficients and analyze the economic impacts by considering costs of mitigation; and; iii) energy models with macro linkage could analyze the allocation issues considering the overall economic implications (BHATTACHARYYA; TIMILSINA, 2009, p. 498).

Markandya (1990) apresentou diferentes abordagens sobre os modelos de sistemas de energia voltados para a relação energia *versus* meio ambiente (aqui estão incluídos também os

modelos preocupados com as mudanças climáticas e os de Planejamento Integrado). Alguns desses modelos incluem os custos ambientais como parte dos custos de fornecimento de energia, outros incluem cálculos de impacto ambiental para avaliar cenários alternativos de oferta de energia e, por fim, são modelos não baseados na otimização, mas com foco nos impactos de diferentes cenários de adoção de fontes de energia alternativas.

Por fim, os modelos *Socio-Technical Energy Transition* (STET), ou Transição Energética Sociotécnica, buscam agregar-se às análises dos setores da economia e também aos elementos sociais e institucionais que fazem parte desse sistema, como os indivíduos e as organizações³⁴. Nesse sentido, os STET estão alinhados ao *Socio-Technical Transition Theory*³⁵; alguns exemplos são: BLUE-MLP, *ElecTrans* ENGAGE, ENGAGE DFR Module e *Transition Lab Framework* REMG (LI; TRUTNEVYTE; STRACHAN, 2015). Em resumo:

During this period (1990s), the effort for regional and global models increased significantly and a number of new models came into existence. These include Asian-Pacific Model (AIM), second-generation model (SGM), Regional Air Pollution Information and Simulation (RAINS)-Asia model, Global 2100, Dynamic Integrated Model of Climate and the Economy, POLES, etc. At the same time, existing models were expanded and updated to include new features. MARKAL model saw a phenomenal growth in its application worldwide. Similarly, LEAP model became the de facto standard for use in national communications for the United Nations Framework Convention on Climate Change reporting. As the climate change issue required an understanding of very long terms (100 years or more), modellers started to look beyond the normal 20-30 years and started to consider 100 or 200 years. However, the uncertainty and risks of such extensions are also large and the validity of behavioural assumptions, technological specifications and resource allocations becomes complex. This has led to incorporation of probabilistic risk analysis into the analysis on one hand and new model development initiatives on the other (e.g. Very Long-term Energy Environment Model initiative of the EU) (BHATTACHARYYA; TIMILSINA, 2010, p. 499).

³⁴ Devem conter dados econômicos detalhados, conceituar o comportamento dos atores individuais e grupos de atores que são os tomadores de decisão que moldam a transição, ser orientados pelas metas normativas e ter desdobramentos tecnológicos e econômicos ao longo do tempo.

³⁵ “*Many theoretical frameworks for the analysis of socio-technical transitions have emerged over time, such as technological paradigms and trajectories* (Dosi, 1982), *evolutionary economics* (Nelson and Winter, 1982), *human–environment systems (HES)* (Scholz, 2011), *complex adaptive systems* (Miller and Page, 2007), *resilience and panarchy* (Dangerman and Schellnhuber, 2013; Gunderson and Holling, 2001), *socio-ecological systems* (Berkes and Folke, 2000), *socio-metabolic shifts* (Fischer-Kowalski, 2011), technological innovation systems (TIS) (Carlsson and Stankiewicz, 1991; Gallagher et al., 2012; Hekkert et al., 2007; Markard and Truffer, 2008), *transition management* (TM) (Rotmans et al., 2001), *strategic niche management* (SNM) (Kemp et al., 1998), *and the multi-level perspective* (MLP) (Geels and Schot, 2007; Geels, 2002, 2010, 2011)” (LI; TRUTNEVYTE; STRACHAN, 2015, p. 291).

Segundo Hoffman e Wood (1976), os modelos dos sistemas de energia são formulados através da utilização de métodos teóricos e analíticos de várias disciplinas, incluindo engenharia, economia, pesquisa operacional e administração. São utilizadas, da mesma forma, técnicas diferentes, incluindo a programação matemática (programação especial linear), a econometria e os respectivos métodos de análise estatística e de análise de rede.

É possível assumir, diante da revisão da literatura especializada, que, embora tenham sido apresentados diversos e variados tipos de modelos, todos eles são ramificações do Modelo Econométrico ou de Energia-Economia, que, por sua vez, pode ser de quatro tipos: simulação, otimização, híbridos e de equilíbrio. Foram identificados mais de 30 modelos/programas/*softwares*/metodologias usados no Planejamento Energético. Abaixo, é apresentado o Quadro 4, que contempla a análise da revisão bibliográfica sobre os modelos de Sistema de Energia:

Quadro 4 – O paradigma das modelagens para Planejamento Energético

Paradigma do Modelo	Tipo	Principais Características	Abordagem	Método	Orientação	Principais críticas	Exemplos
Energia-Economia (ou Econométrico)	Simulação	Os modelos de simulação usam a metodologia contábil para gerar uma visão consistente da demanda (e da oferta) de energia com base na descrição física do sistema de energia. Cenários são gerados para desenvolver a demanda de energia e as evoluções do lado da oferta. É possível visualizar diferentes cenários sobre a adoção de diferentes estratégias de demanda e tecnologias de fornecimento. Por isso, é uma ferramenta analítica focada no Planejamento.	<ul style="list-style-type: none"> • Pode ser usada para modelar Demanda e/ou Oferta (principalmente Demanda); • Pode ser <i>bottom-up</i> ou <i>top-down</i> (geralmente <i>bottom-up</i>); • É frequentemente usado em bloco com modelos de otimização; • Horizonte temporal: de médio a longo prazo. 	Pode incorporar muitos métodos: Balanço Energético; Análise de Uso final; Econometria; Macroeconomia (dados agregados); Microeconomia (dados desagregados); Lógica Difusa; Variáveis Linguísticas; Dados SIG; dinâmica de fluidos; modelagem baseada em agentes; entre outros.	<ul style="list-style-type: none"> • São descritivos; • Desenvolvimento de cenários orientados para apresentar os resultados de eficiência energética principalmente devido à adoção de diferentes tecnologias de uso final energia de oferta e demanda; 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto grau de incerteza; • Depende da transparência e do uso intensivo de dados; • Pouca reprodutibilidade. 	<p>LEAP; MEDEE; <i>Prospective Outlook on Long-term Energy Systems</i> (POLES)</p> <p>(JEBARAJ; INIYAN, 2006)</p>
	Otimização	Caracterizado como modelagem clássica, tem como objetivo apontar as melhores opções de fornecimento de energia, que atenderão a uma previsão futura de demanda, tendo o menor custo como meta para a escolha das tecnologias de fornecimento. Modelo de equilíbrio parcial. Possui perfil operacional, direcionado ao despacho do sistema energético. É considerado parte da metodologia do Planejamento Estratégico de Energia.	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo de Oferta de Energia; • Principalmente <i>bottom-up</i> (algumas abordagens <i>top-down</i> são recentes); • É normativo; • Frequentemente usado em conjunto com um modelo de simulação; • Horizonte temporal: de médio a longo prazo 	Principalmente programação matemática: programação linear e MILP, análises estatísticas, séries temporais e multi-períodos, Análise de Ciclo de Vida, Programação Estocástica, Programação Paramétrica, Programa Difusa, Probabilidade, Séries Temporais, entre outros.	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvimento de cenários; • Impulsionado pelo custo de investimento e operação; • Pode ser <i>Mixed-Integer</i>: um modelo único representa todas as possibilidades; • Objetivos múltiplos: aborda e quantifica, ao mesmo tempo, as compensações entre objetivos concorrentes (lucro x impactos ambientais, consumo de energia x operação do sistema); • Otimização: o impacto tecnológico é analisado ao longo do tempo de lucro x consumo de energia x restrições de ambiente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto grau de incerteza; • Não é adequado para países em desenvolvimento (depende de dados extensivos); • Não prevê variações; • Assume mercados perfeitos e comportamento ideal do consumidor. 	<p>BESOM; RESGEN; MARKAL.</p> <p>(Bhattacharyya and Timilsina, 2010)</p>

Paradigma do Modelo	Tipo	Principais Características	Abordagem	Método	Orientação	Principais críticas	Exemplos
	Equilíbrio	Realiza a análise do comportamento dos agentes econômicos e busca alcançar o equilíbrio de mercado entre demanda e oferta. Pode considerar o sistema econômico completo (equilíbrio geral), ou apenas parte dele (equilíbrio parcial). Possui natureza econômica e seu objetivo é projetar preços e quantidades de energia (como <i>commodity</i>).	<ul style="list-style-type: none"> • Centra-se principalmente no lado da oferta; • As abordagens <i>top-down</i> e <i>bottom-up</i> são utilizadas; • Pode ser usado com (ou fazer parte de) outros modelos de economia de energia; • Horizonte temporal: anual (curto e longo prazos). 	Direcionado pelos preço/custos, Teoria do Equilíbrio Geral do Mercado, Economia Comportamental, Algoritmos, Estimativas Econométricas, princípios da Macro e Micro Economia, taxa de crescimento, previsão de demanda e PIB.	Através da simulação do comportamento do agente de mercado, busca-se o equilíbrio entre oferta e demanda (estabilização de preços). Além disso, relaciona taxas de câmbio e trocas entre mercados de energia, fatores de produção e produtos.	<ul style="list-style-type: none"> • Ignora a importância dos recursos não comerciais nos países em desenvolvimento; • Problemas relacionados à elasticidade nos insumos energéticos 	<i>Energy and Power Evaluation Program (ENPEP) Model for Evaluating Regional and Global Effects of GHG Reductions Policies (MERGE)</i> (Bhattacharyya and Timilsina, 2009; Nakata, 2004).
	Híbridos	Modelos híbridos combinam abordagens <i>top-down</i> e <i>bottom-up</i> . Eles levam em consideração o comportamento do mercado e, dessa forma, consideram os efeitos econômicos nos seus resultados.	<ul style="list-style-type: none"> • Podem ser usados para modelar demanda ou oferta (principalmente demanda); • Representam a fusão das abordagens <i>top-down</i> e <i>bottom-up</i>; • Horizonte temporal: de médio a longo prazo 	Podem usar todos os métodos mencionados acima (modelos de Simulação, Otimização e Equilíbrio).	Os híbridos associam modelos <i>bottom-up</i> tecnologicamente detalhados com modelos <i>top-down</i> econômicos de equilíbrio geral. Eles apresentam curvas marginais de abatimento de custo ou funções de produção para tentar caracterizar os movimentos econômicos de resposta a mudanças no sistema de energia.	<ul style="list-style-type: none"> • Limitações computacionais ainda significam <i>trade-offs</i> entre detalhes técnicos/ de engenharia e detalhes econômicos • Não se diferencia muito dos modelos <i>bottom-up</i> originais de otimização 	<i>Asian-Pacific Integrated Model (AIM)</i> <i>A simplified energy-economy model (MARKAL-MACRO) TARGETS-IMAGE Energy Regional Model (IMAGE/TIMER) Partial equilibrium model (PRIMES)</i> (DEMENTJEVA, 2009; PFENNINGER; HAWKES; KEIRSTEAD, 2014)
Revisão da literatura (todos os modelos)		Os demais tipos de modelos, encontrados na literatura, são considerados, pela presente pesquisa, derivações dos modelos de simulação, otimização, equilíbrio e híbridos descritos acima: Modelos de Energia-Ambiente; Modelos de Engenharia-Energia; Modelos de Sistemas de Energia; Modelos de Sistemas de Energia Parciais; Modelos <i>top-down</i> e <i>bottom-up</i> , Modelos de <i>input-output</i> ; Modelos de Transição Energética Sociotécnicos, Modelos de Planejamento Integrado, Modelos chamados Sustentáveis.					

Fonte: autora (2019). Demais referências consultadas: BAZMI; ZAHEDI (2011); BHATTACHARYYA (1996); BHATTACHARYYA; TIMILSINA (2010, 2009); KEIRSTEAD; JENNINGS; SIVAKUMAR (2012); NAKATA (2004); PFENNINGER; HAWKES; KEIRSTEAD (2014); VAN RUIJVEN et al. (2008).

O Quadro 4 mostra que os quatro tipos de modelos (simulação, otimização, equilíbrio e híbridos) concentram abordagens, métodos e orientações que são observados nos demais, tais como o *top-down* ou *bottom-up*; é importante observar que modelos como os de energia-ambiente, de insumo- produto são derivações dos modelos de otimização e de equilíbrio.

Os modelos de simulação, otimização e equilíbrio, por sua vez, também apresentam suas ramificações, tais como os de usos finais, os de geração de energia, os de sistemas e subsistemas de energia e os de insumo-produto. Todos eles apresentam, na sequência, outras ramificações, tais como Planejamento pelo Lado da Demanda, Modelos de energia- ambiente, STET; por fim, a última vertente é verificada no Modelo de Mudanças Climáticas e nos Modelos de Sistemas Urbanos.

É claro que existem mudanças entre as várias ramificações, mas a principal conclusão é que o paradigma “energia-economia” se mantém em todas as vertentes observadas. São acrescentados métodos novos, formas de análise e objetivos diversos, abordagens distintas, inclusão de aspectos ambientais e sociais, diferentes metas a serem alcançadas com proposições de políticas advindas da aplicação de cada modelo; mas a orientação do Planejamento se mantém.

Ainda sobre as informações apresentadas no Quadro 4, cabem alguns comentários. Apesar de alguns autores tratarem as abordagens *top-down* e *bottom-up* como um modelo de sistema energético, este trabalho está alinhado com a visão de Nakata (2004). O autor considera que: “*Top-down and bottom-up models are the two basic approaches to examine the linkages between the economy and the energy system*” (NAKATA, 2004, p. 420). Existem, no entanto, diferenças na adoção de uma abordagem ou de outra: a *top-down* avalia o sistema a partir de variáveis macroeconômicas agregadas, enquanto a abordagem *bottom-up* usa dados microeconômicos desagregados. Tais diferenças refletem-se nos resultados obtidos da aplicação de cada abordagem, e as diferenças produzidas estão enraizadas na complexa interação entre os propósitos, as estruturas do modelo e os pressupostos de entrada.

Por fim, as abordagens *top-down* e *bottom-up* também têm diferentes suposições e expectativas sobre as melhorias na eficiência, cada abordagem representa a tecnologia de uma maneira fundamentalmente diferente: os modelos *bottom-up* geralmente têm como objetivo ganhos através de eficiência energética advinda da substituição de tecnologias antigas por novas mais eficientes, tanto na oferta quanto na demanda, com um determinado desempenho técnico e custo (substituição de aparelhos ou técnicas); em contrapartida, na abordagem *top-down*, a

tecnologia é representada pelas ações da compra de um dado insumo no consumo intermediário, na função de produção, no trabalho, no capital, entre outros (NAKATA, 2004).

Alguns autores, no entanto, tais como Hourcade et al. (2006), definem modelos de análise de sistemas de energia em classificações *bottom-up*, *top-down* e híbridos. Segundo essa perspectiva, modelos *bottom-up* tendem a incluir dados setoriais e tecnológicos desagregados e a favorecer o detalhe tecnológico em detrimento da realidade e da integridade macroeconômicas. Modelos *top-down*, de seu lado, são robustos na representação de interações macroeconômicas e capturam implicitamente fatores microeconômicos comportamentais, mas não possuem o mesmo nível de detalhamento tecnológico visto em modelos *bottom-up*. Por fim, as abordagens híbridas buscam combinar as estratégias *bottom-up* e *top-down*, a fim de complementá-las (HOURCADE et al., 2006).

Na sequência, os modelos de simulação e otimização demonstram duas abordagens diferentes para tratar dos aspectos tecnológicos: a visão dos economistas tradicionais, que se baseia na otimização do sistema dentro da tradição neoclássica da economia; e a simulação que segue a tradição da engenharia, criticando as limitações do comportamento otimizador e racional assumido na análise tradicional. Dessa forma, são introduzidas outras suposições, tais como a abordagem de desempenho satisfatório ou a abordagem evolutiva para as mudanças tecnológicas. A divergência nos pontos de vista dominou a literatura especializada sobre energia no passado e levou ao surgimento de duas tradições distintas de análise energética — a abordagem econométrica e a engenharia de uso final (BHATTACHARYYA; TIMILSINA, 2009).

Por fim, cabe destacar que estão surgindo novas formas de pensar o planejamento e os modelos propostos, que estão buscando maior transparência, participação e conscientização social. Para tanto, tais tendências fazem uso de abordagens mistas, qualitativas, com o uso de ferramentas simples, como planilhas de excel (PFENNINGER; HAWKES; KEIRSTEAD, 2014), e começam a se preocupar também com a dimensão humana tais como os aspectos comportamentais e políticos.

Neste ponto, vejamos uma possível contribuição do presente estudo: de modo distinto do Planejamento Urbano, que nasce das teorias do urbanismo, o Planejamento Energético não nasce de nenhuma escola do pensamento; ele é basicamente uma forma de planejamento aplicado à questão energética. Com isso, não existe, nesse domínio, uma epistemologia associada à sua prática, como se verificou na revisão das teorias do Planejamento e do

Planejamento Urbano. O Planejamento Energético consiste, portanto, em uma prática setorial. O paradigma teórico dominante na análise dos modelos econômicos de energia segue os pressupostos neoclássicos normativos da escolha racional, da utilidade e da maximização do lucro e da informação perfeita.

Em adição, foi possível observar que, atualmente, os modelos quantitativos de energia limitam a sua atuação à descrição dos fatores tecno-econômicos; alguns incluem variáveis ambientais, que muitas vezes se referem exclusivamente às emissões de GEE. Análises sobre os aspectos políticos, sociais e comportamentais dos cenários propostos são deixadas para o tomador de decisão enquadrá-las de forma exógena. São poucas as tentativas de introduzir perspectivas sócio-técnicas nos modelos energéticos, ligando, por exemplo, modelos com visões normativas dos *stakeholders* (LI; TRUTNEVYTE; STRACHAN, 2015), modelando através da inserção de questões de governança ou incluindo heterogeneidade comportamental (STRACHAN, WARREN, 2011).

Muitos autores asseveraram que a modelagem de energia deve ir além do domínio da “tecnologia e economia”³⁶; ela deve incorporar também os comportamentos e as percepções sociais mais amplos. Apesar de existirem muitas revisões publicadas de modelos de sistemas de energia, são poucos os artigos que as desenvolveram com preocupações epistemológicas. A maior parte das revisões sobre o tema apenas apresenta os vários tipos de modelos, suas principais características, forças e fraquezas. Nesse sentido, a revisão bibliográfica demonstrou que existe um grande *gap* no que diz respeito a publicações que versam sobre a teoria do conhecimento no Planejamento Energético. Não foram encontrados livros, artigos ou programas de disciplina sobre o tema.

Como o Planejamento Energético emerge do Planejamento da Economia, esta pesquisa defende que, assim como o seu antecessor, o Planejamento Energético baseia-se no Racionalismo. É preciso considerar, porém, que o termo “Racionalismo” geralmente não se refere a uma única posição filosófica precisa. Textos filosóficos recentes relacionam o Racionalismo com posições de um grupo de filósofos do século XVII, tais como Descartes, Spinoza, Leibniz e, às vezes, Malebranche (AUDI, 2003). A teoria racionalista apoia na

³⁶ São eles: HUGHES, N.; STRACHAN, N. Methodological review of UK and international low carbon scenarios. *Energy Policy*, v. 38, n. 10, p. 6056–6065, 2010; TRUTNEVYTE, E. et al. Context-specific energy strategies: Coupling energy system visions with feasible implementation scenarios. *Environmental Science and Technology*, v. 46, n. 17, p. 9240–9248, 2012; FOXON, T. J. Transition pathways for a UK low carbon electricity future. *Energy Policy*, v. 52, p. 10–24, 2013; PFENNINGER, S.; HAWKES, A.; KEIRSTEAD, J. Energy systems modeling for twenty-first century energy challenges. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, v. 33, p. 74–86, 2014.

modelagem matemática a concepção de saber genuíno, que é caracterizado pela necessidade lógica e pela validade universal (HESSEN, 2000). Nesse sentido, tais pensadores exaltaram a razão em detrimento dos sentidos; contudo, não formaram uma escola homogênea de pensamento (AUDI, 2003). O Racionalismo é, em essência, o oposto do Empirismo³⁷ (SANDRONI, 1999). Segundo a sua perspectiva, o mundo da experiência está em permanente mudança e modificação; conseqüentemente, é incapaz de transmitir qualquer saber genuíno. O fundamento da verdadeira fonte do conhecimento humano é o pensamento. Portanto, o conhecimento originário do Racionalismo seria o saber matemático, predominantemente dedutivo e conceitual, além de ser totalmente independente da experiência, na medida em que segue apenas suas próprias leis, que se distinguem pelas notas características da necessidade lógica e da validade universal (HESSEN, 2000).

Cabe apontar que em “Crítica da Razão Pura” (1781), Kant tentou uma reconciliação entre empiristas e racionalistas, encorajando-os a preservar as lições fundamentais das duas escolas (AUDI, 2003). O Racionalismo do século XVII, de maior expressão, tem como principais pensadores Descartes e Leibniz, cuja principal contribuição foi da doutrina das ideias conatas ou inatas. De certo modo, trata-se da própria epistemologia, pois a razão é a condição de todo o pensamento teórico. A filosofia constitui o reconhecimento da razão como a faculdade do conhecimento das coisas e do domínio de si (HESSEN, 2000). Por fim, o Racionalismo também explora o domínio da metafísica e é unilateral ao fazer do pensamento a única verdadeira fonte do conhecimento, ligado a seu ideal de conhecimento, que está baseado na lógica e na validade universal. Esse ideal, no entanto, é unilateral, pois foi obtido de um tipo determinado de conhecimento, a saber, o matemático (ABBAGNANO, 2007).

Em resumo, é possível apontar a fragilidade epistemológica do Planejamento Energético, cujas raízes remetem ao racionalismo; no fundo, trata-se de um conjunto de análises de custo-benefício. Essa questão aponta para o desafio do Planejamento Energético Urbano, que tem, nas demandas apresentadas nas cidades, fronteiras de atuação que superam tal paradigma (majoritariamente econômicos e financeiros). Assim, na próxima seção, buscar-se-á entender o que é o Planejamento Energético Urbano e qual a sua agenda de atuação.

³⁷ Para o Empirismo, a única fonte do conhecimento humano é a experiência; a razão não possui nenhum patrimônio apriorístico (HESSEN, 2000).

PARTE II - REVISÃO SISTEMÁTICA

1. Teorias do Planejamento Energético Urbano

O desenvolvimento do PEU exige a integração entre dois campos distintos: o Planejamento Energético e o Planejamento Urbano (COLLAÇO et al., 2019). Essa associação implica no reconhecimento de algumas lacunas científicas levantadas por esta tese: i) a falta de literatura sobre a epistemologia do Planejamento Energético e; ii) o fato de que a prática do Planejamento Energético é “mono-teórica” e “mono-paradigmática”, ou seja, busca cumprir, essencialmente, prerrogativas econômicas; iii) associado ao fato de que, a teoria do conhecimento do Planejamento Energético (racionalismo) é oposta à descentralização e à integração, duas características intrínsecas ao PEU – segundo Grubler et al. (2012); iv) e o fato de que essa prática setorial (Planejamento Energético) vem sendo solicitada para colaborar com as várias possibilidades de correntes do urbanismo e por consequência do Planejamento Urbano³⁸.

Tais lacunas revelam uma importante fonte de complexidade, que surge com a associação do Planejamento Energético (PE) ao Planejamento Urbano (PU) (EICKER, 2018). Combinar os dois conceitos não é tarefa pacífica ou simples. Se na prática, ou seja, no ato de pensar a utilização das ferramentas atuais – como, por exemplo, a integração de modelos ou a linguagem de modelos para atingir, de forma simultânea, as metas específicas de cada uma das duas áreas –, não se encontram caminhos fáceis, eles são ainda menores à luz da teoria, uma vez que existem diferentes objetivos e metas políticas, falta de definição dos conceitos, de uniformidade dos termos e de padrões, e métricas e metodologias que agreguem de forma holística os problemas/objetivos de cada área, entre outros aspectos.

A herança do PEU – ou alguns dos problemas causados pelos *gaps* identificados do PU e do PE – são os vários termos utilizados na literatura para designar o Planejamento Energético Urbano, que não necessariamente representam uma mudança ou alteração metodológica entre eles, a saber: Planejamento Energético Urbano Sustentável, Planejamento Energético Local, Planejamento Energético Urbano Integrado, entre outros. Evidencia-se, portanto, a falta de cooperação entre pesquisadores e cientistas da área no desenvolvimento de uma linguagem

³⁸ No entanto, já foi identificado na seção de revisão sobre a teoria do Planejamento Urbano que a corrente do urbanismo, que busca associar e atuar sobre as questões energéticas, é a corrente do Urbanismo Ambiental (com possíveis desdobramentos em determinadas variáveis, já revisadas e apresentadas anteriormente, tais como o *Green urbanism*, o *TOD* e as *Smart Cities*).

padrão, assim como na construção conjunta de normas metodológicas, diretrizes éticas ou posturas filosóficas que definam o que é uma atuação em PEU.

Isto posto, não há nesta pesquisa argumentação no sentido de determinar de forma prescritiva a atuação do PEU, uma vez que esse trabalho parte do pressuposto de que não devem existir modelos prontos de planejamento. No entanto, parte-se do pressuposto de que é preciso haver unidade e identidade conceitual que oriente a atuação em determinado campo, ou escolha de uma metodologia em detrimento de outra. Por fim, argumenta-se que o planejamento deve ser uma atividade criadora que requer constante renovação na definição de seus fins e na seleção dos meios.

Embora as duas áreas brevemente apresentadas neste trabalho tenham se mostrado úteis em seus nichos (PE e PU), o maior valor do PEU não é o de transformar as ontologias principais em cada área (VAN DAM; KEIRSTEAD, 2010), mas de ser reconhecido e estruturado como uma abordagem paralela, possuidora de contexto próprio, diverso do de seus formadores com um paradigma próprio. Dessa forma, esta tese buscou levantar as definições existentes dos termos Planejamento Energético Urbano e Sistemas de Energia Urbanos, como um problema de primeira ordem a ser endereçado para contribuir na construção dessa área do conhecimento. Para tanto, e considerando os vários objetivos possíveis do PE e do PU, foram levantadas as seguintes perguntas orientadoras da pesquisa nesta etapa: o PEU é uma resposta para que tipos de problemas sociais? Quais são as áreas de conhecimento associadas ao PEU? Quais são os objetivos e soluções propostas pela literatura existente na área?

Para responder a essas questões, foi realizada uma revisão sistemática buscando identificar a definição do conceito de PEU e do conceito de Sistemas de Energia Urbanos³⁹. Ainda, foram levantados o enredo, argumentos e problemas associados ao desenvolvimento desses conceitos e os resultados esperados de sua implementação. Por fim, tem-se que a compreensão da formulação e da reformulação dos problemas sociais por atores políticos é fundamental na construção de visões de futuro compartilhadas e de coalizões políticas duradouras (MIEDZIŃSKI, 2018). Considerou-se, portanto, o aparato tecnocientífico como um dos principais stakeholders a ser analisado, isso porque a pesquisa científica abrange a

³⁹ Como será apresentado mais adiante, a revisão da literatura feita somente em cima do termo Planejamento Energético Urbano seria insuficiente e rasa para compreender e levantar a definição deste conceito, assim como constatar sua agenda de atuação; por isso, foi necessário ampliar a busca para o termo Sistemas de Energia Urbanos.

existência de ideias e valores específicos, que também são utilizados, ou deveriam ser, para construir agendas de políticas e implementar políticas públicas (FRIGO, 2017).

2. Materiais e métodos da Revisão Sistemática sobre Planejamento Energético Urbano e Sistemas de Energia Urbanos

Conforme apresentado na seção “Metodologia”, essa parte do estudo corresponde também à etapa de embasamento teórico, assim como a Parte I. Ou seja, os capítulos decorrentes dessa fase da pesquisa apresentam os resultados da revisão da literatura sobre o tema de estudo: Planejamento Energético Urbano e Sistemas de Energia Urbanos. No entanto, a Parte II da pesquisa é caracterizada por uma abordagem exploratória, na qual se optou pela utilização da RS.

Tal método determina algumas etapas e procedimentos que dizem respeito ao estabelecimento de uma pergunta clara, norteadora da revisão, seguida pela definição de estratégia/protocolo de pesquisa para a realização da busca pela literatura. O protocolo de pesquisa determina: as bases de dados utilizadas para a seleção dos textos considerados na revisão; os critérios de inclusão e exclusão dos artigos levantados; a definição dos desfechos de interesse; a verificação da acurácia dos resultados; a determinação da qualidade dos estudos e a análise da estatística utilizada – quando couber (OKOLI; SCHABRAM, 2010).

A Figura 4 apresenta o protocolo elaborado para o desenvolvimento da RS cujo objetivo principal é o de identificar na literatura existente, a definição para os termos Planejamento Energético Urbano e Sistemas de Energia Urbano, assim como verificar no discurso científico, a existência de coerência política e/ou discursiva, através da seleção de argumentos nos artigos revisados, sobre problemas associados ao desenvolvimento desses conceitos e os resultados esperados de sua implementação.

A literatura sobre coerência política tem rica tradição na análise da integração de políticas ambientais⁴⁰ e recentemente também na integração das políticas climáticas⁴¹. A

⁴⁰ Ver: HILDINGSSON, R.; JOHANSSON, B. Governing low-carbon energy transitions in sustainable ways: Potential synergies and conflicts between climate and environmental policy objectives. *Energy Policy*, v. 88, p. 245–252, 2016; REYES-MENDY, F. et al. Policy statement coherence: A methodological proposal to assess environmental public policies applied to water in Chile. *Environmental Science and Policy*, v. 42, p. 169–180, 2014.

⁴¹ Ver: NTWI-AGYEI, P.; DOUGILL, A. J.; STRINGER, L. C. Assessing coherence between sector policies and Climate Compatible Development: Opportunities for triple wins. *Sustainability* (Suíça), v. 9, n. 11, p. 1–16, 2017; LAH, O. Factors of Change: The influence of policy environment factors on climate change mitigation strategies in the transport sector. *Transportation Research Procedia*, v. 25, p. 3499–3514, 2017; MAKKONEN, M. et al. Policy coherence in climate change mitigation: An ecosystem service approach to forests as carbon sinks and

maioria dos estudos na área discute questões sobre a consistência na integração de políticas, analisando a ausência de contradições dentro dos documentos de políticas setoriais ou dentro de um mesmo espectro de políticas (ROGGE; KERN; HOWLETT, 2017). Verificam-se, ainda, estudos que apresentam a noção de coerência política horizontal na busca de sinergias ou apoio sistêmico para a realização de objetivos comuns dentro de políticas setoriais (SIMÕES; HUPPES; SEIXAS, 2015).

Neste estudo, propõe-se dar um passo atrás na problematização do significado de coerência política. Portanto, questiona-se a definição dos problemas e a agenda de solução construída por meio do discurso e dos dados da comunidade científica. A coerência discursiva, nesse contexto, versa sobre a análise das principais frases relacionadas a um campo específico, a fim de determinar uma história, dando descrições e combinando sentenças para conferir relações de coerência que resultam em um inventário de ações, políticas ou metas de forma lógica (YANG, 2015). A literatura em coerência política, como tal, ainda não se concentrou no aspecto da definição do problema⁴².

bioenergy sources. *Forest Policy and Economics*, v. 50, p. 153–162, 2015; SCOBIE, M. Policy coherence in climate governance in Caribbean Small Island Developing States. *Environmental Science and Policy*, v. 58, p. 16–28, 2016.

⁴² Ver também: KURZE, K.; LENSCHOW, A. Horizontal policy coherence starts with problem definition: Unpacking the EU integrated energy-climate approach. *Environmental Policy and Governance*, v. 28, n. 5, p. 329–338, 2016.

Figura 4- Protocolo elaborado para o desenvolvimento da RS.

Etapas	Protocolo
1	Pergunta Orientadora 1: qual a definição conceitual para Planejamento Energético Urbano e Sistemas de Energia Urbanos?
2	Bases de dados consultadas: <i>CAPEL, SCIELO, SCOPUS e SCIENCE DIRECT.</i>
3	<p style="text-align: center;">Palavras-chave:</p> <p style="text-align: center;">1. “Planejamento Energético Urbano” (<i>Urban Energy Planning</i>) <u>OR</u> “Sistemas de Energia Urbanos” (<i>Urban Energy System</i>)</p>
4	<p>Estratégia de busca: o recorte temporal foi de 1970 até janeiro de 2019. Foram selecionados artigos de periódicos ou anais de eventos científicos da área; trabalhos de conclusão de curso, mestrado e doutorado. As palavras-chave foram buscadas nos campos: título, palavras-chave e resumo. Os idiomas foram inglês e português. As referências encontradas foram exportadas no formato de planilhas excel com as seguintes informações: Autor (es), título, ano, resumo e palavras-chave do autor.</p>
5	<p>Aplicação de critérios de seleção: a) trabalhos publicados e disponíveis integralmente em bases de dados científicas ou em versões impressas. b) trabalhos publicados em periódicos que realizam o <i>peer-review</i> e de máxima excelência classificados pelo <i>Qualis CAPES</i> como A1, A2 e B1. c) trabalhos que definem explicitamente os conceitos Planejamento Energético Urbano, Sistemas de Energia Urbanos ou termos análogos. d) estudos que consideram a escala da cidade, ou do urbano, com abordagem multisetorial.</p> <p>Aplicação de critérios de exclusão: a) foram desconsiderados trabalhos que não estejam disponíveis integralmente nas bases de dados pesquisadas. b) foram desconsiderados os trabalhos que não mencionarem nos campos selecionados os termos Planejamento Energético Urbano e Sistemas de Energia Urbanos ou termos análogos. c) foram eliminados aqueles artigos que não apresentem conexão explícita com as dimensões consideradas para a condução da pesquisa, como por exemplo artigos que não eram aplicados a escala da cidade.</p>
6	<p>Processo de seleção dos estudos primários: foram realizadas buscas com as palavras-chaves nas fontes de pesquisa definidas. Dos trabalhos recuperados foram lidos os resumos, e uma pré-avaliação, já baseada nos critérios de inclusão e exclusão, foi feita para selecionar os textos que foram ser lidos integralmente.</p>
7	<p>Estratégia de extração de informação: foram preenchidos “formulários de extração de dados” para cada texto, considerado válido para a RS. Além das informações básicas (dados bibliográficos, data de publicação, <i>abstract</i>, entre outros) esses formulários apresentam a síntese do trabalho, assim como a definição dos conceitos encontradas na literatura, e também as frases retiradas de cada artigo sobre os problemas e soluções</p>

	associados as palavras-chaves de busca e às perguntas orientadoras da segunda etapa de análise dos documentos. As perguntas que orientaram a segunda etapa de coleta de dados foram: o PEU é uma resposta para que tipos de problemas sociais? Quais são as áreas de conhecimento associadas ao PEU? Quais são os objetivos e soluções propostas pela literatura existente na área?
8	Sumarização dos resultados: foi redigida uma seção nessa tese que descreve sinteticamente o conteúdo da RS apresentando análises qualitativas e quantitativas, com relação aos trabalhos pesquisados e suas conclusões. Os principais resultados são: os anos de publicação e quantidade de publicações, periódicos que publicaram sobre o tema, definições dos conceitos encontrados, identificação de temas-chaves relacionados ao PEU e SEU e principais problemas e soluções associados aos termos.

Fonte: autora (2019)

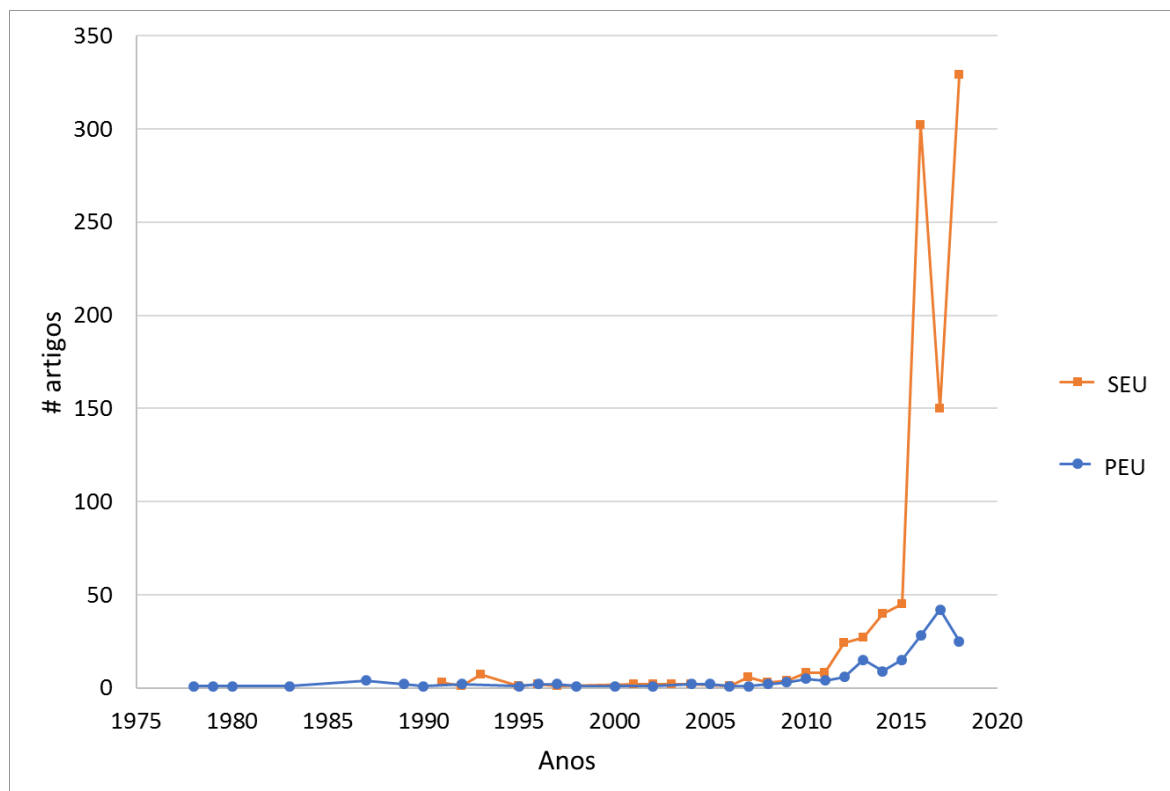
3. Resultados da Revisão Sistemática

Identificaram-se, no intuito de analisar a coerência do discurso, as tendências de pesquisa do Planejamento Energético Urbano e do Sistema de Energia Urbano, reveladas na busca dos termos, palavras-chave, “Planejamento Energético Urbano” (*Urban Energy Planning*) OR “Sistemas de Energia Urbanos” (*Urban Energy System*), nas redes de dados *online* CAPES, SCIELO, SCOPUS e SCIENCEDIRECT, de 1970 a janeiro de 2019. Os artigos foram selecionados sequencialmente, com base na relevância de cada um, considerando apenas artigos com versão completa disponível.

A investigação resultou em um total de 1151 publicações pré-selecionadas para o desenvolvimento da RS, composto por 181 documentos que citavam “Planejamento Energético Urbano”, e 970 artigos que mencionavam “Sistemas de Energia Urbanos” nas seções de título, resumo ou nas palavras-chave entre 1978 e 2019. A primeira menção ao termo Planejamento Energético Urbano data de 1978. A partir desse ano, foram encontrados artigos em que o conceito é citado de forma marginal, até que, em 2015, o campo teve seu primeiro apogeu (quinze publicações). Até o ano de 2017, ano de maior número de publicação com o uso do termo (42 artigos publicados), verificou-se um pequeno crescimento do estudo deste conceito para a produção acadêmica. Com relação ao Sistema de Energia Urbano, primeiro trabalho publicado é ainda posterior, de 1991. A área manteve-se com publicações marginais até 2012, ano de primeiro pico de publicações de menção ao termo (24 artigos), e atingiu, em 2018, uma produção expressiva de 329 artigos. Com relação ao histórico, tem-se um total de 970 trabalhos publicados entre os anos de 1991 e 2019.

Verifica-se, portanto, como termo mais antigo o PEU. No entanto, SEU é o termo mais citado na área de pesquisa: foram observados sete vezes mais artigos publicados com o uso do termo SEU do que com o uso de PEU, como revela a Figura 5, que apresenta dados sobre os trabalhos publicados em PEU (linha azul) e SEU (linha laranja), de 1978 a 2019.

Figura 5 – Dados da RS: publicações que fazem uso dos termos PEU e SEU, entre os anos de 1978 e 2019.



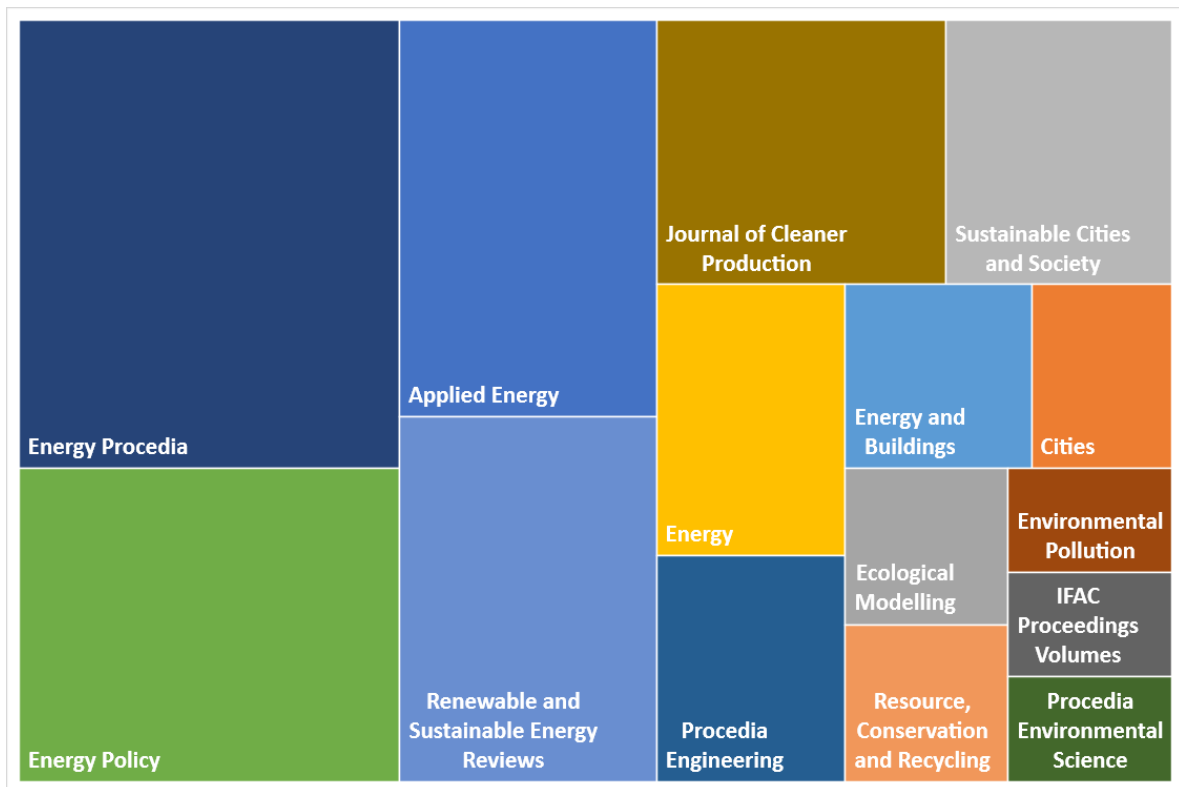
Fonte: autora (2019)

Procedeu-se a priorização dos documentos que selecionou apenas os artigos que traziam exatamente os termos PEU e/ou SEU no título, no resumo, ou nas palavras-chave do documento. Trabalhos que não apresentaram os termos PEU e SEU, mas usavam termos semelhantes (ou seja, Planejamento Energético e Urbano Sustentável, Planejamento Energético Local, Planejamento Energético e Urbano Integrado, entre outros) foram em grande parte considerados.

Na sequência, artigos que não possuíam cidade/ ambiente urbano/ âmbito local como objeto de estudo foram descartados, isso porque, observou-se que a maioria dos estudos na área apresentam foco estreito, com destaque para o potencial de economia de energia e o desempenho tecnológico específico. É o caso dos estudos de enfoque nas redes inteligentes

(HATI; DEY; DE, 2017), nos edifícios autossuficientes (AKSAMIIJA, 2015) ou nos veículos elétricos (HOMCHAUDHURI; LIN; PISU, 2016). Além disso, a literatura científica que adota olhar mais abrangente e pensa a problemática da cidade e de seus vários setores, muitas vezes acaba por focar em um ou em poucos setores e aspectos⁴³. Após o procedimento de reclassificação restaram a quantidade final de 127 artigos nos quais foi desenvolvida a RS. A Figura 6 apresenta os periódicos que mais publicaram sobre PEU e SEU no período analisado.

Figura 6 - Periódicos que publicaram entre 1970 até 2019 artigos citando Planejamento Energético Urbano e/ou Sistemas de Energia Urbanos.



Fonte: autora (2019).

Dos 127 artigos selecionados, 20 foram publicados pelo *Energy Procedia*, 14 pelo *Energy Policy*, 12 pelo *Applied Energy*, e 11 pelo *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, somando, portanto, 45% das publicações no tema. Os demais periódicos apresentaram menos de 10 artigos publicados contendo os termos. A próxima seção apresenta os resultados da RS

⁴³ A maioria dos trabalhos na área realizam estudos para o setor de mobilidade (COSTA et al., 2017) ou edifícios (VOULIS; WARNIER; BRAZIER, 2017; YANG; LI; AUGENBROE, 2018). Em sua maioria, não foram considerados esses estudos, dada a sua especificidade.

com o intuito de esclarecer a definição de cada conceito (PEU e SEU) e a identificação dos problemas e soluções científicos associados às áreas. Constatou-se que, do total de 127 trabalhos, apenas vinte e um artigos definem os termos Sistemas de Energia Urbanos e Planejamento Energético Urbano.

3.1 Definição dos conceitos de Planejamento Energético Urbano e Sistemas de Energia Urbanos

Como primeiro resultado, e em termos que competem às duas áreas, esta revisão aponta para o fato de que há pouca literatura especializada no avanço da construção teórica da definição dos conceitos de PEU e SEU. A partir de uma verificação particular, o uso do termo SEU se sobrepõe ao PEU – o que ocorre desde 2011 (Figura 5). O termo Sistemas de Energia Urbanos teve uma taxa de crescimento total de aproximadamente 645% no período analisado (1991-2019) *versus* a metade desse valor para o uso do termo PEU. Vale ressaltar ainda que enquanto as publicações de SEU contabilizam quase mil, se somados a cada ano, as de PEU não alcançaram duzentos artigos publicados (Figura 5). Cabe, a partir deste ponto, entender as principais diferenças entre os termos e revisar os conceitos de cada um, com mais detalhe.

A começar pelo termo de mais baixa ocorrência, têm-se que, do total dos 127 artigos selecionados para o desenvolvimento da RS, a definição de PEU foi encontrada em apenas quatro deles⁴⁴. Outros dois artigos apresentam ideias sobre a definição do conceito, mas não declararam propriamente no manuscrito⁴⁵. Foram descobertos outros termos correlatos ao PEU – são eles: Planejamento Energético Comunitário, Planejamento Energético Urbano Sustentável, Planejamento Energético Local Avançado, Planejamento Energético Regional Urbano e Integrado, Gestão de Energia Municipal e Planejamento Urbano Ecologicamente

⁴⁴ São eles: COLLAÇO, F. M. DE A. et al. The dawn of urban energy planning – synergies between energy and urban planning for São Paulo (Brazil) megacity. *Journal of Cleaner Production*, v. 215, p. 458–479, 2019; MATTSSON, C.; BUBENKO, J. A. An Optimization Model for Overall Urban Energy Planning. *IFAC Proceedings Volumes*, v. 11, n. 1, p. 1657–1659, 1978; YEO, I. A.; YEE, J. J. A proposal for a site location planning model of environmentally friendly urban energy supply plants using an environment and energy geographical information system (E-GIS) database (DB) and an artificial neural network (ANN). *Applied Energy*, v. 119, p. 99–117, 2014; YEO, I.-A.; YEE, J.-J. *Development of an automated modeler of environment and energy geographic information (E-GIS) for ecofriendly city planning. Automation in Construction*. [s.l.], p. 16, 2016.

⁴⁵ OUHAJJOU, N. et al. Stakeholder-oriented energy planning support in cities. *Sustainable Cities and Society*, v. 28, p. 482–492, 2017; ZANON, B.; VERONES, S. Climate change, urban energy and planning practices: Italian experiences of innovation in land management tools. *Land Use Policy*, v. 32, p. 343–355, maio 2013.

Correto. Os termos, digamos, “paralelos” foram definidos em nove artigos⁴⁶. A primeira definição de PEU encontrada data de 1978:

(...) a system to meet the forecasted energy situation with respect to economy, environmental constraints, national energy policy etc. (...) The overall planning of energy system can be stated as a function of land use, energy demand, energy supply facilities and costs (MATTSSON; BUBENKO, 1978, p. 1657).

Este trabalho (MATTSSON; BUBENKO, 1978), apresenta o PEU como uma metodologia para fazer a previsão de demanda de energia elétrica e de aquecimento para uma cidade através do desenvolvimento de um modelo de otimização. O objetivo do artigo é o de encontrar as melhores formas de geração de energia em cada subárea da cidade, minimizando os custos anuais. Para isso, os autores sugerem um modelo de otimização com previsão de demanda: É basicamente, o clássico problema do paradigma energético (custo-benefício ou menor custo) aplicado à nível local. O artigo apresenta uma divisão tradicional de consumo de energia setorial e uma solução racional para a oferta.

Depois de mais de quarenta anos da primeira ocorrência, em 2014, a segunda referência ao conceito foi encontrada (YEO; YEE, 2014). Segundo os autores, na Coreia do Sul, PEU é um processo formal e normativo que segue os “regulamentos relativos ao estabelecimento de um plano de uso de energia e um processo de consulta” sob a força da portaria de Aplicação do Uso Racional de Energia, utilizada como norma de conduta para estabelecimento de novos empreendimentos e negócios da construção civil. A portaria determina que o proprietário do

⁴⁶ CAJOT, S. et al. Energy planning in the urban context: challenges and perspectives. *Energy Procedia*, v. 78, n. 0, p. 3366–3371, 2015; COLLAÇO, F. M. DE A.; BERMANN, C. Perspectivas da Gestão de Energia em âmbito municipal no Brasil. *Estudos Avançados*, v. 31, n. 89, p. 213–235, 2017; HUANG, Z. et al. A goal programming based model system for community energy plan. *Energy*, v. 134, p. 893–901, 2017; LANTSBERG, A. Sustainable Urban Energy Planning. San Francisco, California: California Energy Commission, 2005; LEDUC, W. R. W. A.; VAN KANN, F. M. G. Spatial planning based on urban energy harvesting toward productive urban regions. *Journal of Cleaner Production*, v. 39, p. 180–190, 2013; MIRAKYAN, A.; DE GUIO, R. Integrated energy planning in cities and territories: A review of methods and tools. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 22, p. 289–297, 2013; NISSING, C.; VON BLOTTNITZ, H. An economic model for energisation and its integration into the urban energy planning process. *Energy Policy*, v. 38, n. 5, p. 2370–2378, 2010; TORABI MOGHADAM, S. et al. Urban energy planning procedure for sustainable development in the built environment: A review of available spatial approaches. *Journal of Cleaner Production*, v. 165, p. 811–827, 2017; YEO, I.-A.; YOON, S.-H.; YEE, J.-J. Development of an Environment and energy Geographical Information System (E-GIS) construction model to support environmentally friendly urban planning. *Applied Energy*, v. 104, p. 723–739, abr. 2013a.

empreendimento apresente um plano de uso energético que inclua uma análise de impacto do consumo de energia nas emissões de CO₂. O processo é realizado com o objetivo de melhorar a eficiência energética e gerenciar as emissões de CO₂ nas cidades, e faz parte do plano de conservação de energia de cada novo edifício, que também deve ser aprovado pelo plano urbano (YEO; YEE, 2014).

Ao comparar os dois conceitos mencionados – de Mattsson e Bubenko (1978), *versus* de Yeo e Yee (2014) –, verificam-se significativas diferenças teóricas na concepção de cada um. Os primeiros definem o paradigma clássico de otimização do planejamento energético, em que modelos e ferramentas são usados para determinar um conjunto ideal de tecnologias necessárias para atingir, sob restrições fixas, um objetivo ou meta específicos. Normalmente, a otimização inclui encontrar as “melhores opções de fornecimento de energia disponíveis”, dada uma demanda definida, pelo menor custo econômico (TORABI MOGHADAM et al., 2017). Os sul-coreanos, por sua vez, descrevem um processo formal normativo do PU, que tem lugar em uma cidade do país, onde um plano de uso de energia (focado na demanda) é necessário para permitir a construção de novos edifícios na cidade.

Dessa forma, é possível associar como guarda-chuva teórico da segunda definição encontrada, o Direito Ambiental (tendo a Filosofia do Direito, a Economia e a Social Democracia como pressupostos ontológicos). No entanto, em 2016, Yeo e Yee mudam a definição sobre o conceito, quando argumentam que o PEU (também chamado de Planejamento de Energia regional, local, provincial, municipal ou rural) corresponde à versão local do Planejamento Energético nacional ou centralizado. Segundo os autores, o Planejamento de Energia nacional é um processo *top-down*, que lida com dados do censo nacional e estatísticas como população e setores; já o urbano, o local, é um processo *bottom-up* ou híbrido, que aborda estatísticas regionais específicas, tais como informações sobre o setor de edifícios. No entanto, é importante destacar que na versão de 2016 continua posta a questão clássica da política energética, baseada nas prerrogativas racionais, neoclássicas e tecnicistas encontradas em Mattsson e Bubenko (1978).

Por fim, destaca-se a última definição do conceito encontrada em artigo de 2019, publicado coletivamente no *Journal of Cleaner Production* (COLLAÇO et al., 2019). No trabalho, o termo é definido como uma combinação/integração entre dois campos atualmente distintos e separados: a área de Planejamento de Energia e a prática de Planejamento Urbano. Também fruto desta pesquisa, esse artigo – conforme mencionado na seção “metodologia” –, exprime como principal característica do PEU a questão da integração. A preocupação técnica

está ausente na perspectiva apontada, que volta à atenção ao desafio da integração de duas áreas do conhecimento distintas.

Em trabalho de 2017, publicado em *Sustainable Cities and Society* (OUHAJJOU et al.) não foi encontrada uma definição para o conceito do PEU, mas uma definição sobre o processo de Planejamento Energético Urbano – retirada de artigo de 2009 (MIRAKYAN et al.) –. No trabalho, os autores definem o termo Planejamento Energético Regional, como um processo dependente de ferramentas de suporte (*softwares* e modelos), para apontar um conjunto de medidas, considerando um horizonte de planejamento de longo prazo, para melhorar a eficiência energética e a geração de energia renovável e reduzir as emissões de CO₂. Outro documento importante, que também não mencionou explicitamente a definição de PEU, mas que exprime uma definição do conceito “entrelinhas”, é o artigo de Zanon e Verones (2013), em que os autores asseveram o PEU como resposta ao desafio imposto pelas mudanças climáticas na procura por políticas e ações de mitigação e adaptação na implementação de um ambiente menos poluente, demandante de energia e mais resiliente. Para atingir esses objetivos, os autores acreditam que devem ser formuladas políticas urbanas adequadas para que edifícios e cidades sejam projetados, construídos e gerenciados de forma a melhorar o desempenho energético e fornecer maior suporte para a produção de energia distribuída. Nesse trabalho, expressa-se que a inclusão das questões energéticas no processo de planejamento urbano é considerada não como uma política ambiental nem energética, mas como uma nova tendência de política e planejamento urbano.

Por sua vez, a definição do conceito SEU foi encontrada em sete artigos⁴⁷. Outros quatro apresentaram ideias sobre a definição do conceito, mas não declararam tal posição no

⁴⁷ ALHAMWI, A. et al. GIS-based urban energy systems models and tools: Introducing a model for the optimisation of flexibilisation technologies in urban areas. *Applied Energy*, v. 191, p. 1–9, 2017a; FARZANEH, H.; DOLL, C. N. H.; PUPPIM DE OLIVEIRA, J. A. An integrated supply-demand model for the optimization of energy flow in the urban system. *Journal of Cleaner Production*, v. 114, p. 269–285, 2016; MORLET, C.; KEIRSTEAD, J. A comparative analysis of urban energy governance in four European cities. *Energy Policy*, v. 61, p. 852–863, 2013; OLDENBERG, O. et al. Model-based analysis of urban energy systems (On the basis of a city’s energy master plan). *Emergence: Complexity and Organization*, v. 17, n. 2, 2015. PULIDO BARRERA, P.; ROSALES CARREÓN, J.; DE BOER, H. J. A multi-level framework for metabolism in urban energy systems from an ecological perspective. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 132, n. March 2016, p. 230–238, 2018; RUTTER, P.; KEIRSTEAD, J. A brief history and the possible future of urban energy systems. *Energy Policy*, v. 50, p. 72–80, nov. 2012; ZHANG, C. et al. From Numerical Model to Computational Intelligence: The Digital Transition of Urban Energy System. *Energy Procedia*, v. 143, p. 884–890, 2017.

manuscrito⁴⁸. Por fim, mais quatro trabalhos, resultados da pesquisa, definiram o conceito de Modelos de Sistema de Energia Urbano⁴⁹, enquanto outros quatro definiram termos semelhantes: Sistema Integrado de Energia Urbana – SIEU (JIN et al., 2016), Sistemas Locais de Energia (MANFREN; CAPUTO; COSTA, 2011) e Sistemas Integrados de Energia Comunitária – SIEC (KOIRALA et al., 2016; MENDES; IOAKIMIDIS; FERRÃO, 2011).

A primeira menção ao termo data de 1993 (HOSIER). O autor considera SEU como um modelo de cidade em forma de sistema, que permite a análise de vários impactos da vida urbana no consumo de energia e no meio ambiente. No entanto, a primeira definição declarada do termo é de Rutter e Keirstead (2012), que adaptaram a definição de sistema de energia de Jaccard (2005) – “*combined processes of acquiring and using energy in a given society or economy*” –, e adicionaram a ela a informação de que esse processo poderia ser usado no nível da cidade para atender às demandas de serviços de energia de uma população urbana (RUTTER E KEIRSTEAD, 2012)⁵⁰. Mais tarde, essa definição é reformulada em outro artigo de 2012 (KEIRSTEAD et al., 2012a): os autores definem o conceito de Modelo de Sistema de Energia Urbana como “*a formal system that represents the combined processes of acquiring and using energy to satisfy the energy service demands of a given urban area*”⁵¹.

⁴⁸ FARZANEH, H. Development of a Bottom-up Technology Assessment Model for Assessing the Low Carbon Energy Scenarios in the Urban System. *Energy Procedia*, v. 107, n. September 2016, p. 321–326, 2017; GRUBLER, A. et al. *Urban Energy Systems. Global energy assessment: Toward a sustainable future*. [s.l.], p. 1307–1400, 2012; HOSIER, R. H. Urban energy systems in Tanzania. *Energy Policy*, v. 21, n. 5, p. 510–523, 1993; KEIRSTEAD, J. et al. The impact of CHP (combined heat and power) planning restrictions on the efficiency of urban energy systems. *Energy*, v. 41, n. 1, p. 93–103, 2012.

⁴⁹ ALHAMWI, A. et al. GIS-based urban energy systems models and tools: Introducing a model for the optimisation of flexibilisation technologies in urban areas. *Applied Energy*, v. 191, p. 1–9, 2017a; ALHAMWI, A. et al. OpenStreetMap data in modelling the urban energy infrastructure: A first assessment and analysis. *Energy Procedia*, v. 142, p. 1968–1976, 2017b; CORRADO, V. et al. Data structuring for the ontological modelling of urban energy systems: The experience of the SEMANCO project. *Sustainable Cities and Society*, v. 14, n. 1, p. 223–235, 2015; KEIRSTEAD, J.; JENNINGS, M.; SIVAKUMAR, A. A review of urban energy system models: Approaches, challenges and opportunities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 16, n. 6, p. 3847–3866, 2012.

⁵⁰ Ver, ainda: PULIDO BARRERA, P.; ROSALES CARREÓN, J.; DE BOER, H. J. A multi-level framework for metabolism in urban energy systems from an ecological perspective. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 132, n. March 2016, p. 230–238, 2018; ZHANG, C. et al. From Numerical Model to Computational Intelligence: The Digital Transition of Urban Energy System. *Energy Procedia*, v. 143, p. 884–890, 2017.

⁵¹ Essa definição se tornou a mais citada (ALHAMWI, A. et al. OpenStreetMap data in modelling the urban energy infrastructure: A first assessment and analysis. *Energy Procedia*, v. 142, p. 1968–1976, 2017b; CORRADO, V. et al. Data structuring for the ontological modelling of urban energy systems: The experience of the SEMANCO project. *Sustainable Cities and Society*, v. 14, n. 1, p. 223–235, 2015; FARZANEH, H.; DOLL, C. N. H.; PUPPIM DE OLIVEIRA, J. A. An integrated supply-demand model for the optimization of energy flow in the urban system. *Journal of Cleaner Production*, v. 114, p. 269–285, 2016; JIN, X. et al. Optimal day-ahead scheduling of integrated urban energy systems. *Applied Energy*, v. 180, p. 1–13, 2016). Posteriormente, os autores definiram o modelo de SEU como: “a formalized representation of a real system that attempts to emulate combined processes of acquiring and using energy to satisfy the energy demands of a given urban area over an extended period of time” (ALHAMWI, A. et al., 2017a; 2017b). Tem-se, dessa forma, uma associação entre o conceito de SEU e a teoria

Em 2013, Morlet e Keirstead, por outro lado, apresentam a definição de SEU de acordo com o espectro da governança, em que os sistemas de energia urbana abrangem a prestação de serviços básicos de energia e intervenções no mercado de forma a considerar questões ambientais, tais como as mudanças climáticas ou a poluição atmosférica local. Por sua vez, em artigo de 2015 (OLDENBERG et al.), os autores apresentam como definição de SEU o conceito usado por Manfren et al. (2011) para Sistema de Energia Local, aqui reproduzido: “*an urban energy system can be described as the combined process of supply and demand of energy services to cover the given needs of a city’s population*” (OLDENBERG et al., 2015, p. 1). No entanto, deve-se dizer que essa afirmação se encaixa perfeitamente no que Rutter e Keirstead (2012) usaram para definir o termo SEU. Não foi encontrada a definição do SEU ou de Sistema de Energia Local em artigo de 2011 (MANFREN et al., 2011). O Quadro 5, a seguir, apresenta os resultados da revisão de literatura quanto à definição de conceitos de PEU e SEU e suas respectivas referências.

de sistemas, e o que pode ser considerado como uma transferência do conceito SEU para o conceito de modelos de SEU.

Quadro 5 – Resumo dos conceitos de Planejamento Energético Urbano e Sistemas de Energia Urbanos

CONCEITOS	DEFINIÇÃO	REFERÊNCIAS
PLANEJAMENTO ENERGÉTICO URBANO	Sistema que busca prever o futuro fornecimento ótimo de energia, de acordo com premissas econômicas, restrições ambientais, política energética nacional, etc.	(MATTSSON; BUBENKO, 1978)
	Resposta aos desafios impostos pelas mudanças climáticas, na busca de políticas e ações de mitigação e de adaptação que preveem a construção de um ambiente menos poluente, intenso em energia e mais resiliente. Os edifícios e cidades devem ser projetados, construídos e gerenciados para melhorar o desempenho no uso de energia e fornecer maior suporte para a produção de energia distribuída.	(ZANON; VERONES, 2013)
	Processo formal, que tem lugar na Coreia do Sul, em que interessados em construir novos edifícios devem apresentar um plano de uso da energia, que inclui análise de impacto do consumo de energia e das emissões de CO ₂ , e métodos para melhorar a eficiência energética e a redução de emissões, através da racionalização do uso de energia.	(YEO; YEE, 2014)
	Equivalente ao Planejamento Energético nacional, mas aplicado ao âmbito local. Faz uso de uma abordagem <i>bottom-up</i> ou híbrida, e aborda o setor de edifícios e as estatísticas regionais.	(YEO; YEE, 2016)
	Processo que depende de ferramentas de suporte (<i>software</i> e modelos), e busca, através da combinação de conjuntos de medidas e dentro de um horizonte temporal, melhorar a eficiência energética, a geração de energia renovável e reduzir as emissões de CO ₂ .	(OUHAJOU et al., 2017)
	Combinação/integração entre dois campos atualmente distintos: a área do Planejamento Energético e a prática do Planejamento Urbano.	(COLLAÇO et al., 2019)
SISTEMA DE ENERGIA URBANO	Representação da cidade como um sistema que permite a análise de vários impactos energéticos e ambientais da vida urbana.	(HOSIER, 1993)
	Processos combinados de aquisição e uso de energia em uma determinada sociedade ou economia, no caso a cidade, objetiva atender às demandas de serviços de energia de uma população urbana.	(RUTTER; KEIRSTEAD, 2012) (BARRERA; CARREÓN; DE BOER, 2018; ZHANG; SUN; LI, 2017)
	Abrange a prestação de serviços básicos de energia e propostas de intervenções no mercado para endereçar questões ambientais como as mudanças climáticas ou a poluição local.	(MORLET; KEIRSTEAD, 2013)
	SEU pode ser descrito como o processo combinado de oferta e demanda de serviços de energia para sanar as necessidades específicas da população de uma cidade.	(OLDENBERG et al., 2015)
	SEU pode ser representado por um conjunto de recursos e um conjunto de tecnologias usados para a conversão desses recursos.	(GRUBLER et al., 2012; KEIRSTEAD et al., 2012)
	SEU pode ser entendido como uma empresa orientada pelo mercado no estabelecimento de um sistema energético mais efetivo, de melhora na eficiência geral do uso de recursos. Tal atuação pode reverberar em uma maior qualidade dos serviços urbanos que necessitam de energia com menor custo total do sistema.	(FARZANEH, 2017)
MODELO DE SISTEMA DE ENERGIA URBANO	Sistema formal que representa os processos combinados de aquisição e uso de energia para satisfazer as demandas de serviço de energia de uma determinada área urbana.	(KEIRSTEAD; JENNINGS; SIVAKUMAR, 2012) (ALHAMWI et al., 2017a; CORRADO et al., 2015; FARZANEH; DOLL; PUPPIM DE OLIVEIRA, 2016; JIN et al., 2016)
	Representação formalizada de um sistema real que tenta emular processos combinados de aquisição e uso de energia para satisfazer as demandas de energia de uma determinada área urbana durante longo período de tempo.	(ALHAMWI et al., 2017b, 2017a)

Fonte: autora (2019), de acordo com cada uma das referências citadas.

Ao analisar o recorte temporal de uso dos termos, em uma perspectiva de produção acadêmica, o uso de SEU surge depois da utilização de PEU. Ainda assim, ele pode ser considerado mais consolidado na literatura científica do que seu antecessor. Além disso, é possível intuir que o conceito SEU consiste em uma estrutura/ferramenta utilizada para organizar e sistematizar parâmetros e informações que simplifiquem a realidade complexa que o PEU tem a incumbência de trabalhar. Em adição, pode-se afirmar que o SEU é a base material sobre a qual o PEU justifica sua existência. Por isso, existe necessidade de analisar os termos em conjunto, uma vez que ambos os conceitos estão vinculados. No entanto, essa relação não está descrita nos documentos revisados.

Por outro lado, é importante notar que tais parâmetros e informações que o SEU descreve, não são pré-definidos e mudam de acordo com os interesses e as motivações dos autores. Eles podem ser parâmetros ambientais (geralmente os representantes dessa área focam na questão das emissões, principalmente as emissões de GEE), parâmetros sociais (serviços de energia, usos finais da energia e demandas de energia), e parâmetros econômicos, em que a principal prerrogativa é a análise de menor custo ou de custo-benefício. Por fim, o conceito Sistemas de Energia Urbanos está sempre atrelado à modelagem e à quantificação – o que fica constatado em todos os artigos revisados. Por outro lado, com relação ao conceito do PEU, não foi encontrado consenso entre a comunidade científica sobre sua definição.

Verificou-se que o PEU pode ser classificado de formas distintas: como um processo (planejamento), um produto (plano) ou mesmo uma estratégia para enfrentar os desafios do aquecimento global. Além disso, as visões sobre suas metas e objetivos também são distintas entre si. Para alguns autores, o PEU é entendido como uma *proxy* do Planejamento Energético nacional, mas aplicado ao âmbito das cidades (que geralmente foca as demandas setoriais e as opções tecnológicas para fornecimento de energia). O PEU também é entendido como uma ferramenta de gestão da energia, em que o destaque é conferido à demanda e à eficiência energética nas cidades. Por fim, existem hoje estudiosos que cruzam a percepção da demanda setorial na cidade com a das políticas urbanas, energéticas e seus respectivos sistemas; outros, entendem o PEU como uma complexa rede de relações em que ambas as áreas estão ou deveriam estar integradas.

A partir de um olhar genérico, é possível concluir que o SEU é uma ferramenta de análise e de diagnóstico do uso da energia. Portanto, poderia compor o processo de PEU. Da mesma forma, outras ferramentas de diagnóstico, que têm o propósito de apresentar de maneira

simplificada e normalmente através de números como ocorre o consumo de energia de uma determinada unidade, prédio, sociedade, cidade, país ou região, tais como os balanços energéticos e as ferramentas analíticas do metabolismo urbano⁵².

Não foram encontrados mais documentos com uma definição dos conceitos de SEU e PEU, o que revela outra lacuna científica em relação ao estabelecimento das teorias relacionadas à área de pesquisa. No entanto, considera-se importante destacar algumas definições de conceitos alternativos – para designar ferramentas e formas de gerenciar recursos energéticos a partir de uma perspectiva local – encontrados durante a revisão da literatura: Planejamento Energético Descentralizado, Planejamento Energético Local Avançado, Planejamento Energético Municipal, Gestão Energética Municipal, Planejamento/Gestão Energética Comunitária, Gestão Energética Municipal, Governança Comunitária de Energia, Governança Energética, Uso da Energia Urbana, Planejamento Energético Urbano Sustentável, Planejamento Energético Integrado Urbano e Regional, Planejamento Urbano Ecologicamente Correto, entre outros⁵³.

⁵² Para exemplos de aplicações dessas ferramentas, ver: AGUDELO-VERA, C. M. et al. The Urban Harvest Approach as an Aid for Sustainable Urban Resource Planning. *Journal of Industrial Ecology*, v. 16, n. 6, p. 839–850, 2012; KENNEDY, C.; CUDDIHY, J.; ENGEL-YAN, J. The Changing Metabolism of Cities. *Journal of Industrial Ecology*. v. 11, n. 2, 2007; MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Balanço Energético Nacional 2015: Ano-Base 2014 – Empresa de Pesquisa Energética – Brasília: MME/EPE, 2015; PINCETL, S.; BUNJE, P.; HOLMES, T. An expanded urban metabolism method: Toward a systems approach for assessing urban energy processes and causes. *Landscape and Urban Planning*, v. 107, n. 3, p. 193–202, 2012; ROSALES CARREÓN, J.; WORRELL, E. Urban energy systems within the transition to sustainable development. A research agenda for Urban Metabolism. *Resources, Conservation & Recycling*, n. August, p. 0–1, 2018a.

⁵³ Em Anexo I– Revisão conceitos análogos a Planejamento Energético Urbano e Sistemas de Energia Urbans, uma revisão sobre os termos supracitados está disponível.

3.2 Os problemas e as respostas científicas do Planejamento Energético Urbano e dos Sistemas de Energia Urbanos

Ao buscar na dinâmica discursiva a pré-estruturação do pensamento científico e, assim, perceber o que compõe o enredo, a argumentação e os problemas associados ao desenvolvimento do PEU e do SEU, foram identificados, nos 127 artigos revisados, 313 palavras, frases e parágrafos que apresentam os argumentos e a contextualização que justificam e problematizam a área de estudo. Os 313 itens foram extraídos dos textos originais, e identificados por autor e publicação, e copiados nos “formulários de extração de dados” (Figura 4). Cada item foi resumido à uma frase síntese, como por exemplo, considerando que o item selecionado foi “(...) existe uma necessidade de aumento da oferta de energia por fontes renováveis” a frase síntese associada foi “oferta: aumento RES”. Considerando ainda outro exemplo no qual o item é “necessidade de reduzir a poluição ambiental global”, a frase síntese associada foi: “meio ambiente e poluição”.

Esse procedimento foi aplicado aos 313 itens, que foram sistematizados em 136 frases contendo os principais argumentos e informações do contexto e da problemática nos artigos revisados, que, por sua vez, foram agrupados em 28 temas-chave que resumem e coletam a ideia principal de cada sentença. Por exemplo, as frases sínteses: “meio ambiente e poluição”, “meio ambiente” e “meio ambiente e desenvolvimento”, foram agrupadas dentro dessa última mencionada (meio ambiente e desenvolvimento). O enredo, os argumentos e os problemas associados ao PEU e ao SEU são apresentados no Quadro 6, assim como os 28 temas-chave e as respectivas referências bibliográficas.

Quadro 6 – Enredos, argumentos e problemas associados ao PEU e ao SEU, encontrados durante a RS

Temas-chave	Enredo, argumentos e problemas associados ao PEU/SEU	Referências
<p><u>Mudanças climáticas (18%)</u></p> <p><u>Demanda de energia e emissões (5%)</u></p> <p><u>Política política pública e governança (1%)</u></p> <p><u>Transição para sistemas de baixo carbono (3%)</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> • As áreas urbanas estão sendo responsabilizadas por consumir dois terços da energia primária global, o que, por sua vez, levou a 60-80% das emissões diretas globais de GEE relacionadas à energia; • Existe uma necessidade de reduzir emissões: os desafios impostos pelas mudanças climáticas exigem a redução/mitigação das emissões de CO₂; • Auxílio no cumprimento das metas do Protocolo de Kyoto (1997) e do Acordo de Paris (2015); • As cidades são <i>locus</i> de atuação potencial para redução e mitigação dos GEE e podem viabilizar a transição para sistemas de energia de baixo carbono/cidades de baixo carbono/sociedades de baixo carbono; • Atuação para o cumprimento/participação em acordos e redes de apoio tais como: <i>Covenant of Mayors</i>, C40, <i>Cities</i>, etc; • Aumento da conscientização política sobre a importância da cooperação mútua entre os governos centrais e autoridades locais no estabelecimento e na implementação de planejamento energético de baixo carbono no âmbito das cidades; • Forte apoio/apelo público/político às iniciativas focadas nos meios ambientais, na sustentabilidade e nas mudanças climáticas (energia e cidades). 	<p>(ADHIKARI et al., 2012; AKI et al., 2006; ALHAMWI et al., 2017A, 2017B; ALLEGRINI et al., 2015; ATHANASSIADIS et al., 2017; BRISTOW; KENNEDY, 2013; BRANDONI AND POLONARA, 2012; CAJOT et al., 2017, 2015; CHEN and CHEN, 2015; CIPRIANO et al., 2017; COLLAÇO AND BERMANN, 2017; COLLAÇO et al., 2019; CORRADO et al., 2015; DI LEO AND SALVIA, 2017; FARZANEH et al., 2014; FARZANEH; DOLL; PUPPIM DE OLIVEIRA, 2016; FICHERA et al., 2016; GREGÓRIO AND SEIXAS, 2017; GRUBLER et al., 2012; HAKE et al., 2016; HAWKEY et al., 2013; HUANG et al., 2017, 2015; HUKKALAINEN (NÉE SEPPONEN) et al., 2017; JIN et al., 2016; KEIRSTEAD et al., 2012B, 2012A; KEIRSTEAD and CALDERON, 2012; KURIYAN and SHAH, 2017; LANTSBERG et al., 2005; MANFREN et al., 2011; MARINS, 2014; MAX BITTEL et al., 2017; MENDES et al., 2011; MORLET and KEIRSTEAD, 2013; MORVAJ et al., 2016; NASTASI and DI MATTEO, 2016; NIEMI et al., 2012; OLDENBERG et al., 2015; OUHAJOU et al., 2017; PASIMENI et al., 2014; PERERA et al., 2018; ROSALES CARREÓN and WORRELL, 2018A; RUPARATHNA et al., 2017; TORABI MOGHADAM et al., 2017; UNTERNAHRER et al., 2017; WANG ET AL., 2017; XU et al., 2015; Y YAMAGUCHI et al., 2007; YAZDANIE et al., 2017; YEO et al., 2013B; YEO; YEE, 2016; ZANON and VERONES, 2013)</p>
<p><u>Urbanização e uso de energia (12%)</u></p> <p><u>Pressão nos recursos naturais (3%)</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mais da metade da população mundial vive atualmente em cidades. A urbanização envolve uma intensificação do uso de energia (~ 75% do uso final de energia); • O processo de urbanização leva a uma concentração significativa de recursos humanos, atividades econômicas e consumo de recursos naturais nos ambientes urbanos; • As cidades estão localizadas em menos de 2-5% da superfície terrestre e usam cerca de 75-80% dos recursos; • A densidade das áreas urbanas coloca pressão especialmente nos recursos de água, energia e alimentos (nexo⁵⁴); 	<p>(ADHIKARI et al., 2012; ALLEGRINI et al., 2015; ALHAMWI et al., 2017A, 2017B, ATHANASSIADIS et al., 2017; BRISTOW and KENNEDY, 2013; CAJOT et al., 2017, 2015; CHEN and CHEN, 2015; COLLAÇO and BERMANN, 2017; DI LEO AND SALVIA, 2017; FARZANEH ET AL., 2014; FICHERA et al., 2016; GREGÓRIO and SEIXAS, 2017; GRUBLER et al., 2012; HOSIER, 1993; JIN et al., 2016; KEIRSTEAD and CALDERON, 2012; KENNEDY; PINCETL; BUNJE, 2012; KURIYAN and SHAH, 2017; LEDUC and VAN KANN, 2013; MARINS, 2014; MADLENER and SUNAK, 2011B, 2011A;</p>

⁵⁴ O termo “nexo” faz referência ao conceito “*nexus*” que pode ser descrito como uma abordagem holística, sistêmica e integrada de governança ambiental que faz referência aos recursos água-energia-alimento: “(.) *Central to the nexus approach is the idea not to prioritize a single resource, but consider the different dimensions of food, energy and water – those resources most critical to sustaining life (Gain et al., 2015) – equally and in their mutual,*

	<ul style="list-style-type: none"> • É necessário reduzir as necessidades de recursos: as cidades importam a maioria de suas necessidades e recursos e seu uso ineficiente resulta em resíduos; • Transição para economia circular, consumo de recursos de forma eficiente. 	MANFREN et al., 2011; MORLET and KEIRSTEAD, 2013; OLDENBERG et al., 2015; PERERA et al., 2018; PINCETL; BUNJE; HOLMES, 2012; PULIDO BARRERA et al., 2018; ROSALES CARREÓN and WORRELL, 2018A; RUTTER and KEIRSTEAD, 2012; SAMSATLI and SAMSATLI, 2018; TORABI MOGHADAM et al., 2017; WANG et al., 2017; WENNERSTEN et al., 2016; YAZDANIE et al., 2017; YEO and YEE, 2014, ZHENG et al., 2017;)
<p><u>Sustentabilidade e meio ambiente (11%)</u></p> <p><u>Meio Ambiente e desenvolvimento (1%)</u></p> <p><u>Transição de sistemas e planejamento (4%)</u></p> <p><u>Questões sociais (saúde e qualidade de vida) (1%)</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Forma de aumentar a sustentabilidade das cidades; • Busca pela diminuição da poluição ambiental global e localmente; • Passo em direção ao desenvolvimento sustentável, desenvolvimento de baixo impacto ambiental; • A implementação do Planejamento Urbano ecologicamente correto ou estratégico, são ferramentas úteis para alcançar metas de mitigação e de sustentabilidade; • A ênfase na proteção ambiental e no desenvolvimento sustentável aumentou o interesse pelo Planejamento Integrado de Energia no âmbito municipal; • Ferramenta para medir a sustentabilidade; • Possibilitar a transição para sistemas sustentáveis de energia urbana; • Viabilizar a mudança para fontes de energia mais sustentáveis. transformar os sistemas de energia baseados em fontes fósseis para sistemas de energia urbanos sustentáveis e resilientes ou mudar para sistemas de energia baixo em carbono; • O PEU e SEU faz parte da transformação radical dos sistemas de energia; • Busca pela manutenção das oportunidades econômicas e da qualidade de vida. 	(ADHIKARI; ASTE; MANFREN, 2012; ALHAMWI et al., 2017A; ATHANASSIADIS et al., 2017; BALDI and GIUSEPPE, 2017; BALOCCO and GRAZZINI, 2000; CAJOT et al., 2015; CHEN and CHEN, 2015; CHILD; BREYER, 2017; COLLAÇO; BERMAN, 2017; FARZANEH; DOLL; PASIMENI ET AL., 2014; PULIDO BARRERA; ROSALES CARREÓN; DE BOER, 2018; FARZANEH; DOLL; PUPPIM DE OLIVEIRA, 2016; FERRARI AND ZAGARELLA, 2016; HAWKEY et al., 2013; HUANG et al., 2015, 2017; JIN et al., 2016; JOVANOVIC et al., 2010; KEIRSTEAD ET AL., 2012A, 2012B; KOIRALA et al., 2016; KURIYAN AND SHAH, 2017; LANTSBERG ET AL., 2005; LEDUC AND VAN KANN, 2013; MANFREN et al., 2011; MIRAKYAN and DE GUIO, 2013B; MORLET AND KEIRSTEAD, 2013; NASTASI and DI MATTEO, 2016; OLDENBERG et al., 2015; PERERA et al., 2018; RUPARATHNA et al., 2017; SAMPAIO et al., 2013; TORABI MOGHADAM et al., 2017; WENNERSTEN et al., 2016; WU et al., 2016a; YEO; YOON; YEE, 2013a, YEO and YEE, 2016, 2014)
<p><u>Eficiência e economia de energia (8%)</u></p> <p><u>Oferta aumento da RES (5%)</u></p> <p><u>Problemas técnicos/tecnológicos e integração RES (1%)</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Busca pelo aumento/melhoria da eficiência energética; • Meio para conservar energia nas cidades e reduzir emissões; • Forma de reduzir a demanda de energia nas cidades; • Forma de aumentar a economia de energia; • Local/necessidade de inserção de novas tecnologias e troca de combustível; • Local/necessidade de aumentar/integrar as RES e a energia limpa para reduzir o consumo dos combustíveis fósseis; 	(ADHIKARI; ASTE; MANFREN, 2012; ALHAMWI et al., 2017b; ALLEGRINI et al., 2015; BALOCCO; GRAZZINI, 2000; BRANDONI; POLONARA, 2012; BRISTOW; KENNEDY, 2013; CAJOT et al., 2015; DI LEO; SALVIA, 2017; FERRARI; ZAGARELLA, 2016; GREGÓRIO; SEIXAS, 2017; GRUBLER et al., 2012; HUANG et al., 2015, 2017; JIN et al., 2016; HUKKALAINEN (NÉE SEPPONEN) et al., 2017; KALNBALKITE; LAUKA; BLUMBERGA, 2017; KEIRSTEAD et al.,

dynamic inter-relationships (FAO, 2014b). Its advantage is seen in the anticipation of potential trade-offs and synergies in order to design resource management strategies that are optimized across the different sectors (Beisheim, 2013; FAO, 2014b; Hoff, 2011). The nexus approach can thus best be understood as an analytical approach to derive optimized solutions based on an integrated assessment of the related challenges and opportunities (European Commission, 2012; FAO, 2014b; Howarth and Monasterolo, 2016) (VENGHAUS; HAKE, 2018).

	<ul style="list-style-type: none"> • Diminuir consumo de combustíveis fósseis: menor impacto ambiental e uma vida social mais harmoniosa no ambiente urbano; • Aumentar a fiabilidade das RES; • As soluções de RES ainda têm incompatibilidade entre oferta e demanda. É necessário investir em redes inteligentes ou em armazenamento; 	<p>2012; LIANG; ZHANG, 2011; MENDES; IOAKIMIDIS; FERRÃO, 2011; MORLET; KEIRSTEAD, 2013; NASTASI; DI MATTEO, 2016; MAX BITTEL et al., 2017; MENDES; IOAKIMIDIS; PASIMENI et al., 2014; PERERA et al., 2018; ROSALES CARREÓN; WORRELL, 2018b; WANG; SIEBERS; ROBINSON, 2017; UNTERNAHRER et al., 2017; XU; ZHOU; HAO, 2015; WU et al., 2016a; YAMAGUCHI; SHIMODA; MIZUNO, 2007a; YEO; YEE, 2016, 2014; ZANON; VERONES, 2013)</p>
<p><u>Segurança energética e geopolítica (5%)</u></p> <p><u>Geração/Recursos locais de energia e infraestrutura (3%)</u></p> <p><u>Desenvolvimento local versus investimentos (1%)</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> • É preciso ter energia acessível e confiável para o desenvolvimento econômico; • Cidades são um <i>locus</i> para explorar recursos alternativos de energia; • Cidades podem atuar em geração distribuída: eletricidade, aquecimento, resfriamento e água quente e fria; • Novos sistemas distribuídos de energia podem minimizar o impacto ambiental, o consumo de energia primária e os custos de grandes obras de geração; • Necessário investimento em novas tecnologias de geração no âmbito local e em redes inteligentes; • Reduzir custos e pegada de carbono de produtos, serviços e atividades de energia; • É preciso ter segurança energética e ambiental (aumentar resiliência); • Existe um perigo de escassez de energia proveniente do esgotamento dos combustíveis fósseis associado às questões de geopolítica e localização; • As cidades devem considerar o empenho de investimentos para reduzir o consumo de recursos, as emissões de GEE e aumentar a autossuficiência. 	<p>(ADIL; KO, 2016; AKI ET AL., 2006; BALDI; GIUSEPPE, 2017; BRISTOW AND KENNEDY, 2013; BUCK, 1980; COLLAÇO; BERMAN, 2017; FARZANEH; DOLL; PUPPIM DE OLIVEIRA, 2016; HUANG ET AL., 2015; KORDAS ET AL., 2017; LANTSBERG ET AL., 2005; MATTSSON AND BUBENKO, 1978; MAX BITTEL ET AL., 2017; MENDES ET AL., 2011; MIRAKYAN AND DE GUIO, 2013b; NIEMI ET AL., 2012; PERERA ET AL., 2018; SAMPAIO; DIAS; BALESTIERI, 2013; TSUJI, 2004; UNTERNAHRER et al., 2017; ZHENG ET AL., 2017)</p>
<p><u>Mercado de energia (1%)</u></p> <p><u>Ascensão das megacidades (0,3%)</u></p> <p><u>Demanda de energia (SETORIAL) (4%)</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> • A demanda global por energia está aumentando e os preços estão subindo. É necessário desenvolver estratégias para buscar a estabilidade dos preços; • Decorrente do processo de desregulamentação dos mercados de eletricidade, o PEU pode ser favorecido; • Reestruturação do negócio de energia, • Liberalização dos mercados de energia em vários países; • O surgimento das megacidades nos países em desenvolvimento desempenhará um papel fundamental no desenvolvimento e distribuição da demanda global de energia; • O setor de edifícios representa ~ 40% do uso final de energia; • As emissões de GEE no nível municipal são principalmente atribuíveis aos setores de transporte (~ 60%) e edifícios (~ 27%); • Os centros históricos são territórios especiais do tecido urbano. A renovação energética de seus edifícios é fundamental para alcançar um equilíbrio entre a conservação do patrimônio construído e a sustentabilidade exigida, e aumentar a resiliência frente às mudanças climáticas 	<p>(AKI; OYAMA; TSUJI, 2006; CAJOT et al., 2015, 2017; DI LEO; SALVIA, 2017; DUANMU et al., 2013; GREGÓRIO; SEIXAS, 2017; HAWKEY; WEBB; WINSKEL, 2013; LANTSBERG et al., 2005; LI; WEN, 2017; MADLENER AND SUNAK, 2011a; MARTINS et al., 1998; MIRAKYAN; DE GUIO, 2013a; NIU; PAN; ZHAO, 2015; RUPARATHNA et al., 2017; TORABI MOGHADAM et al., 2017; YAZDANIE; DENSING; WOKAUN, 2017)</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Viabilizar a melhoria da gestão de energia no setor de edifícios e por sua vez o desempenho energético dos edifícios; • Reduzir as emissões de GEE do setor de saneamento pode contribuir para o combate às mudanças climáticas; • Transição para edifícios de demanda energética zero; • Infraestrutura dos prédios/cidades antigas precisam ser alteradas para ser menos intensiva em uso de recursos; 	
<p><u>Justiça social/ambiental (2%)</u></p> <p><u>Modelo de desenvolvimento econômico e impactos (4%)</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Viabilizar o acesso à energia moderna desempenha um papel fundamental no alívio da pobreza e no desenvolvimento sustentável; • Viabilizar o entendimento sobre as necessidades ainda não providas dos serviços de energia para o crescimento econômico e alívio da pobreza; • Atuação em justiça ambiental por comunidades desproporcionalmente impactadas (infraestrutura de fornecimento de energia); • Hoje, quase um bilhão de pessoas estão desnutridas, 0,9 bilhão não têm acesso à água potável, e 1,5 bilhão não têm fonte de eletricidade. O nexa entre alimentos, energia e água requer conceitos de gerenciamento aprimorados (ou novos), pois a pressão sobre a demanda aumentará ainda mais no futuro; • O padrão atual de desenvolvimento global coloca crescentes pressões ecológicas, econômicas e sociais nos sistemas urbanos e sistemas de energia; • A crescente demanda por serviços de energia é o resultado de estilos de vida e hábitos que mudaram rapidamente; • O rápido crescimento econômico e melhoria do padrão de vida aumentou a necessidade de energia das áreas urbanas; • Revolução industrial, ascensão do capitalismo, e os padrões de vida no mundo moderno: esgotamento de recursos/pressão sobre os recursos; • A exploração, transformação e consumo de energia trouxe muita pressão para o sistema urbano. 	<p>(GRUBLER ET AL., 2012; HAKE ET AL., 2016; HUANG ET AL., 2015; KORDAS; LIU; ULGIATI, 2017; LANTSBERG ET AL., 2005; LEDUC; VAN KANN, 2013; MADLENER; SUNAK, 2011; MANFREN; CAPUTO; COSTA, 2011; NISSING AND VON BLOTTNITZ, 2010B; PASIMENI et al., 2014; PINCETL; BUNJE; HOLMES, 2012; ZHANG; ZHANG; YANG, 2010)</p>
<p><u>Limitações técnicas (0,3%)</u></p> <p><u>Pressupostos teóricos (2%)</u></p> <p><u>Incoerência entre políticas (1%)</u></p> <p><u>Limitações metodológica (4%)</u></p> <p><u>Lacunas de políticas públicas (1%)</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Limitações técnicas: na fase inicial das pesquisas faltam dados ou os dados e informações são limitados ou desatualizados no âmbito da cidade sobre infraestrutura, edificações, indicadores socioeconômicos, demográficos e ambientais. Na fase de implementação são poucos os estudos que medem/monitoram empiricamente os impactos/resultados da adoção de estratégias de PEU; • Pressuposto teórico: outro tipo de abordagem para os sistemas de energia e urbanos é necessária pois o desenvolvimento tecnológico não pode substituir totalmente os serviços ecossistêmicos necessários para garantir a qualidade de vida e apoiar o crescimento econômico; • Pressuposto teórico: não existe consenso sobre o que é uma cidade sustentável; 	<p>(AFSHARI; FRIEDRICH, 2017; ATHANASSIADIS et al., 2017; BRISTOW; KENNEDY, 2013; CAJOT et al., 2017; CHILD; BREYER, CHEN; CHEN, 2015; 2017; COLLAÇO et al., 2019; CORRADO et al., 2015; FARZANEH, 2017; GRUBLER et al., 2012; JOVANOVIC; AFGAN; BAKIC, 2010; MADLENER; SUNAK, 2011b; MARTINS et al., 1998; NASTASI; DI MATTEO, 2016; NIU; PAN; ZHAO, 2015; OUHAJOU et al., 2017; PASIMENI et al., 2014; PULIDO BARRERA; ROSALES CARREÓN; DE BOER, 2018; SAMSATLI; SAMSATLI, 2018; VAN DAM; KEIRSTEAD, 2010; WANG; SIEBERS; ROBINSON, 2017; ZANON; VERONES, 2013; ZHANG et al., 2010; ZHANG; ZHANG; YANG, 2010; YEO; YOON; YEE, 2013a)</p>

<p><u>Limitação temporal (0,3%)</u></p> <p><u>Lacunas de participação/governança (1%)</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pressuposto teórico: o paradigma energético centralizado sustentou um crescimento sem precedentes no século XX. Os sinais de sua decadência no século XXI são cada vez mais evidentes. A abordagem alternativa é descentralizada; • Limitações metodológicas: os benefícios potenciais da aplicação de modelos numéricos estão de algum modo subestimados; • Limitações metodológicas: existem obstáculos para “trazer soluções dos problemas globais para o nível local” devido à complexidade intrínseca da governança multinível e das incertezas relacionadas aos múltiplos atores, interesses e interações envolvidos no nível municipal; • Limitações metodológicas: necessidade de estabelecer um esforço comunitário aberto para construir uma ontologia de modelagem padronizada para sistemas de energia. Há falta de base sistemática e há necessidade de soluções voltadas à integração dos modelos e modelagens; • Limitações metodológicas: o conhecimento científico, a informação e a coleta de dados precisam superar a subdivisão do campo disciplinar e acadêmico – faltam estudos sistemáticos. Ou ainda: o consumo de energia e a redução de GEE estão ligados à forma e à densidade urbanas; portanto, é urgente superar a divisão entre energia e planejamento urbano. É necessária a redefinição de métodos que superem a divisão entre planejamentos, e a divisão territorial e administrativa; • Incoerência entre políticas: existem inúmeras contradições normativas e de prática entre o uso e a gestão dos recursos de energia e a proteção do meio ambiente. Falta comunicação entre projeto de edifícios de baixo consumo de energia e o Planejamento Energético Urbano; • Lacuna de políticas públicas: falta de conscientização associada a fortes restrições financeiras na administração local em geral, que ainda precisam atender a muitas necessidades básicas das populações e que naturalmente recebem maior prioridade nas atividades municipais do que o PEU; • Lacuna de políticas públicas e limitação técnica: é um desafio comum para os governos locais fornecerem o chamado “Plano Mestre”, delineando uma visão de longo prazo para a infraestrutura energética da cidade; • Lacuna de políticas públicas: faltam ferramentas de governança; • Limitação temporal: a transição/mudança dos sistemas de energia globalmente tem natureza, rapidez e graduação especulativa; • Lacuna de participação/governança: a implementação final bem-sucedida de estratégias de energia depende da aprovação das partes interessadas e envolvidas. Assim, elas precisam de informações específicas para seus pontos de vista durante o processo de planejamento. 	
---	---	--

Fonte: autora (2019), de acordo com as referências citadas no quadro.

A RS revelou ampla gama de desafios que a literatura associa ao espectro de ação do PEU e do SEU. A grande questão, que pode ser classificada tanto quanto um problema a ser atacado, quanto como uma agente impulsor dessa agenda de pesquisa, é a questão, ou o tema das mudanças climáticas. Como é possível observar no Quadro 7, o tema foi o mais citado nos artigos revisados, presente explicitamente em 18% das frases de contextualização dos artigos. Isso significa que nesse dado não estão incluídas as demais citações inerentes ao tema, tais como as emissões de GEE, o uso e demanda de energia e a transição para sistemas (cidades, sociedades, etc.) de baixo carbono. O Quadro 7 apresenta os 28 temas-chave da pesquisa em PEU e SEU, assim como a representação (%) de cada tema dentro dos artigos revisados.

Quadro 7 – Os 28 temas-chave da área de Pesquisa de Planejamento Energético Urbano e Sistema de Energia Urbano

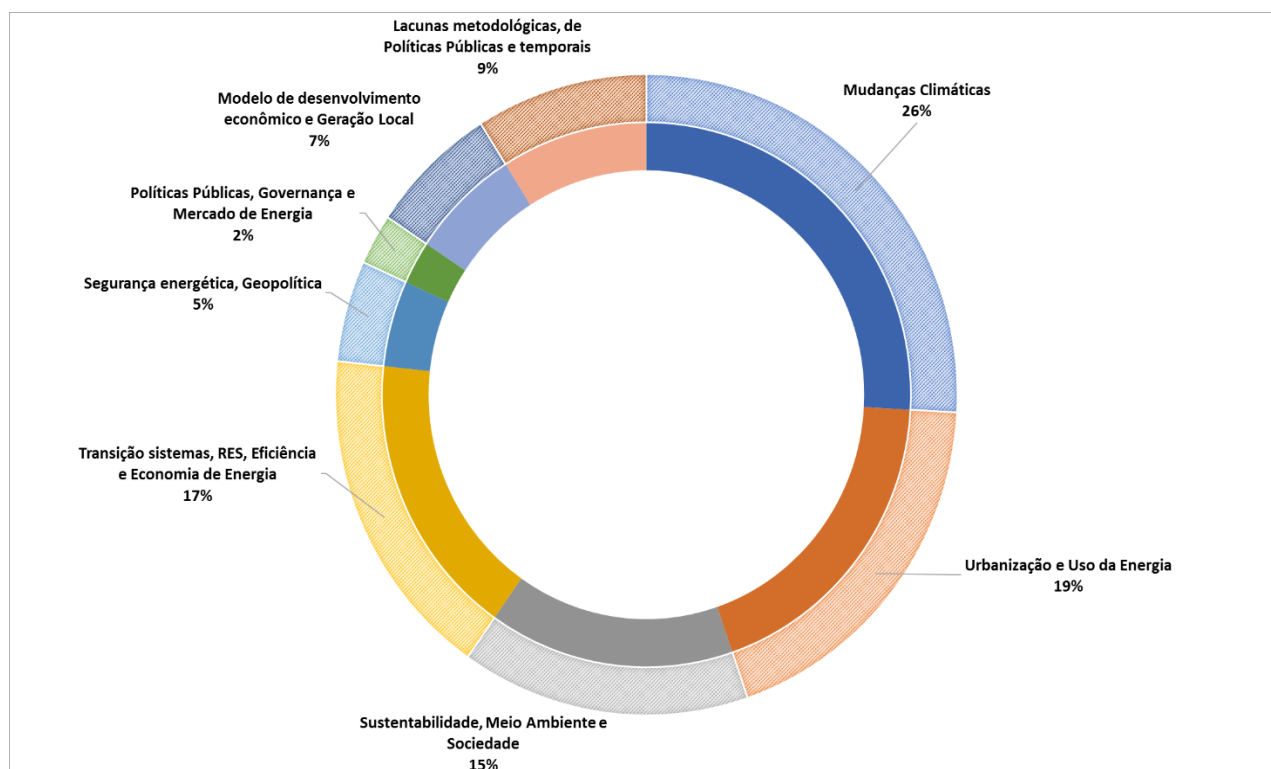
TEMAS-CHAVE	%
Mudanças climáticas	18%
Urbanização e uso de energia	12%
Sustentabilidade e meio ambiente	11%
Eficiência energética	8%
Demanda de energia e emissões	5%
Oferta: aumento da <i>RES</i>	5%
Segurança energética e geopolítica	5%
Transição de sistemas e planejamento	4%
Demanda de energia (setorial)	4%
Modelo de desenvolvimento econômico e impactos	4%
Limitações metodológicas	4%
Transição para sistemas de baixo carbono	3%
Pressão nos recursos naturais	3%
Geração/Recursos locais e infraestrutura	3%
Justiça social/ambiental	2%
Pressupostos teóricos	2%
Política, política pública e governança	1%
Meio ambiente e desenvolvimento	1%
Questões sociais (saúde, qualidade de vida)	1%
Problemas técnicos/tecnológicos e integração <i>RES</i>	1%
Desenvolvimento local e investimento	1%
Mercado de energia	1%
Incoerência entre políticas	1%

TEMAS-CHAVE	%
Lacuna políticas públicas	1%
Lacuna participação/governança	1%
Ascensão das megacidades	0.3%
Limitações técnicas	0.3%
Limitação temporal	0.3%

Fonte: autora (2019).

Ao juntar os argumentos centrais que permeiam o tema em um esforço ainda maior de sintetização das informações, ou seja, associar os demais argumentos inerentes a cada temática, como por exemplo incluir dentro da porcentagem das mudanças climáticas todas as menções a redução de emissões de CO₂ e transição para sistemas de energia de baixo carbono, é possível chegar na divisão temática e percentual apresentada na Figura 7, que mostra os oito temas principais discutidos nos artigos revisados no período analisado.

Figura 7 – Gráfico com a amostragem dos principais temas relacionados à pesquisa em PEU e SEU, e suas respectivas porcentagens (período analisado 1978-2019)



Fonte: autora (2019).

É possível verificar que de fato o tema das mudanças climáticas corresponde, no mínimo, a 26% das citações dos artigos alvo da RS. Nesse contexto, destaca-se, novamente, que essa divisão estrita de disciplinas ou temas, evidencia tendências, mas é preciso perceber a

natureza da correlação intrínseca dos argumentos verificados nos artigos. A problemática apresentada nos documentos mostra a relação estreita entre, por exemplo, o aumento da urbanização no planeta e das emissões de poluentes e GEE, o modo de vida atual, o sistema econômico, o uso intensivo dos combustíveis fósseis, a busca por inserção das *RES*, a reação do mercado de energia e as questões geopolíticas associadas. Como é possível perceber, o SEU e PEU pertencem a uma área de pesquisa de problemática multifacetada e complexa. Embora tenha se evidenciado que, desde 1993, já existiam estudos de associação do sistema urbano às emissões de carbono (ver HOSIER, 1993), o primeiro documento que apresentou as emissões de CO₂ como problema (considerando apenas a análise desenvolvida nessa RS, dentro do campo de literatura em PEU e SEU) é de 2004 (TSUJI). Além disso, a maioria das publicações que estabelecem esse *link* (entre cidades e o problema das emissões de GEE) são de 2011 a 2017.

O segundo tema mais citado baseia-se no fato de vivermos, desde 2007, um crescente fenômeno de urbanização, o que resulta no fato de mais da metade do mundo viver, hoje, em áreas urbanas. O aumento da urbanização associado à intensificação da demanda de recursos e de energia (assim como das emissões) totalizou em 19% das argumentações realizadas nos estudos. Esse parece ser um gatilho importante e recente na área do PEU e SEU. Apesar de não ser uma descoberta do século XXI – isto é, a relação entre a concentração urbana e concentração de consumo de recursos, as primeiras publicações que evidenciam essa associação datam de 2011. Pelo menos, quando comparado ao terceiro lugar de argumentação mais citada (transição de sistemas, inserção de *RES*, eficiência e economia de energia, com 17%), que ao abarcar também os problemas de equalização da oferta e demanda de energia, são os argumentos e enredo mais antigos e clássicos da área do Planejamento Energético, e também dos artigos de PEU e SEU, considerando o campo e o escopo da análise, esse tipo de publicação data de 1978 e 1980 (BUCK, 1980; MATTSSON; BUBENKO, 1978).

Por fim, verifica-se que o problema de combinar oferta e demanda de energia e as demais questões relacionadas à oferta (ou seja, inserção de sistemas e recursos de fornecimento de energia alternativa ou *RES*, aumento de geração distribuída, e a relação custo-benefício das tecnologias de geração e de uso final de energia) são questões que apresentam longo histórico na área de pesquisa do Planejamento Energético – que ainda carrega como principal abordagem a análise racional e quantitativa.

É importante destacar o tema-chave “Sustentabilidade, meio ambiente e sociedade”. Nos artigos revisados, os problemas relativos à sustentabilidade foram apresentados em termos amplos, que variam desde uma perspectiva setorial (transição para um sistema de energia sustentável ou inserção de fontes de energia sustentáveis), até uma perspectiva ainda mais generalista de como alcançar o desenvolvimento sustentável ou a sustentabilidade nas cidades. A atuação em PEU e o desenvolvimento de análises dos SEU são, no contexto desses artigos, meios que viabilizam o alcance de metas de sustentabilidade.

A primeira menção à sustentabilidade urbana é feita em Hosier (1993) – o autor também menciona a preocupação com as cidades dos países em desenvolvimento e sua contribuição cada vez maior para as emissões globais de carbono. Conceitos de sustentabilidade das cidades não são novos; não é novidade, portanto, que as cidades e as economias nacionais dependem em grande medida de recursos locais e importados para apoiar seu crescimento, seja ele quantitativo e/ou qualitativo (KORDAS; LIU; ULGIATI, 2017). A novidade reside no fato de que os recursos naturais necessários ao funcionamento do nosso atual sistema econômico, parecem ser insuficientes (ou distribuídos desigualmente) para sustentar um padrão de vida adequado à maior parte da população urbana. Da mesma forma, a concentração da demanda por recursos (resultado da concentração de pessoas nas cidades) causa, hoje, impactos sem precedentes no meio ambiente. Para lidar com essa perspectiva de futuro desafiadora, é necessário considerar seriamente a complexidade dos problemas envolvidos na tarefa do PEU. Para tanto, esta pesquisa argumenta que o “passo zero” no enfrentamento das várias questões sensíveis ao tema seja precisamente o trabalho de entendimento sobre os conceitos, temas e problemas relacionados ao PEU e ao SEU.

Nesse sentido, a Figura 8 resume os resultados da RS e apresenta análise sobre os principais problemas associados ao campo da pesquisa, os impulsionadores da implementação do PEU e do SEU, as soluções sugeridas pelos cientistas e pesquisadores da área para endereçar os problemas levantados e os resultados esperados dessa implementação. O quadro também sintetiza as principais lacunas e as contradições verificadas durante a leitura dos artigos que se impõem e que devem ser seriamente consideradas ao desenvolvimento do PEU.

Figura 8 – Análise e sistematização dos resultados da RS

PROBLEMAS ASSOCIADOS	IMPULSIONADORES DA AGENDA
<ul style="list-style-type: none"> * Dependência e uso intensivo de fontes fósseis e finitas; * Eventos extremos das Mudanças Climáticas já começam a ocorrer; * Aumento da urbanização mundial intensificou o uso da energia nas cidades (2/3 da energia primária); * Concentração de pessoas e de consumo de recursos naturais (75% do consumo de recursos); * Concentração de emissões de poluentes e GEE (60-80% das emissões); * Condição frágil e suscetível das cidades (instituição dependente) e má qualidade de vida das populações pobres; * Infraestrutura das cidades, estilo de vida e modelo de produção são energointensivos; <ul style="list-style-type: none"> * Energia RES tem baixa confiabilidade e disponibilidade pra consumo dissociada da demanda; * As cidades utilizam os recursos de forma ineficiente gerando resíduos; 	<ul style="list-style-type: none"> * Diminuir consumo e dependência dos combustíveis fósseis; * Necessidade de atuação para enfreteamento das Mudanças Climáticas; * Cumprimento das metas do Protocolo de Kyoto (1997), Acordo de Paris (2015) e demais acordos e redes de apoio; * Apelo e apoio político na atuação em energia, meio ambiente e cidades decorrente da urgência imposta pelas Mudanças Climáticas; * Influenciar positivamente a atuação do país (Relações Internacionais); * Busca pela diminuição da emissão de poluentes e GEE global e localmente; <ul style="list-style-type: none"> * Busca pela melhoria/aumento da atuação em eficiência energética; * Diminuir fragilidade das cidades e megacidades; * Desenvolver expertise, liderança e tecnologia; * Flexibilização para atuação em negócios de energia.
SOLUÇÕES APONTADAS	RESULTADOS ESPERADOS
<p>Implementar o Planejamento Energético Urbano para:</p> <ul style="list-style-type: none"> * entender o Sistema de Energia Urbano das cidades para propor soluções direcionadas/voltadas aos problemas; * investir em fontes locais de energia, busca pela inserção das RES e de geração distribuída, aumentando a autossuficiência das cidades diminuindo a dependência de recurso externos; * implementar ações para conservação de energia e de eficiência energética localmente; * investir em redes inteligentes e tecnologias de armazenamento; * implementar ferramentas de auxílio da governança multinível e multisetorial; * buscar atuar através da economia circular, para obter uma gestão de recursos mais eficiente (menos desperdiçadora); <ul style="list-style-type: none"> * melhorar a gestão da energia nos edifícios; * diminuir demanda do setor de mobilidade * alterar, reinvestir, mudar a infraestrutura de edifícios/cidades antigas. 	<ul style="list-style-type: none"> * Diminuição da necessidade de importação de recursos para a cidade; * Diminuição das emissões de poluentes e GEE; * Diminuição da demanda de energia; * Forma de aumentar/medir a sustentabilidade nas cidades; <ul style="list-style-type: none"> * Possibilitar a transição para sistemas de baixo carbono/ sustentáveis/ de fósseis para RES; * Manutenção das oportunidades econômicas e da qualidade de vida; * Minimizar o impacto ambiental, o consumo de energia primária e os custos de grandes obras de geração centralizadas; * Proporcionar entendimento do Sistema de Energia Urbano e das necessidades não providas de serviço de energia para crescimento econômico e alívio da pobreza;

LACUNAS AO DESENVOLVIMENTO DO PEU

Limitações técnicas (falta dados, mensuração empírica dos resultados, capacidade técnica, restrição orçamentária e excesso de atribuições no âmbito municipal); Limitações metodológicas (modelos estão sub/superestimados, faltam ferramentas de suporte à governança multinível, faltam soluções para integração de modelos, dissidências ontológicas dos pesquisadores, área de pesquisa muito segmentada e disciplinar); Limitações de Políticas Públicas (falta consistência entre políticas dentro de um mesmo setor, falta visão sistemática e holística para implementação da Política Pública, fator associado a incoerência entre Políticas intersetoriais, ex. Política Ambiental e Energética); Limitações temporais (desafio das Mudanças Climáticas impõe atuação imediata) e de grande envolvimento e participação pública.

CONTRADIÇÕES

*Flexibilização do Mercado de energia; *As mudanças necessárias e impostas pela agenda do PEU demandam investimentos em novas infraestruturas ou investimentos na readequação das antigas infraestruturas, isso poderá causar mais demanda e mais emissões; *A adoção do PEU considerando o Sistema e modelo de desenvolvimento vigente, poderá causar os mesmos malefícios que ocorrem no PE de forma centralizada; * A Governança multinível e o amplo acesso à participação podem ser um obstáculo para a implementação do PEU; *Conformação hierárquica das políticas e leis restringem a atuação municipal com relação aos assuntos do Planejamento de Energia.

Fonte: autora (2019).

Os resultados da RS indicam que os conceitos PEU e SEU compõem uma área do conhecimento que se apresenta como uma das possíveis estratégias (soluções) a serem empregadas, principalmente, como resposta ao desafio das mudanças climáticas, que se agrava diante do cenário de crescente urbanização mundial e de intensificação no uso e demanda por recursos naturais, como já foi dito. Os pesquisadores da área argumentam que o desenvolvimento de tais estratégias podem levar à redução de demanda de energia e por sua vez das emissões de poluentes e GEE, assim como podem ser condutores de mudanças mais profundas, tais como a busca pela diminuição das injustiças sociais e ambientais e a melhora da qualidade de vida da população urbana, o desenvolvimento da sustentabilidade nas cidades e a transição do sistema de energia urbano vigente para outro de baixo carbono e/ou sustentável. Acadêmicos (CREUTZIG et al., 2018; GRUBLER et al., 2012) têm apontado problemas relevantes à implementação e à avaliação das políticas públicas em PEU. Verificou-se uma prática geral de campo de pesquisa dispersa/dissociada e assistemática, o que dificulta a análise sobre a evolução científica ocorrida na área, assim como a mensuração dos resultados da aplicação do PEU. Esses são alguns exemplos de lacunas e limitações observados na literatura, que atrapalham o desenvolvimento pleno do PEU. Em resumo, foram observadas lacunas técnicas, metodológicas, políticas, de políticas públicas e temporais (ver Quadro 6 e Figura 8).

Por fim, foram observadas contradições importantes com relação aos argumentos científicos que justificam a aplicação do PEU e SEU, uma vez que o mesmo argumento pode ser classificado como impulsionador da agenda de tais conceitos, assim como um constrangimento à implementação dessas estratégias. Por exemplo, apesar da flexibilização do mercado possibilitar e até ampliar o investimento em geração distribuída e local, ele pode se converter em uma ferramenta de privilégio de uma classe social (indivíduos que têm capital para investir em geração distribuída), que irá atuar segundo as regras de mercado e: i) não estará associado a nenhum documento de planejamento governamental, desfavorecendo a estratégia da política energética nacional de forma geral; e ii) estará dissociado do contexto do planejamento urbano não se comunicando, portanto, com os vários setores da cidade e atores interessados.

Sobre o assunto, convém destacar o que pode ser entendido como a maior contradição observada no tema. As mudanças necessárias e impostas pela agenda do PEU demandam investimentos em novas infraestruturas ou na readequação das antigas infraestruturas, o que poderá causar mais demanda e mais emissões. Na mesma linha, verificou-se que vem sendo fomentada na Europa a mineração em mares profundos como meio de garantir o acesso a

recursos e minerais raros como hidratos de gás, cobalto e ítrio. O principal argumento para a realização dessa exploração, de acordo com a indústria que realiza as primeiras expedições, é a necessidade de garantir o acesso às tecnologias cotidianas (ou seja, telefones celulares, computadores e também aos tratamentos contra o câncer), mas principalmente, a implementação em escala das fontes *RES* (GIURCO et al., 2014; LE; LEVIN; CARSON, 2017). Isso significa que para alcançar as metas da agenda das mudanças climáticas (transição para uma economia de baixo carbono), a mineração em mar profundo está sendo colocada como um “mal necessário”. No entanto, é importante apontar a incoerência entre as políticas defendidas, uma vez que a exploração dos recursos minerais em águas profundas não está alinhada com o conceito de desenvolvimento sustentável, fortemente presente na literatura das mudanças climáticas.

Para ser breve sobre esse aspecto, há três princípios que ilustram a incoerência entre a exploração do mar profundo e o alcance de metas em mudanças climáticas. O primeiro é o princípio da precaução, que busca impedir riscos potenciais quando, de acordo com o estado atual do conhecimento, eles não podem ser identificados. Decerto, isso não se aplica à realidade, já que não há conhecimento científico e entendimento sobre o possível impacto ambiental da mineração no fundo do mar (DANOVARO et al., 2017); por outro lado, grande parte da literatura apresenta a fragilidade desse ecossistema (LEVIN et al., 2016) e sua importância para a manutenção dos ciclos naturais e vitais para a humanidade (VISBECK, 2018). O segundo princípio é o do *Leapfrog* (GOLDEMBERG, 1998) , ou seja, desenvolver a indústria *RES* com base nos mesmos padrões de produção que a indústria fóssil foi desenvolvida e estabelecida, consiste basicamente em investir capital na criação de problemas futuros distintos. É importante que, mercado, economia e políticas passem a atuar por meio de princípios básicos de aprendizado. Por fim, temos o princípio de prevenção de resíduos/rejeitos. Neste ponto, destacam-se princípios basais, discutidos há alguns anos, de sustentabilidade que devem ser urgentemente colocados em prática em escala mundial, como a reutilização, a reciclagem e a conservação⁵⁵.

⁵⁵ Existe alguma produção científica (ADACHI, 2010; GIURCO et al., 2014; SCHLUEP et al., 2009) que apresenta dados sobre a enorme quantidade de lixo eletrônico que poderia estar sendo utilizado como material alternativo para a garantia de fornecimento de equipamentos eletrônicos, ao invés da exploração do mar profundo.

Uma reflexão final sobre a RS na área do PEU e SEU e as contradições levantadas durante a revisão apontam para o fato de que, mesmo quando atuamos impulsionados por novas políticas e teorias, o Paradigma de desenvolvimento econômico, capitalista e orientado para a sociedade do consumo se mantém e se apresenta como um grande obstáculo para o alcance de metas de Sustentabilidade e de Mudanças Climáticas. Por fim, apesar do PEU e SEU serem citados como meio para o alcance de metas de sustentabilidade ou para diminuição da injustiça social e ambiental, não foi verificado na definição desses conceitos qualquer amarração teórica ou se quer indicativa/intenção para com esses objetivos.

PARTE III- PROPOSTA DE HARMONIZAÇÃO CONCEITUAL DO PLANEJAMENTO ENERGÉTICO URBANO

Atualmente, a principal área que domina a agenda do PEU é a teoria das Mudanças Climáticas (que está sob o domínio das Ciências Humanas, Natural e Ambiental, da qual se origina a vertente da Sustentabilidade), pela corrente do urbanismo designada de Urbanismo Ambiental e respaldada pelos modelos do tipo Energia-Ambiente. Os modelos de Energia-Ambiente, assim como os modelos do tipo Energia-Economia, são métodos usados pela escola do Racionalismo, cuja prerrogativa neoclássica privilegia a análise econômica. Além disso, tais modelos não integram todas as metas socioambientais apresentadas na revisão bibliográfica (fora o cálculo de emissões de poluentes e GEEs).

A modelagem de sistemas de energia urbano é importante e deve compor parte da agenda de pesquisa na área, mas, diante dos problemas levantados na RS, existe a necessidade de adaptação dessas ferramentas para a nova tarefa do PEU, que prevê a integração setorial, a compreensão de multi-objetivos, a busca pela otimização de resultados sinérgicos e a atuação multi e interdisciplinar, assim como o desenvolvimento de novos modelos, ferramentas e processos que agreguem ao PEU o maior número de visões e propostas de estratégias e soluções possíveis como forma de garantir a presença da diversidade neste processo.

Atualmente, a disponibilidade tecnológica e ferramental de estudos sobre os sistemas de energia urbanos não leva em conta a diversidade e a incerteza, não sendo capaz de transcender as fronteiras espaciais, temporais e setoriais (GRUBLER, 2012). Além disso, as ferramentas precisam considerar as interações entre as condicionantes do uso da energia urbana (ou *drivers* do uso da energia urbana) e a influência mútua que esses *drivers* exercem no SEU⁵⁶. Por isso, não se pretende aqui definir o conceito Planejamento Energético Urbano de forma disciplinar, muito menos determinar uma metodologia prescritiva para o seu desenvolvimento. Essa seção tem como objetivo propor, com base na RS, a harmonização conceitual para o PEU, apontando os principais problemas levantados pelos pesquisadores da área e fornecendo temas e metas centrais para respaldar cientificamente a sua atuação.

Implementar o PEU implica em provocar grandes rupturas nas características e nos conceitos primários (ou originais) dos métodos do Planejamento Energético, que foi pensado

⁵⁶ Os *drivers* do uso da energia urbano serão apresentados no próximo capítulo.

como uma atividade centralizada, especializada e pouco transparente. Esta pesquisa propõem que umas das possíveis contribuições de um arcabouço em PEU é a superação das limitações da principal ferramenta hoje utilizada por profissionais do setor energético mundo afora: modelos e modelagens calcadas em resultados pragmáticos, meros números, cujo vício, a revisão confirma, é de origem, não havendo nenhuma elaboração aprofundada, epistemológica, em termos dos “por quês, para quês e como” planejar a oferta e demanda de energia. Tal fato torna a base de conhecimento em Planejamento Energético meramente reduzida a uma ferramenta e não permite a superação embasada das limitações do planejamento hoje praticado. Portanto, os modelos e as dinâmicas voltados para a atuação em PEU precisam considerar a descentralização do planejamento, a inclusão de objetivos do Planejamento Urbano, a participação popular e dos demais segmentos da sociedade, a transparência (GEZELIUS; REFSGAARD, 2007) e o trabalho interdisciplinar.

A emergência e a implementações do PEU estão relacionadas aos problemas que as cidades em geral enfrentam, como a poluição ambiental, a pressão e o avanço urbano sobre áreas verdes restantes, a qualidade de vida e o bem-estar dos cidadãos, a oferta dos serviços nas cidades, a desigualdade, a violência, o estabelecimento de habitações acessíveis, seguras, resilientes e sustentáveis, a pobreza energética e o acesso à energia etc. O Planejamento Energético Urbano, como dito, é a integração entre o Planejamento Energético e o Planejamento Urbano; trata-se de um processo e, ao mesmo tempo, de uma estratégia importante para abordar muitos problemas e oportunidades relacionados à urbanização, ao planejamento energético, à sustentabilidade e às mudanças climáticas. De acordo com a produção científica da área, os autores reconhecem como principais objetivos do PEU a descarbonização e a reduções de emissões de poluentes dos SEUs, o aumento do acesso à energia e aos serviços de energia, assim como a diversificação das fontes de energia. Da mesma forma, buscam-se a redução da demanda de recursos exógenos aos limites das cidades (energia e recursos gerais), aumentando a utilização de recursos endógenos das cidades, por um lado, e diminuindo as pressões sobre o meio ambiente, por outro. Com isso, vemos a independência das áreas urbanas, a melhoria o bem-estar e da qualidade de vida dos cidadãos e a inclusão da participação popular no planejamento.

Moldar as novas estruturas de planejamento é uma área contínua e ativa de pesquisa. Alguns estudos levantados já começam a refletir sobre tais necessidades (CAJOT et al., 2017). Tendo em mente a harmonização do conceito desenvolvida, no próximo capítulo será apresentada uma estrutura científica que possibilita a análise das sinergias de atuação em PEU

(denominada Matriz de Soluções Integradas de Estratégias de Planejamento Energético e Planejamento Urbano), representando o esforço da presente pesquisa de colaborar para o emprego de novas técnicas e estratégias para o desenvolvimento de estudos em PEU e SEU. Essa Matriz, posteriormente aplicada em um estudo de caso para a megacidade de São Paulo, tem por objetivo possibilitar a análise e a quantificação das sinergias obtidas quando estratégias de Planejamento Urbano são associadas e pensadas com o intuito de colaborar com as Estratégias do Planejamento Energético.

1. Proposta científica de Planejamento Energético Urbano

Uma vez que as cidades são, cada vez mais, encorajadas a adotar medidas para reduzir as emissões de CO₂ através da implementação de ações, estratégias e políticas de planejamento energético, a municipalidade e seus habitantes precisam ganhar experiência e considerar a análise do SEU e das estratégias do planejamento energético no processo de planejamento urbano. Como em geral, o consumo de combustíveis fósseis nas cidades é uma das principais causas das alterações climáticas (WEBB; HAWKEY; TINGEY, 2016), existe um interesse crescente em aumentar o potencial de autossuficiência energética das cidades, promovendo a transição dos sistemas energéticos atuais para sistemas mais sustentáveis (COVENANT OF MAYORS, 2014). No entanto, pouco se sabe sobre SEU das atuais megacidades em relação às necessidades de demanda de energia urbana por setor e uso final. Da mesma forma, há falta de conhecimento sobre o perfil detalhado da oferta de energia das megacidades e, particularmente, sobre seu potencial de energia endógena. Nesta tese, os recursos energéticos endógenos referem-se aos recursos energéticos disponíveis dentro do perímetro da área urbana, o que inclui energia solar, eólica, biomassa, possibilidades hidrológicas locais, resíduos e também o calor residual industrial.

As demandas energéticas urbanas e as emissões de poluentes atmosféricos e GEE têm forte relação com os aspectos físicos, sociais, econômicos e ambientais das cidades (YAZDANIE; DENSING; WOKAUN, 2017). Daí que a literatura recente sobre o SEU advoga que as características sistêmicas do uso de energia urbana são mais importantes para alcançar a eficiência energética do que os hábitos individuais dos consumidores e/ou das características dos artefatos tecnológicos (GRUBLER et al., 2012).

A ascensão de cidades em todo o mundo aumentou a relevância do PEU, que destaca a interligação entre planejamento urbano e planejamento energético (RUPARATHNA et al.,

2017). O PEU e o SEU passam a ser, então, questão premente no debate internacional e na literatura científica; no entanto, ambas as áreas de conhecimento se referem à dificuldade de medir o impacto que cada atributo ou parâmetro⁵⁷ urbano tem no sistema energético das cidades. Segundo Silva, Oliveira e Leal (2017) tal dificuldade pode estar associada a: i) complexidade de isolar os *drivers* de demanda energética da forma urbana dos demais parâmetros urbanos; ii) o fato de que existem muitas variáveis nas cidades a serem consideradas para a análise do sistema de energia urbano e o grau de interação entre cada uma delas ainda não está totalmente definido e compreendido; iii) alguns atributos urbanos conhecidos por suas propriedades de conservação de energia podem, em algumas ocasiões específicas, ter um efeito contrário ao esperado, ou ainda competir entre si. Por exemplo, a utilização do telhado de um edifício para produção de eletricidade fotovoltaica exclui seu uso para aquecimento solar de água ou para telhados verdes. Além disso, investir em prédios altos para acomodar mais pessoas (aumentar a sua densidade), ou aumentar as áreas verdes urbanas com árvores altas, pode impactar negativamente a irradiação solar que atinge os painéis solares; iv) não há muitos impactos medidos empiricamente quanto aos efeitos da implementação de estratégias de PEU.

Existe um amplo conjunto de parâmetros urbanos com relevância para conservação de energia (TORABI MOGHADAM et al., 2017), tais como a forma urbana e a infraestrutura de mobilidade. A maior parte da literatura científica atual que aborda PEU e SEU concentra-se em apenas alguns componentes, como setores econômicos específicos das cidades (residencial, industrial ou de transportes) ou serviços específicos de uso final energia (aquecimento, cocção, entre outros), ou mesmo tecnologias específicas de energia para uso final (como as *smart-grid* e os veículos elétricos, por exemplo). Além disso, os potenciais *trade-offs* entre os diferentes parâmetros de forma urbana e seu impacto no consumo de energia ainda não foram devidamente explorados (SILVA; OLIVEIRA; LEAL, 2017).

A bibliografia especializada em SEU sugere, no geral, soluções setoriais (preferencialmente na mobilidade urbana e nos edifícios) voltadas para a demanda, com ênfase na substituição tecnológica, incluindo também o *retrofit* de edificações (ex: G. SIMOES et al., 2018). Esses trabalhos também se preocupam com a inserção e o fomento da geração local através das fontes RES⁵⁸. Apesar de a maioria dos estudos enfatizar a relação de dependência

⁵⁷ Na próxima seção, será explicado com mais detalhes o que são parâmetros e atributos urbanos, e sua relação com o PEU.

⁵⁸ Como é o caso dos seguintes estudos: ADAM, K. et al. Methodologies for city-scale assessment of renewable energy generation potential to inform strategic energy infrastructure investment. *Cities*, v. 54, p. 45–56, 2016; e

entre sistemas urbanos e sistemas de energia (BROWNSWORD et al., 2005; PENG et al., 2015a; ZHENG et al., 2017), nem todos os fatores que influenciam essa relação são abordados simultaneamente, ou mesmo totalmente considerados; a inter-relação entre PU, PE e suas sinergias ainda não foram quantificadas.

O presente trabalho desenvolveu uma Matriz de soluções integradas de estratégias do Planejamento Energético e do Planejamento Urbano para modelação e quantificação dos impactos da adoção do PEU, a partir da proposta de harmonização conceitual de PEU apresentada da Parte III dessa tese. Tal *framework* (a matriz proposta) busca atingir objetivos de SEU mais sustentável, uma vez que as estratégias foram pensadas e selecionadas de forma a não diminuir a qualidade de vida dos habitantes, buscando promover economia de energia e aumento da geração de energia de forma endógena, o que leva a menores emissões de GEE e poluentes. A matriz foi testada a partir de um estudo de caso cujo objeto é a cidade de São Paulo, no período que vai de 2014 a 2030. Foram selecionadas vinte e nove estratégias do PU e do PE, aplicadas à megacidade de São Paulo (Brasil) para avaliar seu impacto em economia de energia, redução de emissão de GEE e aumento da geração local de energia. Para tanto, recorreu-se ao modelo LEAP (HEAPS, 2006), modelo híbrido de simulação e otimização, para caracterizar o atual (e também futuro) sistema energético e urbano da cidade, além de modelar a aplicação da Matriz e seus impactos no SEU da cidade.

São variadas as publicações científicas que mencionam a importância de usar ferramentas de modelagem para analisar o SEU (SAMSATLI; SAMSATLI, 2018). Há um número crescente de trabalhos que aplicam modelos de otimização de energia na escala das cidades (FARZANEH; DOLL; PUPPIM DE OLIVEIRA, 2016; GARGIULO et al., 2017). No entanto, existem poucos estudos que utilizam modelos de simulação no âmbito das cidades, alguns dos quais fazem uso do modelo LEAP. Peng et al. (2015a) utilizou o LEAP para estudar o transporte urbano de passageiros em Tianjin. Assim, pôde calcular a quantidade de energia e potencial de redução de emissões para a cidade. Já Yang et al. (2017) e Zhang; Feng; Chen, (2011) analisaram as implicações das políticas de baixo carbono para cidades na China (Ningbo e Pequim, respectivamente); finalmente, Phdungsilp (2010) utilizou o *software* para visualizar o impacto de políticas de baixo carbono para a cidade de Bangkok na Tailândia.

Esta tese propõe um passo adiante dentro do uso vigente do LEAP, modelando, explicitamente, estratégias do PE e do PU para todo o sistema urbano da megacidade de São Paulo (todos os setores, e não apenas edifícios ou transportes). A literatura existente tem modelado apenas estratégias de PE no *software*. Alguns exemplos de trabalho consideram apenas as estratégias do PE, mirando alguns usos finais específicos, tais como a quantificação da necessidade de demanda de calor para cidades (QUIQUEREZ et al., 2017) e as demanda de energia para conforto térmico em edifícios (MUTANI et al., 2016) e de iluminação em edifícios (ZHENG et al., 2017). Outros possuem um interesse ainda mais restrito, olhando para o potencial específico de desempenho tecnológico e para a economia de energia, como é o caso de estudos que se concentram em torno das redes inteligentes (HATI; DEY; DE, 2017), ou dos prédios autossuficientes em eletricidade (*net-zero energy buildings*) (AKSAMIIJA, 2015), ou ainda dos veículos elétricos (HOMCHAUDHURI; LIN; PISU, 2016). Alternativamente, existe um corpo menor de trabalhos que se concentram em medir o impacto da implementação de diferentes estratégias de PU na diminuição da necessidade de energia e de emissões, como em Gunawardena; Wells; Kershaw (2017) e Sharp et al. (2014).

A maior parte da literatura científica que avança para integração de PE e PU realiza análises para poucos setores econômicos da cidade, como, por exemplo, o de transporte (COSTA et al., 2017) e o de edifícios (VOULIS; WARNIER; BRAZIER, 2017; YANG; LI; AUGENBROE, 2018). Outras bibliografias propõem métodos de PEU holísticos, mas o aplicam em escalas menores do que o da cidade, como é o caso de Marins e Roméro (2012), que apresentam metodologia de integração de estratégias e soluções em morfologia e mobilidade urbanas, edifícios, energia e meio ambiente para o planejamento de novos bairros (ou bairros em requalificação).

Dessa forma, a presente tese propõe quantificar o efeito individual e combinado de cada estratégia de planejamento urbano e do planejamento energético para a cidade como um todo, visando avaliar as sinergias e os impactos na demanda futura de energia final da cidade, na diminuição das emissões de GEE e no aumento da geração de energia utilizando fontes locais e RES. Outros autores consideraram essa abordagem integrada, mas apenas de maneira teórica (ou seja, LEDUC; VAN KANN, 2013). A análise quantitativa e holística proposta pela presente pesquisa nunca foi feita e/ou aplicada para megacidades.

A adoção do modelo de simulação como método de quantificação, assim como a proposição do *framework*, na fase de desenvolvimento do estudo de caso, parte da premissa de

que é necessário, em primeira instância, formalizar e sistematizar o conhecimento especializado disperso sobre os sistemas de energia no âmbito urbano.

Nesse sentido, esta pesquisa concorda com Pfenninger; Hawkes; Keirstead (2014) quando os autores afirmam que o desenvolvimento dos modelos de sistemas de energia, juntamente com a possibilidade de criação de cenários para a evolução futura, tem grande importância na promoção do conhecimento sobre o setor energético. A importância dos modelos de sistemas reside no processo de formalização do conhecimento disperso sobre as interações complexas do setor de energia, e é um modo estruturado de pensar as possíveis implicações decorrentes de mudanças de partes desse sistema.

2. Matriz de soluções integradas de estratégias do Planejamento Energético e do Planejamento Urbano

Esta seção apresenta a Matriz de Soluções integradas de estratégias do Planejamento Energético e do Planejamento Urbano considerada durante a modelagem, e que pode ser utilizada nas abordagens de SEU e de PEU. A matriz combina *drivers* de uso de energia urbana, encontrados na literatura, com parâmetros e estratégias concretas do planejamento energético e planejamento urbano. Os aspectos de influência, interdependências e/ou ligações entre planejamento energético e planejamento urbano foram identificados.

2.1 Drivers de uso da energia urbana

Como mencionado anteriormente, há falta de informações sistematizadas sobre os *drivers* de uso de energia urbana e suas inter-relações (GRUBLER, 2012; GRUBLER et al., 2012). Os *drivers* podem ser tomados como os aspectos da cidade que mais influenciam no modo e na quantidade de energia demandada por uma área urbana. Cada *driver* pode ser impactado por uma série de parâmetros sociais, econômicos, naturais ou mesmo de engenharia, que, no caso, representam todas as variáveis que caracterizam qualquer sistema urbano (relacionadas ou não aos aspectos energéticos). Dessa forma, propõem-se estruturar os *drivers* de uso de energia urbana⁵⁹ em grupos de parâmetros, como os que seguem:

⁵⁹ Ver, sobre o assunto: BAI X., D. S. J. W. H. Drivers of urban energy use and main policy leverages. *Energizing Sustainable Cities: Assessing Urban Energy*, p. 119–134, 2012; CREUTZIG, F. et al. Towards demand-side solutions for mitigating climate change. *Nature Climate Change*, v. 8, n. April, 2018; GRUBLER, A. et al. *Urban*

i) Drivers físicos e históricos da cidade agregam os seguintes parâmetros: *forma urbana* (incluindo o ambiente urbano construído, a infraestrutura de mobilidade e a densidade), juntamente com a *estrutura econômica* da cidade e a *função e integração urbana* nacional e internacional (ou seja, procura-se entender qual o papel que a cidade analisada desempenha dentro da divisão nacional e global do trabalho a partir das perspectivas de produção e consumo, por exemplo, uma cidade dormitório ira ter uma demanda de energia menor do que uma cidade que concentre um polo tecnológico ou industrial). Esses aspectos físicos e históricos exercem um papel importante na determinação dos padrões e das necessidades de consumo de energia das cidades;

ii) Drivers de desenvolvimento socioeconômico e demográfico atual e futuro têm como *parâmetros principais a situação socioeconômica da cidade, os recursos de capital humano e os aspectos comportamentais* (cultura, padrões de consumo e estilos de vida), exercem forte influência nos níveis de consumo de energia das cidades, assim como os *setores econômicos das cidades* (residencial, comércio e serviços, industrial, etc.) também determinam a demanda energética nos ambientes urbanos;

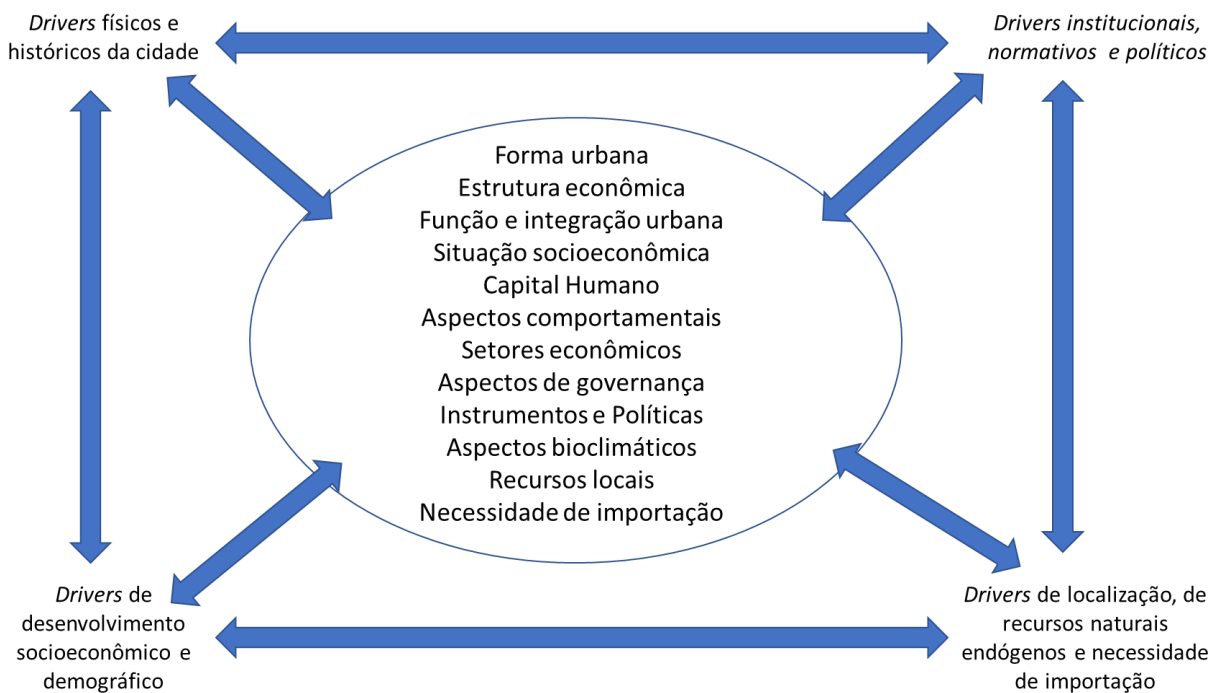
iii) Drivers institucionais, normativos e políticos apresentam como *parâmetros principais os aspectos de governança* (leis, políticas e programas passados e atuais das cidades) e os *instrumentos de política urbana*, que desempenham papel importante no uso de energia da cidade e influenciam o comportamento das pessoas;

iv) Drivers de localização, de recursos naturais endógenos e necessidade de importação: incluem os *aspectos bioclimáticos* das cidades, bem como a *disponibilidade de recursos locais* (endógenos) e o acesso a recursos exógenos (ou *necessidades de importação de recursos para a cidade*, considerando que as cidades pertencem a um contexto maior dentro de sua região ou do país). Tais parâmetros influenciam o grau de dependência energética do ambiente urbano, assim como as necessidades de consumo de energia.

Energy Systems. Global energy assessment: Toward a sustainable future. 2012. p. 1307–1400, 2012; GRUBLER, A. Energy transitions research: Insights and cautionary tales. *Energy Policy*, v. 50, p. 8–16, 2012; HENDRICKSON, T. P.; NIKOLIC, M.; RAKAS, J. Selecting climate change mitigation strategies in urban areas through life cycle perspectives. *Journal of Cleaner Production*, v. 135, p. 1129–1137, 2016; SILVA, M.; OLIVEIRA, V.; LEAL, V. Urban Form and Energy Demand: A Review of Energy-relevant Urban Attributes. *Journal of Planning Literature*, v. 32, n. 4, p. 346–365, 2017.

As interações entre esses *drivers* de uso de energia urbana podem mudar de cidade para cidade. Além disso, ainda que os *drivers* apresentados sejam diferentes, eles estão interconectados e se influenciam mutuamente com fortes *feedbacks* e sinergias, conforme apresentado na Figura 9, que apresenta a relação e a interligação desses *drivers* com os principais *parâmetros* descritos. Dessa forma, busca-se evidenciar que a atuação em um único *parâmetro* influencia mais de um *driver* da cidade ao mesmo tempo. Além disso, como é possível reparar, todos os *parâmetros* são mesclados na parte central da figura, destacando a natureza intrinsecamente holística do PEU. Os *drivers* apresentados na Figura 9 são explorados na próxima seção, que apresenta a proposta da matriz de soluções integradas de energia e o planejamento urbano para abordagens de PEU.

Figura 9 – Representação dos quatro *drivers* de uso de energia urbana, seus parâmetros e a relação de sua influência mútua



Fonte: autora (2019).

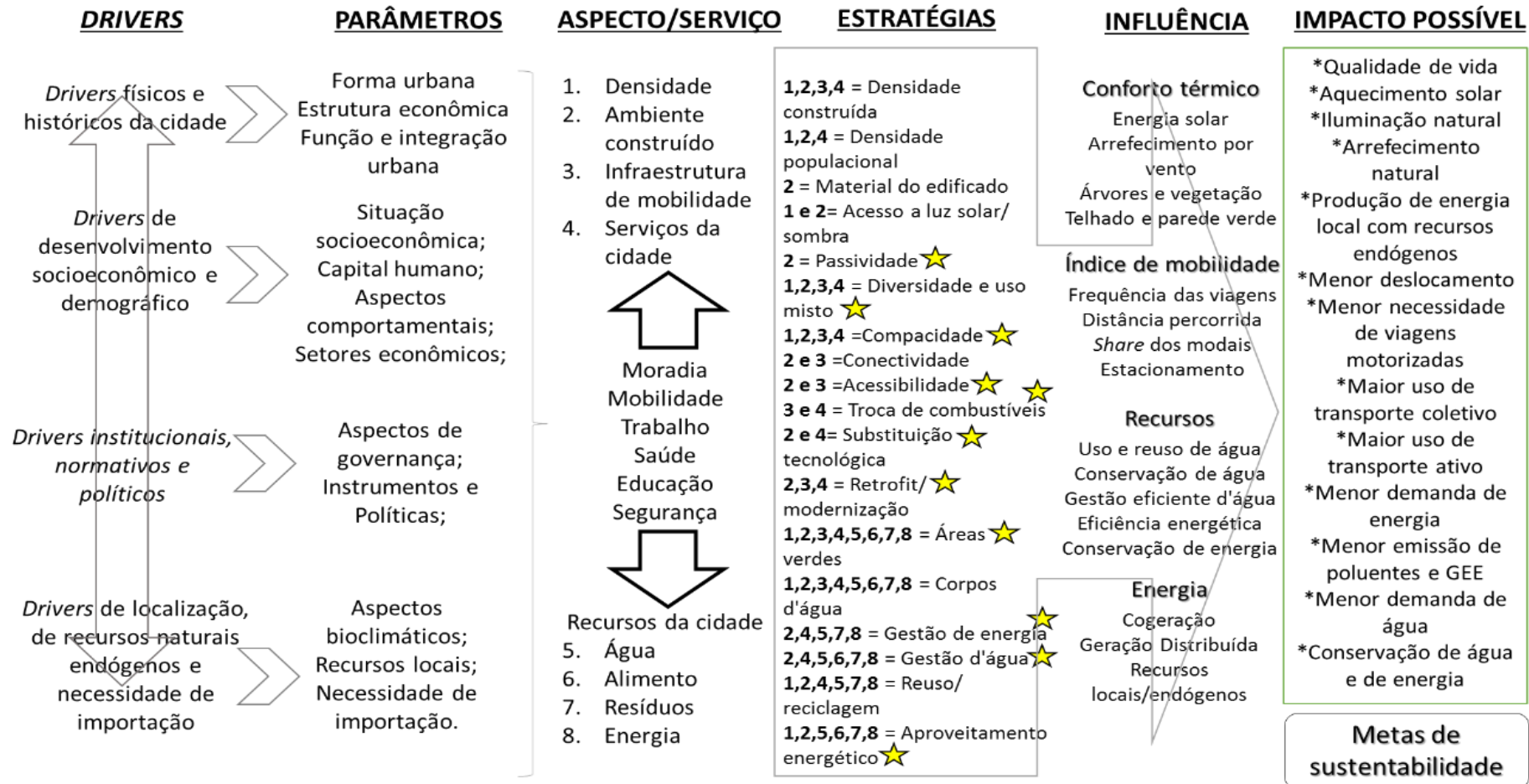
Os *drivers* do uso de energia urbana afetam os componentes da cidade e determinam suas necessidades de energia. Compreender o sistema energético urbano e atuar no PEU permite promover economia de energia e redução de emissões de GEE por meio de uma abordagem integrada, que também deve garantir melhor qualidade de vida para os habitantes das cidades. O sistema energético urbano é uma rede complexa de interações com inúmeras relações de causas e efeitos que se articulam na Matriz de soluções integradas de estratégias de Planejamento Energético e Planejamento Urbano. A matriz proposta (Figura 10) apresenta os quatro *drivers* de uso de energia urbana e seus respectivos parâmetros, o aspecto/serviço que a cidade oferece aos seus moradores, as possíveis estratégias para melhorar o desempenho da cidade, sua área de influência (índice de mobilidade, conforto térmico, necessidades de recursos) e seus respectivos possíveis impactos.

Na Figura 10 é possível visualizar as conexões entre os *drivers* de uso de energia urbana e cada um dos respectivos parâmetros com os serviços da cidade, que incluem moradia, mobilidade, provisão de trabalho, educação, saúde, alimentação e abastecimento de água, lazer e segurança. Por sua vez, o fornecimento desses serviços é afetado por fatores como: (i) infraestrutura da cidade (ou seja, ambiente construído, densidade urbana, infraestrutura de

transporte e de suporte para fornecimento de energia, coleta e tratamento de água e esgoto); (ii) recursos disponíveis na cidade ou recursos da cidade (água, alimentos, energia e resíduos que podem ser importados ou produzidos localmente).

Os números em cada estratégia indicam que eles são influenciados pelo aspecto/serviços correspondentes. Por exemplo, a densidade dos edifícios é determinada pela densidade da cidade, ambiente construído, infraestrutura de mobilidade e serviços da cidade. O símbolo da estrela identifica as estratégias modeladas para o estudo de caso (megacidade de São Paulo, cujos materiais e métodos serão detalhados na próxima seção). Essas estratégias foram selecionadas com base na revisão bibliográfica e na análise multinível das Políticas e Planos atuais de Planejamento Urbano e Planejamento Energético nacionais e internacionais.

Figura 10 – Matriz de Soluções Integradas de Estratégias de Planejamento Energético e Planejamento Urbano para cidades novas e estabelecidas



Fonte: autora (2019)

Ao considerar os elementos *Drivers*, Parâmetros, Serviços da Cidade /Infraestrutura /Recursos (Aspectos) e suas interligações, é possível identificar uma lista abrangente e holística de *estratégias* para promover o PEU preocupado com uma atuação mais sustentável, visando ao aumento ou à manutenção do bem-estar, da conservação de energia (CE), da eficiência energética (EE), além da maior inclusão de RES. Neste trabalho, a CE refere-se a qualquer comportamento, estratégia ou política que reduza ou evite as necessidades de energia, resultando na diminuição do uso de energia — por exemplo, como quando prefere-se andar ao invés de dirigir. EE, por sua vez, refere-se à manutenção do mesmo nível de serviço de energia, mas com menor demanda energética para tanto — por exemplo, ao dirigir um carro mais eficiente.

A implementação da matriz para modelagem de PEU (Figura 10) é apresentada no Quadro 8, que considera os *drivers* urbanos e energéticos, seus respectivos parâmetros e as estratégias correspondentes de planejamento urbano e/ou energético, seguidos finalmente, pelos seus aspectos de influência, bem como as interdependências e/ou ligações entre PE e PU. O quadro também inclui as possíveis soluções e impactos a serem modelados como sinergias da implementação do PEU, além dos setores da cidade onde tais estratégias podem ser implementadas.

Quadro 8 – Implementação da Matriz de soluções integradas de estratégias de planejamento energético e planejamento urbano para modelagem de PEU

<u>Drivers</u>	<u>Parâmetros - Estratégias</u>	<u>Aspectos de influência, interdependências e/ou ligações entre PU e PE</u>	<u>Estratégia possível de ser simulada/modelada</u>	<u>Setores em que a estratégia pode ser simulada</u>
<i>Drivers de desenvolvimento socioeconômico e demográfico</i>	<u>Aspectos comportamentais e Capital humano - Gestão de energia</u>	A forma como interagimos com a cidade e dentro dela, a cultura popular, o acesso à informação, os hábitos e os serviços demandados pelos indivíduos podem ocorrer de forma mais ou menos intensiva do ponto de vista energético. Políticas educacionais e atuação em gestão de energia podem ajudar os indivíduos a fazerem melhores escolhas, uma vez que esta estratégia trabalha a conscientização para a melhor utilização da energia, possibilitando reduções no consumo = economia de energia (EE e CE) e economia financeira.	Gestão de energia industrial: pode reduzir entre 10-30% a demanda por eletricidade (EPE/ MME, 2007; Geller et al., 2004; Schulze et al., 2016); Gestão de energia nos edifícios: pode reduzir entre 5-20% da demanda por eletricidade (LEE; CHENG, 2016; SAVAGE, 2009); Gestão de energia nos serviços de saneamento: variando entre 10-25% de redução de consumo de eletricidade (EPE / MME), 2016a, 2007; MME, 2011).	Todos os setores
	<u>Setores Econômicos - Cogeração</u>	O calor residual dos processos industriais pode ser utilizado para gerar eletricidade para autoconsumo ou para distribuição na rede elétrica. Da mesma forma, é possível investir em redes de distribuição de água quente/fria para o edificado (bairro) do entorno da área industrial. No entanto, é necessário o investimento em construção de infraestrutura para distribuição da água. Essa estratégia implica ganhos de EE e CE.	Cogeração industrial: de acordo com (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA, 2017), é possível atingir entre 10-20% de economia de energia.	Indústria

<u>Drivers</u>	<u>Parâmetros - Estratégias</u>	<u>Aspectos de influência, interdependências e/ou ligações entre PU e PE</u>	<u>Estratégia possível de ser simulada/modelada</u>	<u>Setores em que a estratégia pode ser simulada</u>
<i>Drivers de localização, de recursos naturais endógenos e necessidade de importação</i>	<u>Recursos locais e Aspectos bioclimáticos - Áreas verdes</u>	A integração de áreas verdes e livres às cidades auxilia na manutenção do microclima e no aumento da permeabilidade, acarretando ganhos de CE para as áreas do entorno, bem como a redução dos efeitos das “ilhas urbanas de calor”.	Implementação de novas áreas verdes: pode aumentar a economia de energia de 10% a 60% na forma de arrefecimento (SHASHUABAR; HOFFMAN, 2000; ZHANG et al., 2014). O tamanho e as distâncias entre as áreas verdes influenciam nesse resultado. Parede e telhado verde: a porcentagem de economia de energia para fins de arrefecimento pode variar entre 4-40% (KIKEGAWA et al., 2006)	Edificado
	<u>Recursos locais, Aspectos comportamentais e Capital humano - Gestão de águas</u>	Água é um recurso fundamental na cidade. Corpos d'água podem atuar como reservas de segurança, agentes na manutenção do clima local, lugar de desporto, entre outros usos múltiplos. O uso de energia e de água estão intimamente relacionados: a energia é necessária tanto para a distribuição de água dentro da cidade, como para o saneamento ambiental.	Gestão das águas: a economia de eletricidade devido à redução da demanda de água no setor de edifícios (kWh/ano) pode ser calculada como uma equação do potencial de economia de água potável no setor (m ³ /ano) vezes o consumo de eletricidade por m ³ de água produzida (kWh/m ³) (PROENÇA et al., 2011). Com os dados de energia consumida por água produzida em um dado ano de referência, é possível obter a porcentagem de economia de energia.	Edificado
	<u>Recursos locais e Aspectos bioclimáticos - Corpos de água</u>		Corpos d'água (abertura de ruas): pode ter um impacto semelhante ao da implantação de áreas verdes na economia de energia para arrefecimento. No entanto, para maior precisão, pode ser necessário calcular os graus-dias (<i>degree days</i>) locais e a temperatura de Conforto Térmico (para mais detalhes veja: Ewing, 2010; Kohler et al., 2017). Obs.: o mesmo método pode ser usado para as áreas verdes.	
	<u>Recursos locais - Geração distribuída</u>	Aumentar a geração de energia local e renovável dentro da cidade pode ajudar as cidades a serem menos suscetíveis a falhas do fornecimento da rede, bem como a serem mais autossuficientes. Os principais recursos energéticos locais são os recursos solar, eólico, hidráulico e de biomassa.	Potencial fotovoltaico e eólico: precisa ser calculado para o contexto da cidade. Informações sobre a metodologia de como fazê-lo na escala da cidade estão disponíveis em: Adam et al., 2016; Amado and Poggi, 2014b; Kanters et al., 2014; Mann et al., 2006; Robinson, 2006; Theodoridou et al., 2012.	Edificado e em áreas livres
<i>Drivers físico</i>	<u>Forma urbana -</u>	Não existe consenso científico sobre os possíveis impactos positivos e negativos da densidade nas	Transporte coletivo e não motorizado: economia de 0,5 kWh por passageiro por dia quando se opta por esse tipo de transporte em vez	Mobilidade urbana

<u>Drivers</u>	<u>Parâmetros - Estratégias</u>	<u>Aspectos de influência, interdependências e/ou ligações entre PU e PE</u>	<u>Estratégia possível de ser simulada/modelada</u>	<u>Setores em que a estratégia pode ser simulada</u>
	Densidade populacional e construída	estratégias de PEU para economia de energia. Espera-se que uma maior densidade construída influencie positivamente os padrões de viagens; da mesma forma, áreas urbanas mais densas também viabilizam a promoção do transporte coletivo.	de carros particulares. O consumo de combustíveis por passageiro e o volume de emissões por passageiro no transporte público é cerca de 40% menor (CARVALHO, 2011; MARINS, 2014).	
	<u>Forma urbana e Estrutura econômica - Compacidade e Uso misto do solo</u>	Incentivar o uso misto e a compacidade (ou o estabelecimento de múltiplos centros nas cidades, com boa provisão de habitação, trabalho e serviços) pode levar a ganhos em EE e CE porque a maior proximidade entre comércio, serviços e habitação resulta em menor necessidade de deslocamento. Além disso, tais estratégias podem incentivar a transição de modais de viagens motorizadas para modais não motorizados ou ativos.	Mobilidade não motorizada/ativa: como demanda apenas energia humana para locomoção, implica ganhos da CE e redução das emissões de gases de efeito estufa e de outros poluentes. A economia de energia é proporcional ao percentual de mudança entre modais (modal motorizado para o não motorizado). O intervalo pode ser determinado levando em consideração a parcela da população que é elegível para a mobilidade ativa. Dentro desse grupo, considera-se a proporção de pessoas que viajam menos de 5 km para chegar ao seu destino, além de outros fatores socioeconômicos que devem ser levados em conta localmente (DUJARDIN et al., 2012; DUJARDIN; MARIQUE; TELLER, 2014).	Mobilidade urbana
	<u>Forma urbana e Situação socioeconômica - Passividade, retrofit e modernização</u>	Investimentos em arquitetura passiva podem resultar em edificações mais eficientes que podem proporcionar o mesmo serviço energético com menor necessidade de energia para iluminação e conforto térmico, por exemplo. Nas edificações, também é possível investir em geração distribuída, através da utilização de painéis solares para aquecimento de água ou para gerar eletricidade.	Iluminação natural: a faixa de economia de energia varia de 30 a 50% (ABOULNAGA, 2006). Aquecimento solar de água e energia solar fotovoltaica: dependem dos atributos do ambiente construído e das condições bioclimáticas locais. Algumas edificações solar passivas podem chegar ao ponto de não consumirem energia da rede, ou seja, podem ser autossuficientes (AELENEI; GONÇALVES, 2014). Refrigeração Passiva (sombreamento e vento): em torno de, pelo menos, 20% de economia de energia (TALEB, 2014).	Edificado
	<u>Forma urbana e Aspectos comportamentais - Conectividade e Transporte Coletivo</u>	Garantir uma boa conexão com os transportes coletivos pode ser um fator fundamental para adoção desse modal em detrimento do transporte individual. Tal mudança, por sua vez, pode acarretar ganhos de EE e redução de emissão de poluentes e GEE.	Transporte coletivo e transporte não motorizado: economia de 0,5 kWh por passageiro por dia com o uso de transporte coletivo e não motorizado, ao invés do transporte individual. O consumo de combustível por passageiro e o volume de emissões por passageiro são cerca de 40% menores com o uso do transporte coletivo quando comparados ao transporte individual (CARVALHO, 2011; MARINS, 2014).	Mobilidade urbana

<i>Drivers</i>	<u>Parâmetros - Estratégias</u>	<u>Aspectos de influência, interdependências e/ou ligações entre PU e PE</u>	<u>Estratégia possível de ser simulada/modelada</u>	<u>Setores em que a estratégia pode ser simulada</u>
	<u>Forma urbana e Aspectos comportamentais - Acessibilidade e Transporte não motorizado</u>	Investir na construção de infraestrutura para transporte não motorizado aumenta os incentivos para a mudança de modais (do motorizado para o não motorizado/ativo). Tal mudança acarreta ganhos de EE e diminuição das emissões de poluentes e GEE.		
	<u>Forma urbana e Situação socioeconômica - Substituição de combustível e Transporte individual</u>	Investimentos na renovação da frota de veículos. Veículos mais eficientes e que usem combustíveis renováveis ou menos combustíveis fósseis podem levar a ganhos em EE e à diminuição das emissões de poluentes e GEE.	Substituição de combustível: aumentar a participação do uso de etanol e/ou eletricidade no transporte individual pode zerar as emissões de GEE e de poluentes durante o uso (no caso da adoção da eletricidade).	Mobilidade urbana
<i>Drivers institucionais, normativos e</i>	<u>Instrumentos de políticas, Situação socioeconômica e Forma Urbana - Substituição tecnológica</u>	Modernização e substituição de aparelhos que utilizam eletricidade dentro dos edifícios por aparelhos novos, considerando aparelhos semelhantes, geralmente acarretam ganhos de EE, ou seja, o mesmo serviço será fornecido com uma menor intensidade energética.	Modernização e substituição tecnológica: podem apresentar uma faixa ampla de economia de energia, entre 20%-60% (GOLDEMBERG, 2005). O valor exato da economia requer informações e pesquisa sobre posse de equipamentos.	Todos os setores

<u>Drivers</u>	<u>Parâmetros - Estratégias</u>	<u>Aspectos de influência, interdependências e/ou ligações entre PU e PE</u>	<u>Estratégia possível de ser simulada/modelada</u>	<u>Setores em que a estratégia pode ser simulada</u>
	<u>Instrumentos de políticas e Setores Econômicos - Aproveitamento energético</u>	O uso de biomassa dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) e do lodo do saneamento, além de outros tipos de resíduos urbanos, pode permitir a autoprodução de eletricidade (e uma diminuição da importação de energia elétrica na rede). Além disso, a cogeração pode levar a ganhos de CE e ao aumento da capacidade instalada de geração de eletricidade da cidade.	Cogeração saneamento: uma faixa em torno de 40% de economia de energia simula o impacto da adoção de tal medida (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA, 2017), embora seja indicado que o potencial de biogás para geração de eletricidade deva ser calculado. Produção urbana de biogás: o potencial energético precisa ser calculado levando-se em consideração a produção de esgoto e a produção de resíduos sólidos urbanos.	Setor de resíduos (saneamento e resíduos sólidos urbanos) e Indústria
	<u>Instrumentos de políticas e Recursos locais - Reutilização e reciclagem</u>	Reutilização e Reciclagem são atividades que podem atuar em CE.	Reutilização e Reciclagem: a faixa de economia de energia depende do tipo de material reciclado (see Colling et al., 2016). É possível calcular a economia média de energia se os dados sobre a composição de resíduos da cidade estiverem disponíveis.	Resíduos Sólidos Urbanos

Fonte: autora (2019).

As onze estratégias identificadas – assinaladas com a estrela – na Figura 10 e descritas no Quadro 8 foram usadas no estudo de caso do presente trabalho e resumidas da seguinte forma:

- **Gestão de energia:** há muitas pesquisas relacionadas ao gerenciamento de energia na área de auditoria energética (SCHULZE et al., 2016), de sistemas de energia ou de modelagem estatística (por exemplo, GIACONE; MANCÒ, 2012). Tal prática tem sido aplicada principalmente no setor industrial, embora possa ser implementada igualmente em todos os tipos de setores econômicos. Apesar da crescente atividade, até o momento não há um entendimento consistente sobre quais são as tarefas de Gestão de Energia na literatura acadêmica (BACKLUND et al., 2012; SCHULZE et al., 2016). No entanto, é possível resumir as práticas de Gestão de Energia, em termos gerais, como uma metodologia para entender os fluxos de energia de uma unidade (local, edifício, cidade, etc.) em termos do diagnóstico da situação energética atual. Isso permite o desenvolvimento de ações de planejamento para implementar mudanças ou adaptações organizacionais, culturais e de infraestrutura. De forma geral, são práticas educativas, de conscientização e de incentivos para minimizar o desperdício no uso da energia elétrica. Nesse sentido, isso pode se converter em uma ferramenta que permite o monitoramento do uso de energia e na implementação de planos de gestão de energia. Os planos, em sua maioria, são desenvolvidos através do uso de *softwares* de gerenciamento de energia e resultam em propostas de substituição tecnológica e avaliação sobre uso racional da eletricidade;

- **Uso misto do solo, Densidade construída e Compacidade:** O uso misto do solo urbano (ou diversidade) é indicado como uma estratégia que pode diminuir as necessidades de transporte motorizado, encurtando as distâncias de viagem e aproximando as habitações das demais atividades urbanas (BARAN; RODRÍED;GUEZ; KHATTAK, 2008; JABAREEN, 2006; MARINS; ROMÉRO, 2013). As três estratégias citadas podem potencialmente criar ambientes urbanos mais prósperos e interessantes, que promovem a adoção de modos ativos de mobilidade, tais como caminhar e andar de bicicleta (EWING, 2010; EWING; CERVERO, 2001; SILVA; OLIVEIRA; LEAL, 2017). A Compacidade da densidade⁶⁰ construída refere-se

⁶⁰ Segundo SILVA; OLIVEIRA; LEAL (2017), a densidade pode ser classificada como uma propulsora de menor intensidade energética ou como *proxy* para outras variáveis de densidade das áreas urbanas, como a proximidade

ao agrupamento das estruturas construídas (EWING; RONG, 2008). A geometria dos edifícios afeta as suas necessidades energéticas e pode ser vista como um padrão de desenvolvimento da cidade (ou seja, a cidade pode ter um padrão de uso da terra mais disperso ou mais compacto). Pesquisas têm demonstrado correlação positiva entre o uso misto do solo urbano e a compactação da cidade na mudança do modal passivo para ativo (DUJARDIN et al., 2012; GOODMAN; SAHLQVIST; OGILVIE, 2013; VAN AUDENHOVE et al., 2014). No entanto, alguns estudiosos demonstram que esta não é uma relação simples e depende de muitos fatores socioeconômicos (o mesmo acontece para investimentos em infraestrutura não motorizada)⁶¹. Os principais fatores socioeconômicos que apresentam forte correlação com a mudança de modais de mobilidade são: i) idade dos indivíduos; ii) gênero (os homens parecem estar mais dispostos a mudar para os modos ativos do que as mulheres); iii) situação econômica, que é uma variável ambígua, uma vez que os resultados da pesquisa divergem, mas, em uma perspectiva geral, as pessoas de baixa renda tendem a usar mais o transporte coletivo e não motorizado do que as de rendas maiores; iv) condição física e de saúde dos indivíduos; v) questões de segurança relacionadas tanto à qualidade da infraestrutura para o transporte ativo, quanto à percepção de segurança pública; vi) distância do destino final (viagens não motorizadas tendem a ocorrer mais frequentemente quando o destino se encontra a cerca de 5 km de distância do ponto de partida);

- Áreas Verdes ou infraestrutura verde. Podem influenciar a demanda de energia de diferentes maneiras, por exemplo, parques e árvores podem ajudar a manter a temperatura e a diminuir o impacto das ilhas de calor no ambiente urbano (GAGO et al., 2013; WONG; YU, 2005), o que pode resultar na diminuição de demanda por ar condicionado (VAZ MONTEIRO et al., 2016). As características físicas das áreas verdes também são relevantes para determinar seu impacto no clima urbano, ou seja, seu tamanho, largura, geometria e tipo de cobertura vegetal (CHUN; GULDMANN, 2014). Estudos demonstraram que, embora o tamanho dos parques/áreas verdes

ao transporte público ou a acessibilidade às atividades (EWING; CERVERO, 2001; EWING; RONG, 2008). A crítica de densidade geralmente aponta questões como congestionamento, superlotação e menor disponibilidade de moradia (BOURDIC; SALAT; NOWACKI, 2012), aumentando as necessidades de energia, poluição do ar e ruído (CAMAGNI; GIBELLI; RIGAMONTI, 2002). Além disso, embora a densidade possa diminuir as necessidades diárias de viagem, ela tem sido associada a níveis mais altos de viagens de lazer fora da cidade por avião (HOLDEN; LINNERUD, 2012).

⁶¹ HEINEN, E. et al. Does exposure to new transport infrastructure result in modal shifts? Patterns of change in commute mode choices in a four-year quasi-experimental cohort study. *Journal of Transport and Health*, v. 6, n. May, p. 396–410, 2017; SONG, Y.; PRESTON, J.; OGILVIE, D. New walking and cycling infrastructure and modal shift in the UK: A quasi-experimental panel study. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, v. 95, p. 320–333, 2017.

seja uma característica relevante no que diz respeito ao seu impacto no sistema de resfriamento urbano, parques de tamanho médio localizados a distâncias relativamente pequenas uns dos outros trazem benefícios maiores do que um único parque grande⁶². Segundo outros autores, áreas verdes localizadas a uma distância máxima de 1 km dos edifícios são capazes de prover conforto térmico dentro de edifícios, o que reduz a necessidade de refrigeração de forma positiva⁶³. A literatura aponta uma economia, que varia de 10% a 60% (ZHANG et al., 2014), com a presença das áreas verdes (parques, praças, telhados e paredes verdes);

- Arquitetura Passiva, *Retrofit* e Modernização. A arquitetura passiva busca utilizar as potencialidades locais para uso da energia solar passiva (iluminação natural, aquecimento solar, aquecimento solar de água e geração de eletricidade) e da refrigeração/ventilação passiva (vento e sombra) (RATTI, C.; BAKER, N.; STEEMERS, K., 2005). Alguns estudos apontam que as estratégias de arquitetura passiva podem, por vezes, entrar em conflito com outros tipos de estratégia, como, por exemplo, as que buscam melhorar a compactidade construída. Dado que existam *trade-offs* entre esses dois efeitos, é importante considerar que o predominante para o equilíbrio térmico do edifício deve ser escolhido com base nas condições climáticas locais (SILVA; OLIVEIRA; LEAL, 2017). *Retrofit* e Modernização são estratégias que podem colaborar para a implementação de arquitetura passiva nos edifícios já estabelecidos, podendo remodelar construções visando à maior eficiência energética. Também é possível investir em opções de geração distribuída (DG) através do uso de painéis solares para aquecer água ou gerar eletricidade. Finalmente, outra importante estratégia de *retrofit* (não aplicável a edifícios) é a adaptação de usinas de eletricidade ou do maquinário antigo, de forma a prolongar sua vida útil e/ou aumentar sua capacidade instalada. A faixa de economia de energia para iluminação natural fundamentada na literatura revisada gira em torno de 30-50%, chegando, em alguns casos, até 70% (ABOULNAGA, 2006; WILSON et al., 2002). Em relação ao potencial de

⁶² CHUN, B.; GULDMANN, J.-M. Spatial statistical analysis and simulation of the urban heat island in high-density central cities. *Landscape and Urban Planning*, v. 125, p. 76–88, maio 2014; VAZ MONTEIRO, M. et al. The impact of greenspace size on the extent of local nocturnal air temperature cooling in London. *Urban Forestry and Urban Greening*, v. 16, p. 160–169, 2016.

⁶³ ABBOTT, J. A.; MEENTEMEYER, V. Research Note — Vegetation Effects on Suburban Air Conditioning. *Urban Geography*, v. 26, n. 6, p. 558–564, 2013; CHEN, Y.; WONG, N. H. Thermal benefits of city parks. *Energy and Buildings*, v. 38, n. 2, p. 105–120, 2006; NG, E. et al. A study on the cooling effects of greening in a high-density city: An experience from Hong Kong. *Building and Environment*, v. 47, p. 256–271, jan. 2012; SHASHUA-BAR, L.; HOFFMAN, M. E. Vegetation as a climatic component in the design of an urban street. *Energy and Buildings*, v. 31, n. 3, p. 221–235, 2000.

arrefecimento passivo, Marins (2010) propõe um intervalo entre 17% e 53% de economia de energia; Taleb (2014) alcançou 23,6% de economia. Outros autores⁶⁴ apresentaram estudo propondo que as necessidades de resfriamento do setor edificado das cidades poderiam ser reduzidas de 74% a 100% com estratégias combinadas, que poderiam eliminar completamente a necessidade de resfriamento mecânico. Ainda sobre os potenciais de energia solar passiva, a literatura especializada demonstrou que a maioria da energia consumida em edifícios poderia ser economizada aumentando o isolamento do edifício e usando sistemas eficientes para aquecimento ou resfriamento, integrando também sistemas de energia renovável, como painéis fotovoltaicos para produzir eletricidade e painéis térmicos solares para aquecer a água doméstica (MIHAI et al., 2017). O grau de autoprodução de energia para aquecimento e eletricidade depende dos aspectos bioclimáticos, do ambiente construído e da forma urbana; então, a importação de energia da rede dependerá do padrão de demanda de cada edifício;

- Estratégias de Gestão d'água: existem várias estratégias para reduzir a demanda de água e para atuar na economia de energia associada ao tratamento e distribuição de água nas cidades (LAM; KENWAY; LANT, 2017). Dentre elas, destacam-se: i) melhoria da eficiência no uso da água através da substituição de equipamentos convencionais (ou seja, a substituição da descarga e da pressão de torneira comuns por equipamentos mais eficientes) e na distribuição de água, reduzindo as perdas; ii) reutilização de água cinzenta para suprir a demanda de água não potável; e iii) uso de água da chuva nos casos em que ainda há demanda por água não potável. Isso permite uma redução dos volumes de tratamento de águas residuais no setor de saneamento devido à captação da água da chuva e à reutilização da água cinza para irrigação de áreas externas e outros usos ao ar livre, levando à economia de energia (PROENÇA et al., 2011). Cabem ainda alguns apontamentos interessantes sobre os “corpos d'água” dentro de áreas urbanas (apesar de tal estratégia não ter sido simulada no modelo LEAP_SP). A fundamentação teórica mostra que os corpos de água dentro das cidades têm a capacidade de regular o seu microclima. Da mesma forma, eles também possuem o potencial de mitigar o efeito das ilhas de calor devido ao resfriamento que provocam, fenômeno causado pela evaporação ou pela transferência de calor entre o ar e a água (SYAFII et al., 2016). Kleerekoper, Van Esch e Salcedo (2012) afirmam que os corpos de água têm um efeito médio de resfriamento de 1–3°C a uma extensão de impacto cerca de 30–35m. Assim como o observado para as áreas

⁶⁴ Como é o caso de: TUCCI, F. et al. Natural ventilation and passive cooling for energy efficiency of residential buildings in Mediterranean climate. **Journal City Safety Energy**, n. 1, p. 156–165, 2015.

verdes, sua aplicação é geralmente mais eficaz quando os corpos d'água têm uma superfície grande, ou quando a água está fluindo ou é dispersada (como no caso de uma fonte). Para calcular o impacto da economia de energia para o resfriamento da implementação de corpos d'água é necessário calcular os *degree days* locais, assim como a temperatura de conforto dentro dos edifícios⁶⁵;

- Redução de uso, Reciclagem e Reutilização: existem diferentes faixas de economia de energia para cada tipo de material reciclado e reutilizado, específicos para cada cidade (BANCO MUNDIAL, 2017). A economia de energia para a produção de aço, considerando a reciclagem de produtos que utilizam esse material, é de 2,3%; já para a produção de vidro, esse valor chega a ser de 4,5%. Estudos apresentaram uma faixa de 70% de redução na demanda por eletricidade na produção de papel reciclável, e uma redução de 78,63% na energia utilizada na produção de plástico reciclado⁶⁶. De acordo com a Associação Brasileira do Alumínio (ABAL) (2012), a produção de alumínio a partir de materiais reciclados economiza cerca de 95% da energia elétrica para produção primária. Nesse sentido, para pensar estratégias de reciclagem, exige-se que os planejadores tenham dados sobre a produção de resíduos urbanos, além do tipo de resíduo gerado nas cidades. Se a produção de resíduos é minimizada, os volumes de resíduos a serem coletados e tratados também são reduzidos, resultando em economia de energia;

- Substituição tecnológica: é uma política tradicional de eficiência energética na abordagem *bottom-up* (lado da demanda). Consiste na troca de aparelhos elétricos por outros mais eficientes, tais como dispositivos de lâmpadas, refrigeradores, motores. A faixa de impacto da economia de energia depende do tipo de equipamento e do estágio de desenvolvimento da tecnologia. Para a iluminação artificial, a literatura selecionada mostra que as lâmpadas de LED são cerca de 80% mais eficientes que as incandescentes, 35% mais eficientes que as fluorescentes e 50% mais eficientes que as de vapor de sódio (CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2016). Para refrigeração,

⁶⁵ Ver mais sobre o assunto em: EWING, R. The Impact of Urban Form on U.S. Residential Energy Use. *Housing Policy Debate*, v. 19, n. April 2013, p. 37–41, 2010; KOHLER, M. et al. Impacts of several urban-sprawl countermeasures on building (space heating) energy demands and urban heat island intensities. A case study. *Urban Climate*. [s.l.], 2017.

⁶⁶ Como é o caso, por exemplo, de: COLLING, A. V. et al. Brazilian recycling potential: Energy consumption and Green House Gases reduction. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 59, p. 544–549, 2016.

há também uma ampla faixa de eficiência (de 20% a 50%) (GOLDEMBERG, 2005; INMETRO, 2016). Contudo, é necessário levar em consideração a idade dos aparelhos, as opções de mercado para a substituição do dispositivo, o valor para o consumidor e o serviço final que será fornecido;

- **Conectividade e Acessibilidade.** Maior conectividade encurta as distâncias a serem percorridas e pode levar à redução da demanda de energia (embora esse efeito não seja consensual). Além disso, pode incentivar caminhadas e outros modos de mobilidade ativa, tornando as áreas urbanas mais acessíveis. A conectividade é amplamente influenciada pela configuração espacial da rede de infraestrutura da mobilidade urbana, sendo um recurso urbano amplamente reconhecido de influência sobre os padrões de viagem. Embora a acessibilidade não tenha uma definição única, ela pode ser traduzida como a maneira mais fácil de alcançar o destino desejado (GEURS; RITSEMA VAN ECK, 2001; LEVINE; GARB, 2002). As implicações sobre a demanda de energia dependerão do modo de transporte considerado. A acessibilidade orientada para fomentar a mobilidade ativa e o transporte coletivo deve ser aumentada para alcançar CE e reduzir as necessidades de energia do setor de mobilidade;
- **Substituição de combustível:** mudanças na participação de combustíveis fósseis, substituindo-os por renováveis e adotando novas tecnologias (por exemplo, transição de carros movidos a combustíveis fósseis para elétricos e híbridos), são ações populares que os municípios vêm apoiando como resposta à mudança climática⁶⁷;
- **Aproveitamento Energético e Recursos Locais.** O potencial de recursos energéticos locais (por exemplo, energia solar, eólica, hidráulica e biomassa) deve ser medido para determinar e incentivar o potencial de produção de eletricidade e de aquecimento de água nas cidades (entre outros serviços de energia) (LEDUC; VAN KANN, 2013). Outras formas de aproveitamento da energia urbana incluem a geração de eletricidade e/ou calor através da transformação do biogás do setor de saneamento e de resíduos das cidades, bem como dos restos de poda das áreas verdes ou do calor residual dos processos das indústrias. Além disso, o calor residual pode ser usado para o aquecimento do espaço ou da água de edifícios, se houver investimento na rede de distribuição da água quente/fria. Isso pode ser incentivado por meio de estratégias de

⁶⁷ Para mais informações ver a página web de *Global Covenant of Mayors for Climate & Energy*. Disponível em: <<https://www.globalcovenantofmayors.org/>>. Acesso em 29 abril 2019.

planejamento urbano, como o zoneamento que promove usos mistos próximos, viabilizando o uso de calor residual industrial no setor comercial e residencial, por exemplo.

Finalmente, é importante reafirmar que algumas estratégias são concorrentes (ou seja, telhado verde *versus* telhado solar fotovoltaico *versus* aquecimento solar de água), enquanto outras, tais como uso misto do solo urbano, conectividade e acessibilidade, podem ter um impacto maior quando implementadas em conjunto. Importante ainda notar que os instrumentos selecionados do Planejamento Urbano (Forma Urbana, Arquitetura Passiva, Áreas Verdes, Saneamento Urbano e Mobilidade Urbana) também podem ser utilizados de forma a aumentar o consumo de energia, ou o contrário. Por exemplo: se a política urbana focar na expansão das vias para uso exclusivo de transporte privado, removendo corredores de ônibus, estaremos tratando de um critério selecionado (Mobilidade Urbana), mas ele será aplicado de maneira a aumentar o consumo de combustíveis, o que provoca maior demanda de energia. Os critérios e categorias de análise condicionam, portanto, a demanda por energia.

PARTE IV- APLICAÇÃO DA PROPOSTA E MODELAGEM DA MATRIZ DE SOLUÇÕES INTEGRADAS NA MEGACIDADE DE SÃO PAULO

Essa parte da pesquisa diz respeito a etapa de aplicação prática do PEU através da modelagem do SEU da megacidade de São Paulo dentro do *software* LEAP. As próximas seções apresentam os materiais e métodos utilizados na fase quantitativa do estudo de caso que implementou a Matriz de soluções integradas de PE e PU, a cidade de São Paulo e os cenários que foram desenvolvidos para verificar o impacto da implementação das estratégias de PE e PU previstas na Matriz de soluções desenvolvidas por essa pesquisa.

1. Materiais e métodos para modelagem do Sistema Energético Urbano da megacidade de São Paulo

O estudo de caso descrito nessa tese foi realizado através das seguintes etapas: i) revisão bibliográfica (Parte III- item 2); ii) desenvolvimento da Matriz de Soluções Integradas de Estratégias de Planejamento Energético e Planejamento Urbano; iii) aplicação da Matriz através do desenvolvimento de um modelo do sistema energético e urbano da megacidade de São Paulo utilizando o *software* [LEAP](#); iv) quantificação do potencial de aplicação do PEU no contexto da megacidade de São Paulo e análise crítica dos resultados.

A revisão bibliográfica contemplou artigos publicados nos seguintes *journals*: *Energy*, *Applied Energy*, *Energy Policy*, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *Energy Procedia*; *Renewable Energy*, *Cities*, *Building and Environment*, *Sustainable Cities e Society e Energy and Buildings*, recorrendo aos seguintes bancos de dados: CAPES, SCIELO, SCOPUS, SCIEDIRECT, MENDELEY e WEB OF SCIENCE. O *corpus* analisado contempla o período que vai de 2007 a 2018.

O tema da revisão bibliográfica versou sobre a descentralização e a integração do Planejamento Energético ao Planejamento Urbano nas cidades do mundo e do Brasil. Foram pesquisados, principalmente, os seguintes temas: Cidades, Metabolismo Urbano, Modelos de Sistemas, Modelos de Sistemas de Energia Urbanos, Nexo Urbano, Planejamento Energético, Planejamento Energético Descentralizado/Local, Planejamento Energético Urbano, Planejamento Urbano, Sistemas Complexos, Sistemas de Energia, Sistemas de Energia Urbanos e Transição Energética.

Também foi aplicado um protocolo de revisão bibliográfica inspirado nos modelos que são prescritos para o desenvolvimento de RS; porém, cabe observar que o que foi realizada nesta etapa da pesquisa não constituiu propriamente uma RS, mas sim uma revisão bibliográfica que adotou estratégias de RS para organizar a dinâmica da pesquisa.

Por fim, ressalta-se que o desenvolvimento dos cenários de energia, assim como o estabelecimento do modelo de sistema de energia e urbano da cidade de São Paulo, foi realizado dentro do *software* LEAP. O LEAP é um modelo de simulação de políticas de energia. Os períodos de análise das políticas selecionadas para o estudo de caso da megacidade de São Paulo vão desde 2014 (ano-base) até 2030 (ano final da simulação).

1.1 O modelo LEAP

O LEAP é um *software* utilizado para análise de políticas energéticas e para a avaliação de mitigação de mudanças climáticas. O sistema foi desenvolvido pelo *Stockholm Environment Institute* (SEI)⁶⁸ e tem sido usado para a modelagem de sistemas de energia em variadas escalas regionais (desde cidades e estados até países e regiões), mas sua aplicação mais comum se dá na escala nacional.

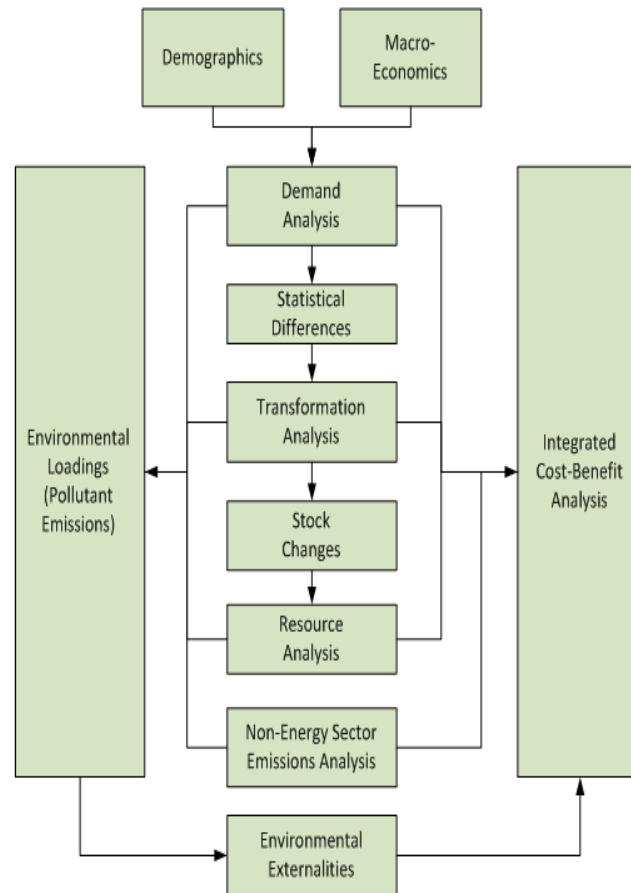
É um modelo de energia-economia⁶⁹ de simulação e otimização (ou seja, híbrido) que constrói cenários através de premissas do Planejamento Integrado, *bottom-up* (análise de usos finais e tecnologias, ou seja, concentra sua análise pelo lado da demanda), utilizando dados sobre o consumo de energia, produção e extração de recursos. Pode ainda ser usado para contabilizar fatores de emissão de GEE e da utilização de fontes de energia tanto do setor energético como de setores não energéticos. É possível realizar análises sobre as emissões de poluentes atmosféricos locais e regionais, poluentes climáticos de curta duração, além de análises sobre adoção de diferentes políticas energéticas, seus efeitos climáticos e de redução da poluição atmosférica local (LEAP WEBSITE⁷⁰).

⁶⁸ Disponível em: <<https://www.sei.org/>>. Acesso em: 29 abril 2019.

⁶⁹ Foi realizada a revisão da literatura especializada sobre diversos tipos de modelos de sistema de energia existentes. A definição dos modelos de energia-economia pode ser encontrada no item 5.3.

⁷⁰ Disponível em: <<https://www.energycommunity.org/default.asp?action=home>>. Acesso em: 29 abril 2019.

Figura 11 – Estrutura de dados e resultados que o modelo LEAP realiza



The Structure of LEAP's Calculations

Fonte: <<https://www.energycommunity.org/default.asp?action=introduction>>. Acesso em: 27 fevereiro 2019.

O modelo não corresponde a um sistema de energia predeterminado; antes suporta uma ampla gama de metodologias de modelagem diferentes enquanto análises dos usos finais da demanda de energia e das tecnologias utilizadas, da mesma forma que pode ser utilizado para desenvolvimento de modelagem macroeconômica de forma *top-down*.

O LEAP é um modelo cujo o foco é a análise de cenários. Os cenários mostram como um sistema de energia pode evoluir ao longo do tempo, ou seja, dentro do *software*, é possível criar e avaliar cenários, comparando seus requisitos energéticos, custo benefício e impactos ambientais. É uma ferramenta de modelagem de médio a longo prazo. É possível inserir no modelo impactos de medidas de políticas de forma individualizada, que, por sua vez, podem ser combinados em diferentes tipos de cenários. Tal abordagem permite a análise do impacto marginal de uma política individual, bem como as interações que ocorrem quando várias

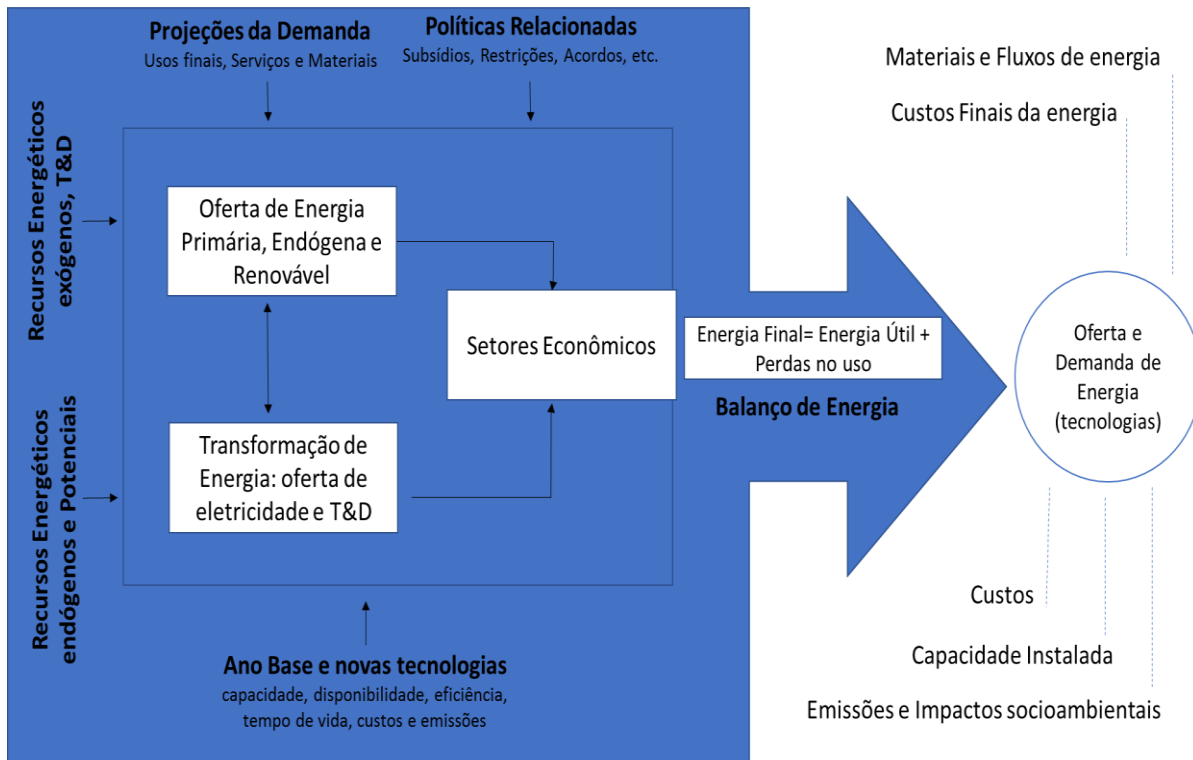
políticas e medidas são combinadas. Essa característica foi fundamental para a quantificação das sinergias de integração de estratégias do PE e do PU.

O LEAP é considerado um modelo de baixa requisição de dados iniciais para sua utilização. Por isso mesmo, ele pode ser utilizado em países ou regiões que são caracterizadas pela falta de dados oficiais sobre demanda e oferta de energia, com ocorrência de mercados informais, como no caso do Brasil e, especificamente, da cidade de São Paulo. Sobre esse assunto, cabe destacar que alguns autores sugerem que modelos econométricos de otimização são inadequados para os países em desenvolvimento⁷¹, uma vez que o nível de informações necessárias e o seu fundamento teórico, bem como a sua incapacidade de captar características específicas do mercado informal (os setores não oficiais e de transações não monetárias são exemplos), o tornam inadequado para utilização em tais países.

Daí que as ferramentas de modelagem que dependem da otimização tendam a ter requisitos exigentes de dados iniciais, já que pressupõem que as tecnologias estejam integralmente definidas tanto em termos de suas características operacionais, quanto em seus custos. Os estudos que privilegiam essa abordagem concluem que os modelos do tipo balanço do uso final, com os seus requisitos de dados flexíveis e com interesse em cenários, são mais produtivos para uso nos países com mercados informais. A Figura 12 é uma representação do modelo LEAP com suas principais variáveis, premissas e resultados:

⁷¹ BHATTACHARYYA, S. C.; TIMILSINA, G. R. A review of energy system models. *International Journal of Energy Sector Management*, v. 4, n. 4, p. 494–518, 2010.

Figura 12 – Representação simplificada do modelo LEAP



Fonte: autora (2019). Adaptado de SIMÕES et al. (2008).

O LEAP é um modelo de Balanço de Energia (contabilização de energia) que busca, pelo uso de metodologia semelhante à contábil, gerar uma visão consistente da demanda e da oferta de energia com base na descrição física do sistema energético, a partir do qual é possível realizar a análise da adoção de diferentes cenários de evolução desse quadro e das externalidades (positivas e negativas) associadas às estratégias adotadas em cada caso.

Existe uma produção científica significativa que usa o LEAP dentro da área contemplada pela presente pesquisa. Foram levantados artigos que trabalharam a questão da mobilidade, como o caso do transporte urbano de passageiros em Tianjin e o potencial de redução de energia e de emissões na cidade (PENG et al., 2015b), além da avaliação de uma gama de políticas de baixo carbono para projetar como as cidades de Bangkok, na Tailândia (PHDUNGSILP, 2010), e de Ningbo, na China (YANG et al., 2017), poderiam modificar o uso de energia e a emissão de carbono de 2000 até 2050. Da mesma forma, o LEAP foi usado para descrever futuras estratégias energéticas de Pequim, na China, considerando um cenário no qual políticas industriais e edifícios adotassem medidas de eficiência energética, como a substituição de combustíveis e a transferência de modais para o setor da mobilidade (ZHANG; FENG;

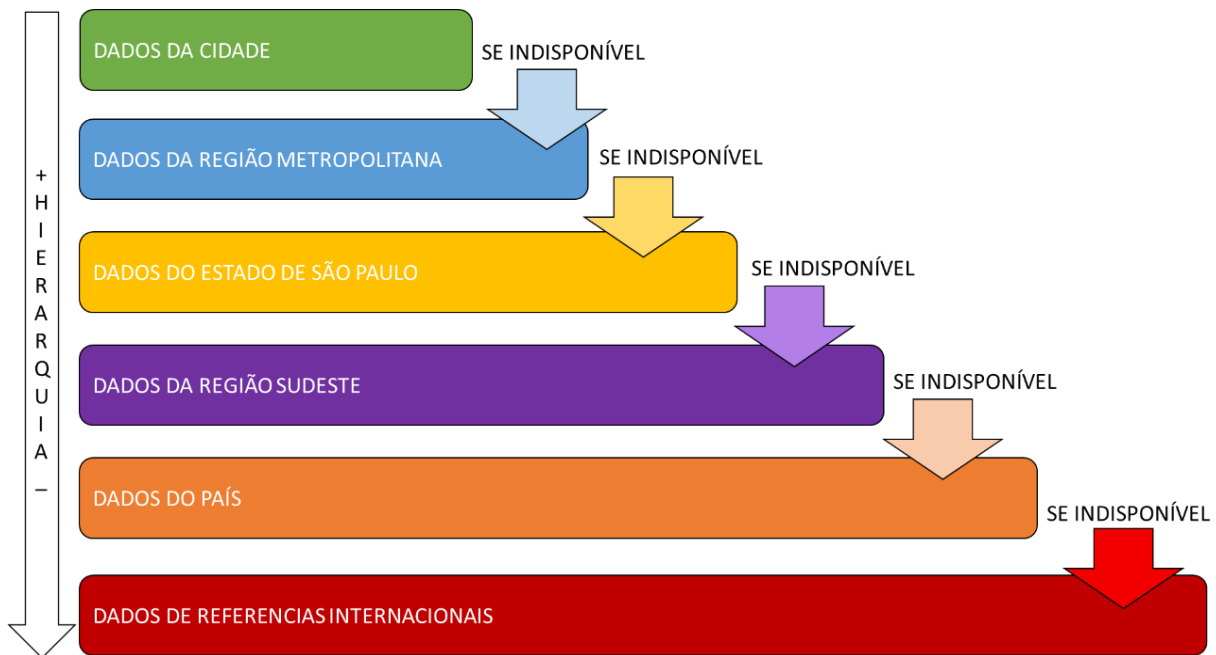
CHEN, 2011). Os resultados mostram que, com as políticas selecionadas, a cidade poderia reduzir a demanda de energia em até 55,8% e as emissões de GEE em 62,2%, no período de 2007 a 2030. Para a cidade de Pequim, diferentes metodologias de modelagem foram adotadas (o LEAP foi utilizado em conjunto com outros modelos, como MARKAL, *Input-Output* e dinâmica do sistema) e integradas dentro de uma matriz que buscava apontar as melhores estratégias para garantir um futuro sistema de energia com baixas emissões de carbono (LIU et al., 2011).

Em suma, esta tese propõe um passo adiante dentro do uso vigente do LEAP, modelando explicitamente estratégias do PE e do PU para todo o sistema urbano da megacidade de São Paulo (quer dizer, todos os setores, e não apenas edifícios ou transportes). A literatura especializada existente tem modelado apenas estratégias de PE no software em apenas um ou em poucos setores econômicos.

1.2 O modelo LEAP para a cidade de São Paulo: LEAP_SP

Nesta seção, serão apresentadas as características e o processo de modelagem da Matriz de soluções integradas (Figura 10 e Quadro 8) propostos para o estudo de caso da megacidade de São Paulo, usando o modelo de simulação desenvolvido e nomeado por LEAP_SP para o período de 2014 a 2030. O modelo LEAP_SP foi desenvolvido com base no cruzamento de banco de dados nacionais e internacionais; possui, portanto, suporte de um banco de dados detalhado, que combina informações de escala urbana e de escala nacional e até mesmo internacional, como mostra a Figura 13.

Figura 13 – Adaptações metodológicas níveis e dados e informações utilizados no desenvolvimento do modelo



Fonte: autora (2019).

A combinação aqui apresentada foi necessária pois, na escala urbana, ainda existe um grande *gap* na coleta e disponibilização das informações, fazendo-se necessário, aos pesquisadores desse campo, o investimento em adaptações metodológicas e de informações de escalas maiores que as locais (como a escala nacional) para sua aplicação na escala urbana.

O escopo geográfico do estudo de caso é o município de São Paulo. A Figura 14 georreferencia a região metropolitana de São Paulo — que não foi objeto de análise desta pesquisa —, com destaque para a megacidade São Paulo.

Figura 14 – Mapa da região metropolitana de São Paulo, com destaque para o município de São Paulo, que corresponde à área do estudo de caso



Fonte: Ministério do Meio Ambiente (MMA), 2013.

Os setores econômicos tratados neste estudo referem-se a atividades que ocorrem dentro dos limites da cidade, sendo estruturados da seguinte forma: análise do fornecimento de energia primária (isto é, oferta de gás natural e geração de eletricidade, transmissão e distribuição) e o consumo de energia nos setores residencial, público (edifícios e iluminação), comercial e de serviços (C&S), industrial, de saneamento, de mobilidade urbana, transporte aéreo, além do próprio consumo de energia do setor energético, que considera o consumo interno de eletricidade para as atividades de transmissão, distribuição e gás natural para cogeração.

Além dos aspectos do sistema de energia da cidade, o modelo desenvolvido pretende associar aspectos do Planejamento Urbano e da Política Urbana junto ao seu impacto na demanda e na oferta de energia do município. No que se refere à relação entre Planejamento Urbano e Planejamento Energético, muitos pesquisadores identificaram diferentes elementos, fatores estruturais, processos, padrões e mecanismos de urbanização que afetam substancialmente as estruturas urbanas, o comportamento humano e, conseqüentemente, o consumo de energia. A relação, os resultados e os componentes das cidades, assim como as

estratégias do PU e do PE, foram sistematizados na Matriz apresentada pela Figura 10 e pelo Quadro 8, modelados nessa pesquisa.

A tarefa inicial de utilização do *software* foi a de levantar os dados e informações de um período histórico conhecido, que é designado *Current Accounts* (CA). No CA, são inseridos os dados reais/verificados de demanda, oferta e transformações de energia para o ano-base de 2014 (o primeiro ano de análise escolhido pelo usuário do modelo). No caso do LEAP_SP, 2014. Tanto o CA como os demais cenários do LEAP_SP que serão apresentados na próxima sessão, traduzem a situação socioeconômica da população e das políticas urbanas e energéticas atuais (tendo como referência o ano de 2014). Sua evolução futura segue projeções oficiais de demanda, considerando: a) crescimento populacional; b) número de moradias; c) PIB municipal total; d) crescimento da renda *per capita*; e) metas atuais de políticas para prestação de serviços de energia no município (Quadro 9); f) outros pressupostos para cada setor: a saber, crescimento previsto em política pública para a Iluminação Pública na cidade, área total dos prédios públicos, valor adicionado bruto da indústria (VEA) – Quadro 9.

Quadro 9 – Principais pressupostos do modelo e fontes de dados

Principais Pressupostos	Dados 2014	Informações utilizadas na projeção dos cenários (2014-2030)
Setor Residencial- # de residências	3,57 milhões de residências (F. SEADE, 2017).	a) índice de ocupação decresce de 3,2 para 2,8 pessoas por residência em 2030 (EPE /MME, 2017a, 2017b); b) população sai de 11,5 habitantes para 12,3 em 2030 (SEADE, 2017b); c) estimativa de 4,37 milhões de residências em 2030.
C&S - área (m²)	105 milhões m ² (SMDU; DEINFO, 2014)..	a) é esperado um crescimento total de 5% (autora baseada em: F. SEADE, 2017); b) total de cerca de 110 milhões de m ² .
Setor Industrial- VEA industrial (R\$)	66,8 milhões de R\$ (F. SEADE, 2017)	a) até 2030 é esperado uma taxa de crescimento para o setor de 0,5% por ano; b) estimam-se R\$72,4 milhões em 2030 de VEA.
Setor Público- # prédios públicos	8,45 mil prédios (Secretaria de Energia do Estado de São Paulo, 2015)	a) foi assumida uma baixa taxa de crescimento no número de prédios públicos (8,5 mil prédios em 2030).
Iluminação Pública- # lâmpadas/dispositivos	560 mil lâmpadas (PMSP, 2007)	a) taxa de cobertura do serviço de 97% (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE, 2010) b) expansão da iluminação pública prevista para 663 mil lâmpadas (PMSP, 2007)
Saneamento- água tratada (m³)	2113 milhões m ³ (SABESP, 2015).	a) 100% de acesso à distribuição de água (PMSP, 2010); b) cobertura do serviço de coleta de 81% (PMSP, 2010); c) cobertura do serviço de tratamento de esgoto 75% (PMSP, 2010); d) 2588 milhões de m ³ de água produzida até 2030.
Setor Energético- demanda do setor agregado (GWh)	79 GWh (Secretaria de Energia do Estado de São Paulo, 2015)	Taxas históricas replicadas para 2030: a) 0,8% ao ano de queda na demanda de eletricidade; b) 16% ao ano de crescimento do consumo de GN.
Mobilidade Urbana- # passageiros transportados	297 bilhões de passageiros.km/ano (pkm) (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS - ANTP, 2016)	a) aumento de 0,6% ao ano no transporte de passageiros (SEADE, 2017a); b) 327 bilhões passageiros.km/ano (pkm).
Setor de Transporte Aéreo- # passageiros transportados	18 milhões de passageiros (pkm) (INFRAERO, 2017)	a) taxa de crescimento observada de 4,4% ao ano (de 2014 até 2016) (INFRAERO, 2017); b) projeções do setor nacional 2017-2030 sobre a taxa de crescimento do transporte aéreo de passageiros são de 1,7% ao ano (Empresa de Pesquisa Energética (EPE) / Ministério das Minas e Energia (MME), 2016).

Fonte: autora (2019).

As informações sobre os serviços de energia da cidade foram configuradas como uma porcentagem da população atendida para cada serviço (ou seja, uma taxa de cobertura de cada serviço) por meio da análise de documentos dos Planos e Políticas Urbanas, tais como o Plano municipal de Resíduos Sólidos (Comitê Intersetorial para a Política Municipal de Resíduos Sólidos, 2014), o Plano municipal de saneamento básico (Prefeitura do Município de São Paulo, 2010), o Plano Diretor Estratégico do município (Prefeitura de São Paulo, 2014) e o Plano de mobilidade urbana da cidade (Prefeitura do Município de São Paulo, 2016).

Da mesma forma, as informações sobre as tecnologias de uso final de energia foram estimadas com base nas taxas de propriedade observadas para a região Sudeste, conforme dados apresentados pela pesquisa de posse (ELETROBRAS; PROCEL-INFO, 2007). Tais dados foram cruzados com dados do último censo nacional (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010) e com os dados socioeconômicos da cidade (SMDU; DEINFO, 2014). Outros documentos e programas que influenciam na política energética do país também foram consultados e utilizados como insumos para o modelo, a saber: o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE-INMETRO); o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL); o Programa Nacional da Racionalização do uso dos derivados de Petróleo e do Gás Natural (CONPET); o Plano Nacional de Energia 2030 (BRASIL; MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2007); o Plano Decenal de Energia 2026 (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE, 2017a); o Plano Nacional de Eficiência Energética 2030 (BRASIL; MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2011).

O modelo construído no LEAP teve como principais insumos exógenos os serviços e o uso final da demanda de energia para os nove setores econômicos da cidade. Os dados utilizados sobre a demanda de energia da cidade são provenientes dos anuários estatísticos de consumo de energéticos por município do estado de São Paulo (Secretaria de Energia do Estado de São Paulo, 2014). Muitas adaptações metodológicas foram feitas, uma vez que os modelos atuais de sistemas de energia ainda não conectam — ou sequer compreendem — todas as interligações entre políticas urbanas e os *drivers* energia. Portanto, o modelador deve desempenhar esse papel, identificando os elementos que estão trazendo influência ou impactando outros e decidindo como inserir essas informações em uma linguagem aceita pela ferramenta.

Da mesma forma, foram imputadas informações sobre os aspectos técnicos e econômicos das tecnologias relacionadas à energia (as atuais e também as futuras) na cidade, tais como eficiência, disponibilidade, custos de investimento, custos de operação e manutenção, taxas de desconto; em sua maioria as informações técnico-econômicas foram obtidas através de

referências internacionais⁷². Também foram inseridas informações sobre o potencial técnico e econômico das fontes atuais e futuras de fornecimento de energia primária, são elas: solar fotovoltaica, importações de derivados de petróleo, central geradora hidráulica (CGH), biomassa e biogás proveniente de poda, Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), pecuária urbana, agricultura urbana e potencial de saneamento e cogeração.

As informações utilizadas para o cálculo do potencial solar fotovoltaico consideraram a capacidade atual instalada (até março de 2018) dentro da cidade, segundo dados do [Banco de Informações de Geração \(BIG\)](#) da Aneel (essa fonte foi utilizada como base para determinar a capacidade instalada dentro da megacidade para todas as fontes de energia de geração de eletricidade), o potencial solar para o estado de São Paulo (SECRETARIA DE ENERGIA DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2013a), e os parâmetros técnicos apresentados por outras fontes⁷³.

Para a eletricidade proveniente do potencial hidráulico, as únicas opções de expansão consideradas foram a de *retrofit*/recapitação e a modernização da unidade existente na cidade (CGH), segundo determinado pelo estudo de Bianchi (2002), uma vez que na cidade não há espaço para implantação de novas hidrelétricas. Os potenciais de expansão de geração da eletricidade na cidade através de biomassa e biogás foram pensados a partir dos recursos de podas e da manutenção das áreas verdes da cidade (Prefeitura de São paulo, 2014; Prefeitura do Município de São Paulo, 2010; Rede Nossa São Paulo, 2014), da biodigestão da fração orgânica dos RSU, dos resíduos da produção agrícola e pecuária da cidade e do processo de saneamento (BRASIL, 2015; CAROLINA et al., 2015; JACOBI, PEDRO ROBERTO; BESEN, 2011; REDE NOSSA SÃO PAULO, 2014; SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTACIMENTO, 2009).

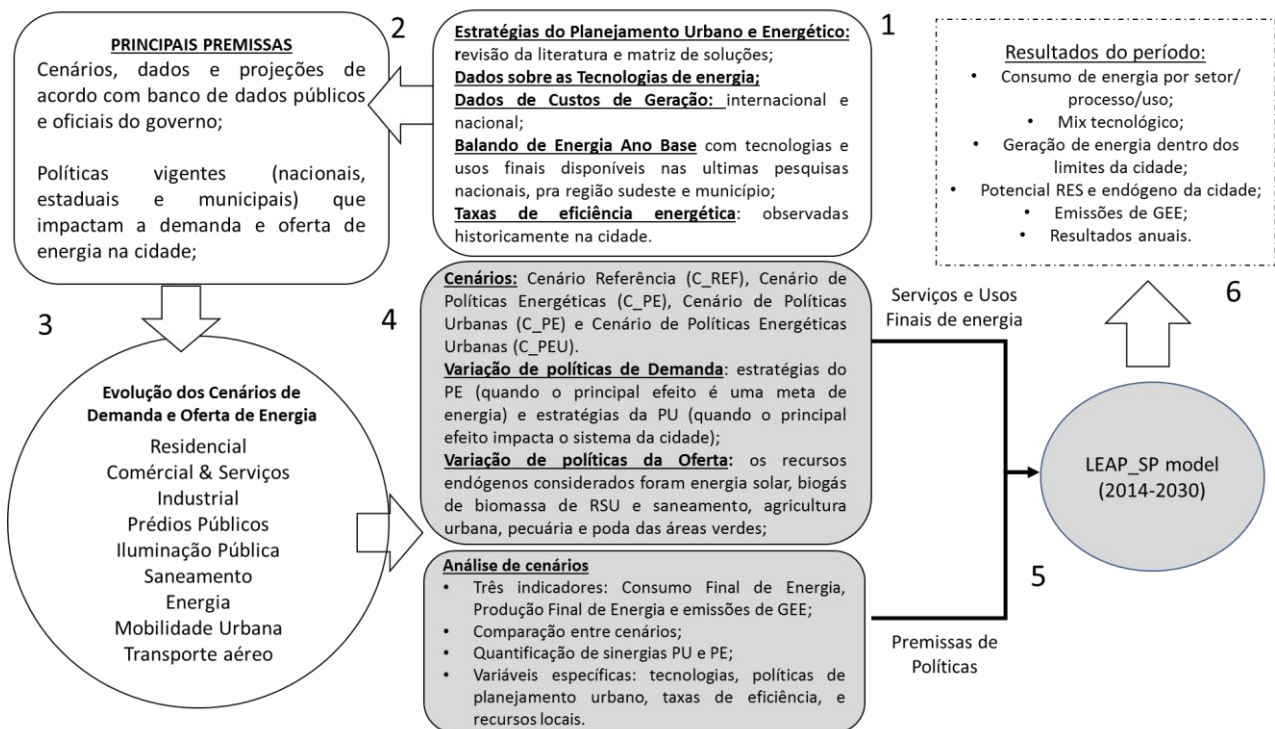
⁷² Tais como: INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. Energy Technology Perspectives 2016. Paris: 2017; INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA; NUCLEAR ENERGY AGENCY- NEA. Projected Costs of Generating Electricity. Paris: 2015.

⁷³ São elas: EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA- EPE. NOTA TÉCNICA DEA 19 /14: Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil – Condicionantes e Impactos. Empresa de Pesquisa Energética – EPE (Brasil) – In Português, p. 64, 2014; KONZEN, G. *Difusão de sistemas fotovoltaicos residenciais conectados à rede no Brasil: uma simulação via modelo de Bass*. [s.l.], p. 108, 2014; SIGNORINI, V. B.; VIANNA, S. D.; SALAMONI, I. Análise do potencial de geração de energia solar fotovoltaica em um sistema integrado à edificação e interligado à rede – estudo de caso no prédio administrativo do campus porto da UFPEL. 3o SNCS – Seminário Nacional de Construções Sustentáveis, n. 1, p. 10, 2014.

As importações finais de energia para a cidade (eletricidade, diesel, gasolina, etanol, óleo combustível e querosene), restrições e pressupostos de políticas também foram tomadas exogenamente. Deve-se mencionar que, para o caso dos edifícios, os diferentes tipos de materiais e de construção não foram incluídos no modelo — nesse caso, uma simplificação foi assumida.

A Figura 15 apresenta a visão geral do modelo LEAP_SP, incluindo os setores econômicos da cidade, os principais insumos e as premissas que influenciam diretamente a evolução da demanda de energia e dos cenários de oferta, bem como os principais resultados do modelo. As premissas foram determinadas de acordo com a revisão da literatura bibliografia especializada em questões de planejamento urbano e energético, além das demais informações e dos dados identificados para o ano-base.

Figura 15– Visão geral do modelo construído no LEAP para a cidade de São Paulo



Fonte: autora (2019).

O estudo de caso considerou a demanda de energia útil para todos os setores econômicos da cidade. A evolução histórica do consumo de recursos energéticos (de 2007-2017) na megacidade foi considerada para estimar a demanda futura de energia e de cada usuário final. Os dados foram obtidos da análise histórica dos anuários estatísticos de consumo de energéticos

por município, disponibilizados pela Secretaria de Energia e Mineração do estado de São Paulo (Secretaria de Energia do Estado de São Paulo, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017). As perdas para o sistema de distribuição de eletricidade de São Paulo correspondem à taxa de perdas de 14% no ano-base, considerando a região sudeste (Ministério de Minas e Energia, 2016). A energia não comercial não foi incluída na análise.

O LEAP_SP considera as seguintes emissões diretas de GEE e poluentes atmosféricos provenientes do uso e da geração de energia dentro da cidade: material particulado (MP), monóxido de carbono (CO), compostos orgânicos voláteis não metânicos (COVNM), dióxido de enxofre (SO₂), óxido nitroso (N₂O), dióxido de carbono (CO₂) e metano (CH₄). Isso significa que o modelo não considera as emissões de CO₂ de produtos e energéticos importados para a cidade, com exceção da eletricidade produzida dentro da cidade.

Por isso, e em decorrência de o estudo de caso usar a escala espacial da cidade, foi necessário considerar as emissões de CO₂ da importação de eletricidade da rede nacional para a cidade. Assim, o fator de emissão da rede assumido foi de 0,11 tCO₂/MWh, fator médio de emissão anual calculado entre 2013 e 2017 (MCTIC, 2017), que foi mantido em constância até 2030. Esse fator de emissão foi aplicado aos resultados das emissões da cidade para cada cenário, de forma a incluir as emissões de GEE associadas às importações de eletricidade na megacidade. Note-se que, de acordo com as projeções oficiais da EPE, disponíveis nos últimos Planos Nacionais de Energia para 2030 e 2050 (BRASIL; MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2007; EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE, 2016), a participação das usinas de combustíveis fósseis no sistema elétrico tende a ser mantida até 2030.

Os dados relativos à composição dos combustíveis de São Paulo, às emissões de GEE e aos poluentes do ar foram introduzidos no modelo de acordo com as informações da empresa ambiental do estado (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo- CETESB, 2015). Quando não foi possível obter dados específicos de determinada cidade ou país, foram utilizados os fatores de emissão do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC). No entanto, esta pesquisa concentrou-se apenas na análise das emissões de GEE.

Cabe destacar, como limitações do modelo de simulação LEAP_SP, o fato de que para alguns setores econômicos incluídos na Matriz proposta (Figura 10 e Quadro 8), não foram direcionadas e simuladas estratégias, como é o caso do transporte aéreo e do setor energético. Da mesma forma, não foram simuladas estratégias para todos os usos finais e tecnologias de energia (ou seja, cocção e transporte vertical, motocicleta, trens e metrô). Tal ausência decorre

da falta de dados locais para esses setores e usos finais. O LEAP_SP é de 2014 (ano-base) até 2030 e fornece resultados anuais, sem resolução temporal sub-anual. O Quadro 10 apresenta setores econômicos, subsetores, serviços, tecnologias de uso final e recursos energéticos considerados no LEAP_SP.

Quadro 10 – Estrutura da demanda do sistema de energia do LEAP_SP

Setor Econômico	Serviço energético/ Subsetores	Usos Finais/ Tecnologias	Recursos energéticos
Residencial, Comercial & Serviços, e Prédios Públicos	Iluminação	Lâmpada incandescente; lâmpada fluorescente; lâmpada LED; iluminação à querosene.	Eletricidade; iluminação à querosene; solar; gás liquefeito de petróleo (GLP) e gás natural.
	Refrigeração	Geladeiras eficientes; geladeiras ineficientes.	
	Aquecimento de água	Boiler elétrico; boiler a gás natural; boiler solar; boiler a gás liquefeito de petróleo.	
	Arrefecimento	Ar-condicionado eficiente; ar-condicionado ineficiente.	
	Entretenimento	TV; rádio; laptop.	
	Equipamentos e dispositivos eletrônicos	Ferro, máquina de lavar e outros.	
	Cocção	Fogão e forno; gás liquefeito de petróleo e gás Natural.	
	Transporte Vertical ^a	Elevador.	
	Bombeamento de água	Bomba eficiente; bomba ineficiente.	
Industrial	Indústria extrativa ^b ; Indústria da transformação ^b ; Indústria de serviço/utilidade pública ^b	Intensidade energética de cada subsetor industrial (PJ/VEA).	Eletricidade; óleo combustível; asfalto; GLP e gás natural.
Iluminação Pública	Iluminação	Lâmpada sódio, lâmpada mercúrio, e lâmpada LED.	Eletricidade
Saneamento	Distribuição de água	Bomba eficiente; bomba ineficiente.	Eletricidade
	Coleta de esgoto	Bomba eficiente; bomba ineficiente.	
	Tratamento de esgoto	Equipamentos e máquinas eletrônicas.	
	Iluminação	Lâmpada incandescente; lâmpada fluorescente; lâmpada LED.	
Setor energético	Não especificado ^b	Não aplicável.	Eletricidade e gás natural
Mobilidade Urbana	Transporte individual	Carros e Taxis: gasolina, etanol, <i>flex</i> (gasolina e/ou etanol), gás natural e elétricos. Moto: gasolina	Gasolina; diesel; gás natural; etanol e eletricidade
	Transporte coletivo	Ônibus: diesel, etanol, híbrido (diesel e/ou elétrico) e elétrico. Metrô e trem: elétrico	
	Transporte não motorizado	Transporte ativo: bicicleta e a pé	

Setor Econômico	Serviço energético/ Subsetores	Usos Finais/ Tecnologias	Recursos energéticos
Transporte aéreo	Não especificado ^b	Não aplicável	Gasolina e querosene de aviação

^a Aplicado apenas para C&S e Prédios Públicos.

^b Não é considerado nenhum subsetor, apenas os correspondes à informação de consumo de energia agregado para calibração do modelo.

Fonte: autora (2019).

Para modelar o setor industrial, uma simplificação da caracterização setorial foi assumida, em 2014 havia cerca de 30 mil indústrias na cidade (SMDU; DEINFO, 2014); então, para o propósito da presente pesquisa, elas foram agrupadas em três subsectores industriais: extrativista, transformação e de serviços e utilidade públicas. Essas categorias foram tiradas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2007). Por fim, os dados sobre o setor de transporte aéreo tiveram como principal fonte o anuário estatístico operacional da Infraero (INFRAERO, 2017), e apenas o aeroporto de Congonhas foi considerado, já que o aeroporto de Guarulhos (aeroporto internacional de São Paulo) está localizado além dos limites da cidade — portanto, fora do escopo deste estudo.

O estabelecimento de um modelo de PEU para a cidade de São Paulo teve como objetivo mensurar os possíveis impactos em termos de: i) economia de energia, através da atuação em eficiência energética e conservação de energia; ii) promoção da geração distribuída e aumento do uso de recursos endógenos da cidade; iii) redução das emissões de GEE e poluentes no âmbito local, através da composição e da combinação de diferentes políticas que incluíssem, além das estratégias tradicionais consideradas no âmbito do Planejamento Energético, estratégias e *drives* do Planejamento e da Política Urbana que influenciam a demanda de energia nas cidades. Esta pesquisa parte do pressuposto de que o entendimento do SEU pode promover políticas públicas que se concentrem num ambiente urbano mais equilibrado, o que daria condições para a melhoria vida dos cidadãos, promovendo cidades mais saudáveis; afinal, tais medidas afetarão positivamente a saúde dos cidadãos (SALDIVA, 2018).

2. Caracterização da megacidade de São Paulo

Neste capítulo, tem-se o objetivo de apresentar a cidade de São Paulo sob a ótica de seu sistema de energia (oferta e demanda de energia). Os limites da cidade foram definidos a partir

da região administrativa de São Paulo (Figura 14). O modelo nomeado LEAP_SP considera a megacidade como um todo, sem qualquer desagregação espacial interna à cidade; ou seja, não é realizada uma análise no âmbito do distrito ou do bairro. Abaixo, a megacidade é representada segundo os *drivers* do uso de energia urbano, definidos na matriz de soluções integradas.

Contextualizando através de uma breve apresentação dos *drivers* de desenvolvimento socioeconômico, demográficos e históricos da cidade, tem-se que a cidade é o principal centro financeiro, corporativo e mercantil da América do Sul (PIMENTA, 2010). É a maior e mais populosa cidade do Brasil, concentrando 5,9% da população do país⁷⁴, ou seja, aproximadamente mais de doze milhões de habitantes, segundo a última estimativa do IBGE, de 2018. É a sexta cidade mais populosa do globo, e o terceiro maior conglomerado urbano do mundo (HABITAT, 2015), com taxa de urbanização de cerca de 99%⁷⁵.

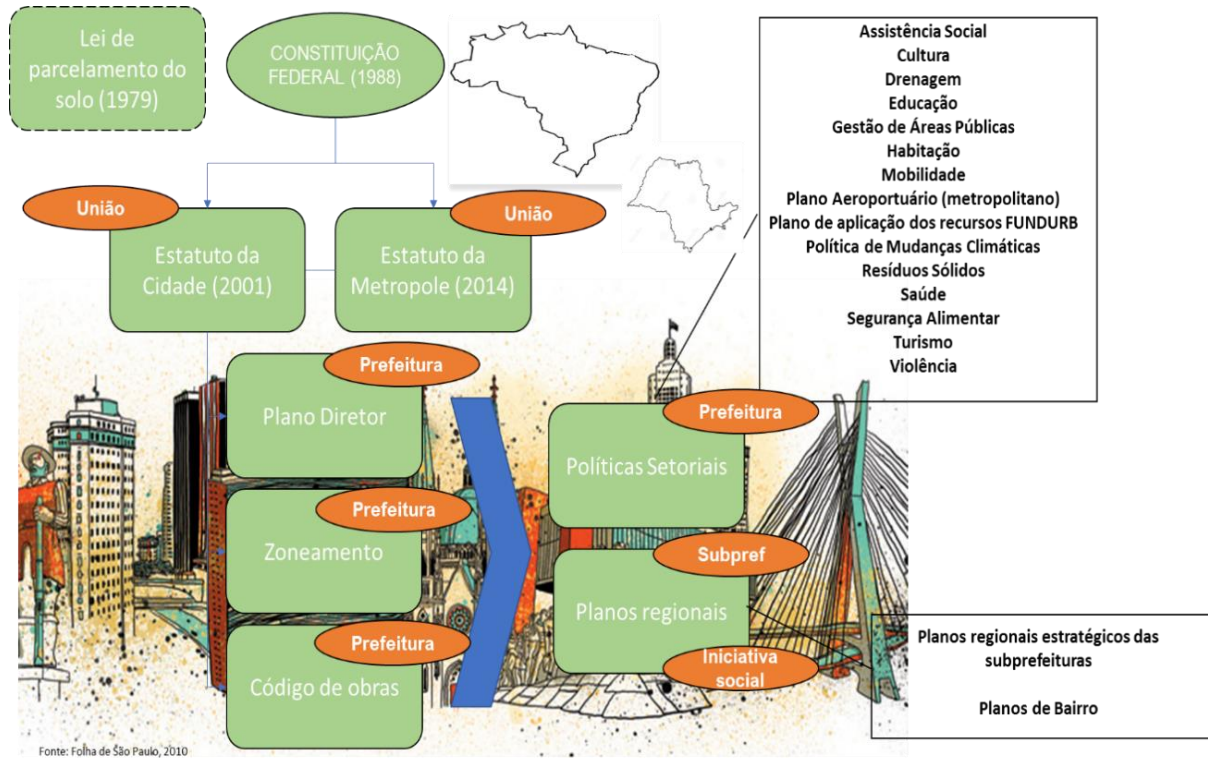
São Paulo é um polo econômico estratégico para o Brasil e contribuiu, em 2011, com quase 12% do PIB nacional, além de possuir o maior parque industrial do país, sendo sede de 63% das multinacionais estabelecidas no Brasil, de acordo com dados de 2012, da Secretaria de Relações Internacionais de São Paulo, e da quinta maior bolsa de valores do mundo (AGÊNCIA BRASIL, 2017). Em 2005, foi responsável por 28% de toda a produção científica nacional (FMC-UNICAMP, 2019), e por mais de 40% das patentes registradas no país (TRUJILLO; PARILLA, 2016). Cosmopolita, em 2016 a cidade contava com moradores de mais de 196 países diferentes (FMC-UNICAMP, 2019).

Sobre os *drivers* institucionais e políticos, eles serão destacados para os fins desta tese em especial no que se refere às políticas urbanas utilizadas como insumos na construção do modelo LEAP_SP. A Figura 16 apresenta as leis e atores institucionais que definem as políticas e o planejamento urbano. É possível observar, conforme ilustrado, uma forte tendência à descentralização e ao reforço da autonomia dos municípios na determinação das políticas urbanas desenvolvidas e implementadas no âmbito local, de forma que as instituições e documentos nacionais (Art. 182 da Constituição Federal, Estatuto da Cidade e Estatuto da Metrópole) atuam mais como direcionadores e padronizadores de ferramentas e conteúdos sobre os quais os instrumentos da Política Urbana Municipal deve necessariamente pautar (Plano Diretor, Zoneamento, Código de Obras).

⁷⁴ Os dados são do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, o IBGE, de 2010.

⁷⁵ Idem.

Figura 16 – Fluxograma da legislação vigente e dos atores de influência no estabelecimento da Política e do planejamento urbano, análise específica para a cidade de São Paulo



Fonte: autora (2019).

Para fins da tese, apresentam-se, ainda que brevemente, os principais documentos utilizados no processo de modelagem. O Plano Diretor (PD) da cidade teve sua última versão aprovada em 2014, e culminou na lei municipal n. 16.050/2014 que determina a Política de Desenvolvimento Urbano e o Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo. O PD é o principal instrumento de Planejamento Urbano dos municípios e é um documento que estabelece as premissas de desenvolvimento do mesmo. Planos diretores são obrigatórias para cidades com mais de vinte mil habitantes, integrantes de regiões metropolitanas e aglomerações urbanas, áreas de especial interesse turístico ou inseridas na área de influência de empreendimentos ou atividades com significativo impacto ambiental de âmbito regional ou nacional – portanto, obrigatória a todos os municípios de São Paulo. As diretrizes do instrumento devem ser executadas pelo poder público municipal, que responde pelo pleno

desenvolvimento das funções sociais da cidade e pelo bem-estar de seus habitantes. Tal lei foi instituída pela Carta maior do país, a Constituição Federal (CF), de 1988, artigo n. 182.

Expostas as características do PD, destaca-se a gestão integrada do Plano de Resíduos Sólidos Urbanos da cidade. Observou-se uma determinação do PD 2014 (vigente) de priorização do sistema de gestão integrada de resíduos sólidos e a introdução do manejo diferenciado dos resíduos orgânicos, possibilitando sua retenção na fonte, assim como alternativas de destinação que permitam sua valorização como composto orgânico e como fonte de biogás para a geração de energia. No que diz respeito ao uso do transporte na cidade, o PD 2014 determinou como diretriz para seu desenvolvimento, o incentivo à renovação ou à adaptação da frota (pública ou privada), e à utilização de fontes de energia renováveis ou menos poluentes – não somente nas frotas de ônibus, como havia sido determinado no PD 2002 e na política de mudanças climáticas do município, de 2009. Dessa forma, é possível afirmar que o PD incorpora a questão do uso da energia para os setores do transporte, dos resíduos sólidos e dos edifícios, prevendo, principalmente, o fomento do uso de energias renováveis e a busca pela eficiência energética através da substituição tecnológica.

O Plano de Mobilidade de São Paulo, de 2015, por sua vez, é o instrumento de planejamento e gestão dos meios e da infraestrutura de transporte de bens e pessoas no município e tem quinze anos de abrangência. O plano foi preparado em atendimento ao PD 2014 e à lei federal n. 12.587 (promulgada em 3 de janeiro de 2012), que estabeleceu a Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU) determinando a todos os municípios com número de habitantes superior a vinte mil que elaborem um plano de mobilidade urbana. O plano de mobilidade urbana da cidade de São Paulo caracteriza a infraestrutura de mobilidade da cidade e traz informações sobre as porcentagens de deslocamentos motorizados, coletivos e individuais, e as metas de evolução dessas porcentagens, o índice de mobilidade na cidade, o número de viagens por modal, as taxas de crescimento previstas para cada modal, o número de passageiros transportados, o tamanho da frota circulante na cidade e as informações sobre como o plano buscará influenciar a mobilidade dentro de um horizonte delimitado. No modelo, esses dados se cruzaram e se complementaram aos dados da pesquisa de origem e destino da região metropolitana de São Paulo, de 2013, do Relatório geral da Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP) de 2014, (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS - ANTP, 2014, 2016) e os inventários de emissões nacional (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA, 2013) e municipal (INSTITUTO EKOS BRASIL GOKOK CONSULTORIA AMBIENTAL, 2013; PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO-

PMSP, 2005). Também foram utilizadas informações, dados e prospecção das estratégias apresentadas pelo Plano Municipal de Saneamento Básico de São Paulo 2010, com um período de vinte anos de abrangência (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO- PMSP, 2010), e pelo Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, de mesmo período (COMITÊ INTERSETORIAL PARA A POLÍTICA MUNICIPAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 2014). Os principais dados utilizados versavam sobre tamanho e localização de áreas verdes na cidade e previsão de novos parques e praças, quantidade de resíduos gerados, volume de água distribuída, coletada e tratada, dados de eficiência do processo de saneamento, assim como dados de desperdício de alimentos, durante a produção (SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTACIMENTO, 2009) e o consumo. Ainda, foram levantados dados sobre o número e a capacidade das estações de tratamento de esgoto dentro da cidade, e outros dados semelhantes sobre o tamanho e a capacidade dos aterros sanitários localizados nos limites do município.

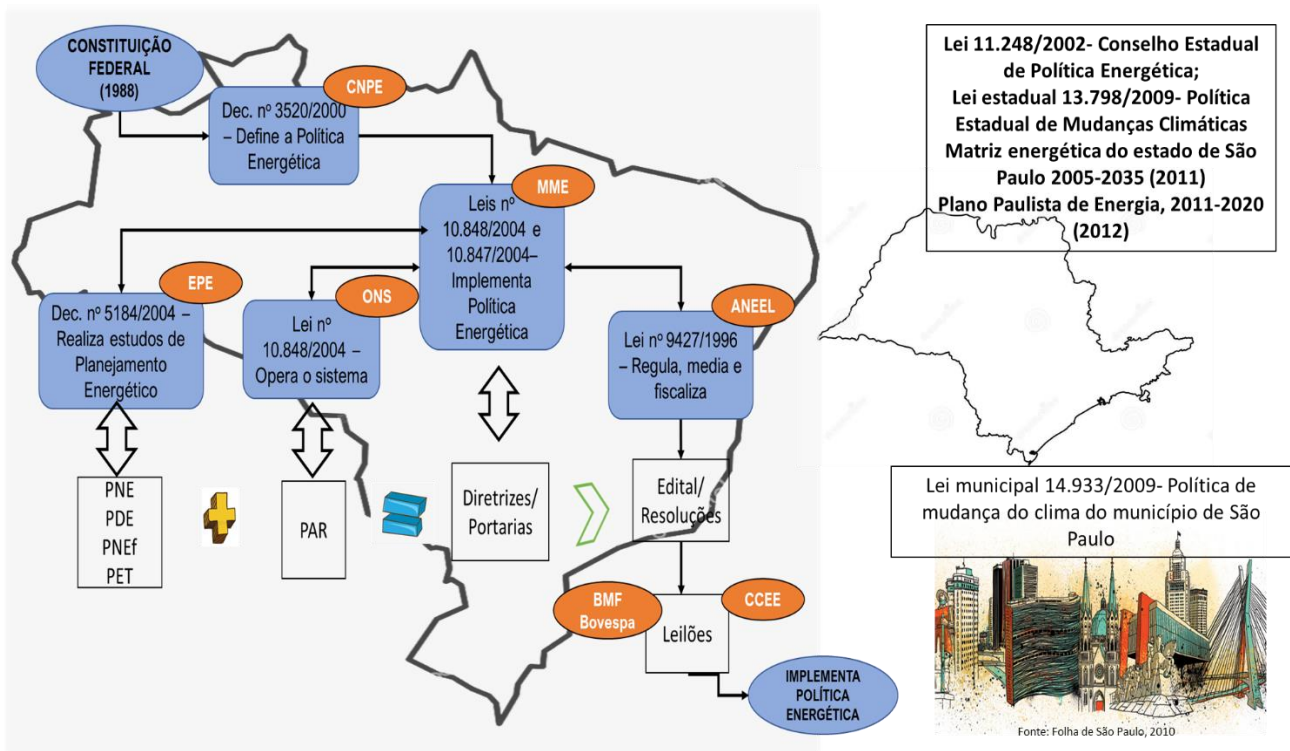
No que tange aos estabelecimentos das políticas e documentos do Planejamento Energético, a Figura 17 apresenta um fluxograma com a legislação vigente e os atores de influência, com análise específica para a cidade de São Paulo⁷⁶. Como é possível observar, em oposição ao que foi apresentado na Figura 16 sobre as políticas de Planejamento Urbano, a Política e Planejamento Energético acontece e é determinada no âmbito federal, constando apenas alguns documentos no âmbito estadual (política estadual de mudanças climáticas, matriz energética do estado e plano paulista de energia), e no âmbito municipal, apenas a política municipal de combate às mudanças climáticas de 2009.

Cabe, por fim, destacar que, institucionalmente, a Política e Planejamento Energético é atribuição do governo federal. Os documentos, estudos, e planos desenvolvidos no âmbito estadual buscam atuar na questão energética através da prerrogativa da lei estadual n. 11.248/2002, que criou o Conselho Estadual de Política Energética (CEPE) e definiu como umas de suas finalidades elaborar o Plano Estadual de Energia; e a lei n. 13.798/2009, que instituiu a Política Estadual de Mudanças Climáticas (PEMC), regulamentada pelo decreto n.

⁷⁶ Todos os documentos apresentados na Figura 16 foram analisados e utilizados na construção do modelo, a saber: Política Nacional de Energia 2030 e 2050 (BRASIL; MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2007; EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE, 2015), Planos Decenais de Expansão de Energia 2024 e 2026 (BRASIL; MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2015; EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE, 2017b), Plano Nacional de Eficiência Energética (BRASIL; MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2011), Matriz energética do estado de São Paulo (SECRETARIA DE ENERGIA DO ESTADO DE SP., 2011), Plano Paulista de Energia (CEPE, 2012) e a Lei municipal de mudanças Climáticas (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO-PMSP, 2009).

55.947, de 24 de junho de 2010, que em seu artigo 39 define o conteúdo mínimo do Plano Estadual de Energia. A cidade de São Paulo tem atuação pioneira no estabelecimento dessa lei; infelizmente, até o momento (2019), não foram constatados grandes avanços, sequer uma atualização do período de atuação, na teoria era até o ano de 2012.

Figura 17 – Fluxograma com a legislação vigente e os atores de influência no estabelecimento da Política e Planejamento Energético, análise específica para a cidade de São Paulo



Legenda:

CNPE- Conselho Nacional de Política Energética;
MME- Ministério de Minas e Energia
EPE- Empresa de Pesquisa Energética
ONS- Operador Nacional do Sistema Elétrico
ANEEL- Agência Nacional de Energia Elétrica
CCEE- Câmara de Comercialização de Energia Elétrica

Fonte: autora (2019).

Quanto à definição dos *drivers* físicos da megacidade de São Paulo, relativos às características da forma urbana, têm-se que os setores residenciais, de C&S, industriais, públicos (relacionados à administração, saúde, educação e cultura) somaram no ano-base (2014) 486 milhões de m² de ambiente construído em São Paulo, que possui uma cobertura

vegetal de cerca de 676 milhões⁷⁷ de m², e um total 1.521 km² de área municipal (dos quais 968 km² são designados como área urbana) – portanto, o nono maior município em extensão do país. Importante mencionar que, diante do intenso processo de conurbação (unificação da mancha urbana de duas ou mais cidades), as delimitações das fronteiras políticas, administrativas e de fluxos da megacidade se tornam cada dia mais indefinidas. Com relação aos *drivers* de localização e de recursos, vale destacar que São Paulo está localizada na região sudeste do país, possui clima considerado subtropical úmido – de acordo com a classificação climática Köppen-Geiger. A cidade está localizada junto à bacia do rio Tietê, que tem como sub-bacias os rios Pinheiros e Tamanduateí. O geógrafo Luiz de Campos Junior, fundador da iniciativa “Rios e Ruas da cidade de São Paulo”, que desde 2010 mapeia os rios e córregos subterrâneos da capital paulista, afirma que segundo descobrimentos de seu projeto, nenhum cidadão habitante da cidade está a mais de trezentos metros de distância de um curso de água⁷⁸. Por outro lado, não existem grandes lagos na região da cidade, apenas as represas Billings e Guarapiranga, localizadas nos subúrbios, criadas em 1926 e 1928, respectivamente, para atender as necessidades de produção de energia da Usina Hidroelétrica Henry Borden (Cubatão, SP) e Usina Hidrelétrica de Parnaíba (Santana do Parnaíba). No entanto, desde 1992 o bombeamento das águas do rio Pinheiros para o reservatório de Billings tem sido permitido apenas para controle de cheias, o que reduziu a produção de energia da Henry Borden em aproximadamente 75%. Tal uso do reservatório foi imposto como meio para redução do acúmulo de poluição na Represa Billings, direcionando o fluxo de água e a poluição em direção ao interior do estado – a represa também é utilizada para abastecimento de água potável pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp). A represa Guarapiranga, por sua vez, também tem como uso prioritário o abastecimento de água potável, controle de cheias, além de local destinado à realização de esportes náuticos.

Ainda sobre os *drivers* de recursos locais, verifica-se que a cidade de São Paulo produz em média 28 milhões de quilos de alimentos por ano (agricultura urbana) (SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTACIMENTO, 2009), 6.300 toneladas por dia de resíduos

⁷⁷ Dados estatísticos da Secretaria de Desenvolvimento Urbano / Info Cidade. Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/urbanismo/dados_estatisticos/info_cidade/demografia/index.php?p=260265>. Acesso em: 29 abril 2019.

⁷⁸ Disponível em: <https://www.saopaulosao.com.br/conteudos/outros/89-rios-que-foram-enterrados-com-a-urbanizacao-da-cidade.html?fbclid=IwAR29NDm-oADW90-FlAV_22RntN6l7YmX68DGTUF3iV_AeCeT_dmuBZ5V0ec>. Acesso em: 1 março de 2019.

orgânicos, trinta mil toneladas de lixo eletrônico, 104 milhões de m³ por ano de esgoto e 805 toneladas/dia de lodo de esgoto (REDE NOSSA SÃO PAULO, 2014). De 2007 a 2017, São Paulo foi a maior consumidora de eletricidade e gás natural de todo o estado de São Paulo (SECRETARIA DE ENERGIA DO ESTADO DE SP, 2007-2017). E, segundo o censo de 2010, 11% da população da cidade vive em habitações subnormais, com acesso muito limitado a serviços de energia (por exemplo, iluminação, refrigeração, cocção e mobilidade), bem como aos serviços de saneamento urbano e coleta de RSU (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE, 2010). O acesso limitado a serviços de energia é um dos destaques dos desafios que a cidade de São Paulo precisa enfrentar para fazer a transição para um sistema de energia urbano mais sustentável, assegurando recursos de energia limpa suficientes para melhorar a qualidade de vida, em particular a desses habitantes. Em 2014, a cidade possuía uma capacidade instalada de geração de eletricidade, dentro de seus limites, de 901,5 MW (BIG, ANEEL, 2017). A Tabela 1, a seguir, apresenta a capacidade instalada de geração de eletricidade por tipo de usina, número de unidades, capacidade total instalada (kW) e idade dos empreendimentos – de acordo com os cálculos do LEAP_SP, a capacidade instalada dentro dos limites da cidade é capaz de fornecer o valor de 4 TWh por ano.

Tabela 1 – Capacidade instalada de geração de eletricidade da cidade de São Paulo de acordo com a idade das usinas em 2014

Usinas	Mais de 20 anos		Com até 20 anos		Com até 10 anos		< 1 ano	
	# un.	Capacidade (kW)	# un.	Capacidade (kW)	# un.	Capacidade (kW)	# un.	Capacidade (kW)
Período	< 1993		1994-2003		2004-2014		2015-2017	
Óleo combustível	1	190 000	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Óleo diesel	8	17 407	37	69 233	105	123 722	24	25 975
Gás natural	n/a	n/a	3	8 385	11	416 150	5	12 478
Bagaço de cana	1	27	n/a	n/a	2	7 500	n/a	n/a
Biogás – RSU	n/a	n/a	n/a	n/a	2	26 184	n/a	n/a
Central Geradora Hidrelétrica - CGH	1	2 240	0	0	n/a	n/a	n/a	n/a
Solar	n/a	n/a	2	15	n/a	n/a	1	2 242
Total	11	209 674	42	77 633	120	573 556	30	40 695

n/a – não aplicável

Fonte: autora (2019). Baseado em: AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL, 2017.

O destaque para outra interessante descoberta desta pesquisa reside na caracterização da composição da matriz energética da megacidade. Em oposição ao atual portfólio nacional de geração de eletricidade, que tem alta participação de renováveis (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE, 2018), a cidade de São Paulo tem uma geração de eletricidade baseada em combustíveis fósseis em cerca de 93%. É importante notar que a geração fotovoltaica, em 2014, foi quase inexistente na cidade. O resultado contrasta com a recente publicação da revista *Applied Energy*, em que estudiosos comparam o metabolismo energético e urbano de 27 megacidades ao redor do mundo, e destacam a cidade de São Paulo com elevada participação de fontes de energia renováveis na sua matriz elétrica (FACCHINI et al. 2017). No entanto, vale ressaltar que os autores consideraram que a matriz elétrica de São Paulo é composta pela mesma união de elementos que a matriz nacional, eles não realizaram a análise da capacidade instalada, hoje, dentro dos limites da cidade – fato apontado como limitação metodológica no próprio trabalho.

3. *Design de cenários modelados no LEAP_SP*

Os dados utilizados para configurar o modelo e os valores do ano-base (2014) foram determinados de acordo com dados oficiais e públicos: o Relatório de Estatísticas Anuais de Energia do município; o Plano Diretor da cidade de São Paulo; o Plano de Mobilidade da cidade de São Paulo; o Plano Municipal de Saneamento Básico de São Paulo; o Plano Integrado de Gestão de Resíduos Sólidos da cidade de São Paulo; o Plano Energético do Estado de São Paulo; a matriz energética do estado de São Paulo; a pesquisa nacional sobre os hábitos de propriedade e uso de equipamentos; os inquéritos de mobilidade nacionais e municipais, os relatórios de mobilidade de 2016 e o último recenseamento nacional. Já as tendências futuras foram apoiadas pelos planos nacionais de energia e relatórios e políticas tais como o Plano Nacional e Estadual de Energia e outros documentos relacionados (CEPE, 2012; EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE) / MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME), 2017, 2016b, 2016c, 2007; MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME), 2015, 2011, 2015a, 2013b, 2011). Também foram utilizados os anuários estatísticos de consumo de energia municipal do estado de São Paulo (2007-2012/ 2014-2017), além de uma extrapolação da taxa observada de consumo de energia e de energéticos da cidade para projetar a evolução do uso até 2030.

Ainda, para analisar o impacto da adoção de diferentes políticas e estratégias de Planejamento Urbano e Energético dentro do sistema energético e urbano da cidade de São Paulo, foram desenvolvidos quatro cenários: i) Cenário de Referência (C_REF); ii) Cenário de estratégias de Planejamento Energético (C_PE); iii) Cenário de estratégias de Planejamento Urbano (C_PU); iv) Cenário de integração Planejamento Energético Urbano (C_PEU) – todos com as mesmas taxas de crescimento para cada um de seus pressupostos (Quadro 9). O cenário C_REF é o *business as usual*, que considera, de um lado, políticas urbanas e energéticas em andamento, por outro, adoção das taxas historicamente observadas de consumo e suprimento de energia no município pelo período de 2007 a 2016, segundo os relatórios anuais de consumo energético por município do estado de São Paulo. Nesse cenário, a demanda de energia da cidade foi identificada para cada setor e recurso de energia, e traduzida em taxas anualizadas e reproduzidas ao longo do período modelado (2014-2030). Já os cenários C_PE e C_PU adotam as mesmas taxas de crescimento projetadas para o cenário C_REF, mas em C_PE e C_PU foram simulados grupos adicionais de estratégias do Planejamento Energético e do Planejamento Urbano, respectivamente. Por fim, o quarto cenário, o C_PEU, combina os cenários C_PU e C_PE, e visa quantificar as sinergias obtidas através da integração das estratégias do Planejamento Urbano e do Planejamento Energético.

O Quadro 11 apresenta todas as estratégias e soluções propostas para os quatro cenários, de acordo com a matriz de integração entre PE e PU, e destaca os setores nos quais os cenários foram simulados, e os efeitos principais e colaterais esperados da aplicação de cada estratégia. Nesta tese, considera-se como definição de efeito principal, o resultado esperado/desejado de implementação de cada estratégia (adaptado de: SIMOES; HUPPES; SEIXAS, 2015), assim como o efeito colateral e os cobenefícios da implementação dessas mesmas estratégias não necessariamente esperados ou planejados.

A divisão entre efeito principal e efeito colateral foi usada para alocar as estratégias modeladas em estratégias de PU e estratégias de PE. Isto posto, se a estratégia teve como efeito principal o alcance de uma meta de energia – economia de energia, redução de emissão de GEE ou redução da conta de energia, por exemplo –, ela foi considerado como de PE, mesmo que fosse normalmente desenvolvida e/ou atribuída ao PU. Ou seja, todas as estratégias de construção passiva estão, em geral, relacionadas aos atributos do PU e do urbanismo, no entanto, tal estratégia tem como objetivo principal a redução da demanda de energia, portanto, tal estratégia foi considerada como pertencendo ao cenário C_PE. Assim como é o caso das seguintes estratégias selecionadas: iluminação natural, aquecimento solar de água, energia solar fotovoltaica e cogeração industrial.

Quadro 11 – Estratégias de políticas de PE e PU consideradas nos cenários modelados

#	Soluções simuladas/modeladas	C_PE	C_PU	Setores simulados	Efeitos principais desejados	Efeitos colaterais
<u>1</u>	<u>Sem uso de querosene para iluminação</u>		✓	Residencial	Melhorar a qualidade do serviço de energia de iluminação	Reduzir os riscos para a saúde
<u>2</u>	<u>Mais refrigeração eficiente</u>	✓			Economia energia: EE	Reduzir a conta de energia
<u>3</u>	<u>Mais aquecimento de água solar</u>	✓			Reduzir a dependência de importações de energia exógena, economizar energia (EC) e reduzir as emissões de GEE	Reduzir a conta de energia e o pico de carga
<u>4</u>	<u>Mais iluminação à LED</u>	✓		Residencial; C&S; prédios públicos e saneamento	Economia de energia: EE	Reduzir a conta de energia
<u>5</u>	<u>Mais ar condicionado eficiente</u>	✓		Residencial; C&S; e prédios públicos	Economia de energia: EE	Reduzir a conta de energia
<u>6</u>	<u>Gestão de energia – edifícios</u>	✓			Economia de energia: EC	
<u>7</u>	<u>Com Iluminação natural</u>	✓				Reduzir a conta de energia, melhorar o bem-estar dos usuários do edifício
<u>8</u>	<u>Reuso de água – águas cinzas e substituição tecnológica (<i>dual flush</i>)</u>		✓	Residencial; C&S; e saneamento	Economia de água	Diminuir a demanda de energia, reduzir a conta de água e de energia.
<u>9</u>	<u>Novas áreas verdes – de 100 parques para 167 parques</u>		✓	Residencial e C&S	Melhorar a qualidade de vida dos cidadãos	Melhorar a saúde, diminuir impacto das ilhas de calor, reduzir a criminalidade e reduzir o consumo de energia (entre outros)
<u>10</u>	<u>Mais bombas de água eficientes</u>	✓		Residencial; C&S; e saneamento	Economia de energia: EE	Reduzir a conta de energia
<u>11</u>	<u>Iluminação pública à LED</u>	✓		Iluminação pública	Economia de energia: EE	Reduzir a conta de energia
<u>12</u>	<u>Cogeração industrial</u>	✓		Industrial	Economia de energia: EE	Reduzir a conta de energia, aumentar a competitividade
<u>13</u>	<u>Gestão de energia – indústria</u>	✓			Economia de energia: EC	
<u>14</u>	<u>Gestão de energia – saneamento</u>	✓		Saneamento	Economia de energia: EC	Reduzir a conta de energia
<u>15</u>	<u>Sem uso de combustíveis fósseis no transporte público (coletivo)</u>	✓		Mobilidade urbana	Diminuir as emissões de GEE	Economizar energia: EE

#	Soluções simuladas/modeladas	C_PE	C_PU	Setores simulados	Efeitos principais desejados	Efeitos colaterais
16	<u>Mais carros elétricos - todos os táxis da cidade</u>		✓		Melhorar a qualidade do ar e a saúde pública e reduzir as emissões de GEE	Economizar energia, reduzir a conta de energia e a dependência de importações exógenas de combustíveis
17	<u>Mais Transporte Coletivo - como preconizado pelo Plano Mob</u>		✓		Melhorar a qualidade do ar e a saúde pública, reduzir as emissões de GEE e o trânsito (engarrafamento)	Economizar energia, reduzir a conta de energia, viabilizar o transporte público (demanda x oferta)
18	<u>Mais ciclismo - como preconizado pelo Plano de Mobilidade</u>		✓		Melhorar os fluxos de mobilidade dentro da cidade e melhorar a qualidade do ar	Economizar energia, reduzir as emissões de GEE e melhorar a saúde
19	<u>Mobilidade não motorizada ou ativa – impacto da acessibilidade</u>		✓			
20	<u>Mobilidade não motorizado ou ativa – impacto do uso misto</u>		✓			
21	<u>Menos perdas – sistema de energia</u>	✓		Transmissão e distribuição	Economia de energia: EE	Reduzir a conta de energia
22	<u>Retrofit usinas antigas</u>	✓		Geração de energia	Garantir o fornecimento de energia (segurança energética) e a economia monetária por não investir em novas infraestruturas	Reduzir a conta de energia
23	<u>Mais PV – 16,5% da área de telhados do setor residencial e C&S</u>	✓			Reduzir a dependência de importações de energia exógena, economizar energia e reduzir as emissões de GEE	Reduzir a conta de energia e o pico de carga
24	<u>Eletricidade – biodigestor RSU</u>		✓		Reduzir os fluxos de RSU na cidade, reduzir a dependência de importações de energia exógena	Economizar energia e reduzir as emissões de GEE
25	<u>Eletricidade – biodigestor lodo de esgoto</u>		✓			
26	<u>Eletricidade – biodigestor restos de podas</u>		✓			
27	<u>Eletricidade – biodigestor restos agricultura urbana</u>		✓		Reduzir os fluxos de RSU na cidade	Economizar energia e reduzir as emissões de GEE
28	<u>Eletricidade – biodigestor restos pecuária urbana</u>		✓			
29	<u>Eletricidade – cogeração saneamento</u>	✓			Reduzir a conta de energia	Aumentar a receita vendendo eletricidade e diminuindo as emissões de GEE

3.1 Pressupostos detalhados para modelar a matriz de soluções integradas no LEAP_SP

Para modelar cada uma das estratégias da matriz de soluções integradas apresentadas no Quadro 11, foi necessário realizar um processamento intensivo na combinação de dados com premissas quantitativas, conforme detalhado abaixo:

- *Sem uso de querosene para iluminação*: foi modelado para o setor residencial através da substituição total do consumo deste combustível (em 2014, totalizou 980 kwh de demanda) por eletricidade até 2030;
- Estratégias de substituição tecnológica: *refrigeração mais eficiente, mais iluminação a LED; mais ar condicionado eficiente e bombas de água mais eficientes* foram simuladas considerando uma taxa duas vezes maior i) da posse para essas tecnologias do que o previsto nos documentos oficiais do governo (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE, 2016); ii) ou da taxa de posse dos mesmos equipamentos observadas no ano-base (ELETROBRAS; PROCEL-INFO, 2007). Em casos como os de *bombas de água mais eficientes*, onde não haviam dados disponíveis, considerou-se que as opções tecnológicas mais eficientes⁷⁹ para esses usos finais representariam até 10% do estoque de tecnologia correspondente até 2030;
- *Sem uso de combustíveis fósseis no transporte público (coletivo)*: foi modelado através da eliminação da demanda por diesel até 2030 nos ônibus da cidade, conforme proposto pela política de mudanças climáticas (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO- PMSP, 2009). A demanda de diesel foi substituída por etanol;
- *Iluminação pública com LED*: considerou que a cidade substituirá todas as lâmpadas de mercúrio e sódio por tecnologia LED até 2030, como apontado nas metas do programa ILUME (2007);
- *Mais aquecimento de água solar* pressupõe uma taxa de crescimento duas vezes maior do que o previsto nos documentos governamentais oficiais nacionais (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE, 2016);
- *Cogeração industrial* considerou que o potencial de economia de eletricidade de 20% do consumo total de eletricidade poderia ser atingido até 2030 (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA, 2017);

⁷⁹ As intensidades dos equipamentos e dispositivos eficientes foram determinadas de acordo com o previsto pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) para o uso de classificação mais eficiente em relação ao mesmo padrão de aparelho e serviço. A análise sobre os vários tipos de eletrodomésticos e tecnologias disponíveis no mercado não foi levada em consideração.

- *Estratégias de gestão de energia* para indústria e edifícios considerou 10% de economia de energia (BRASIL; MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2007); e para o setor de saneamento foi considerado que uma economia de 15% de energia poderia ser alcançada até 2030 (BRASIL; MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2011);
- *Reuso de água – águas cinzas e substituição tecnológica (dual flush)*: tal estratégia foi considerada para os setores residenciais, de C&S e prédios públicos. Foi inserida no modelo através do cálculo de economia de água (em torno de 670 milhões de m³ por ano) resultante da aplicação da metodologia proposta por teóricos em 2011 (PROENÇA et al.), o que levaria a uma menor demanda de bombeamento de água para *uso nas descargas, reutilizando águas cinzas*. O valor de energia economizada corresponde ao valor de água potável economizada;
- *Novas áreas verdes*: o efeito da criação de novas áreas verdes e seu impacto na refrigeração (simulado como uma redução no uso de ar condicionado) foi considerado com base nas políticas determinadas pelo Plano Diretor de 2014, que visa a criação de 67 novos parques em São Paulo (de cem parques no ano-base, para 167 parques em 2030). Para tanto, foi utilizado o Q-GIS⁸⁰ (*Quantum Georeferencing System* – Sistema de Georreferenciamento), no qual foram identificados a localização e o tamanho das novas áreas verdes. Os dados foram cruzados com as informações das zonas residenciais e de C&S, para estimar as áreas dos setores que seriam impactadas pelo efeito de resfriamento das áreas verdes atuais e futuras em São Paulo. Foi considerado um alcance máximo de efeito de resfriamento das áreas verdes de oitocentos metros de distância, com um efeito máximo de 10% de economia de energia e um fator de impacto com decaimento de 0,75 para cada duzentos metros de distância entre a área verde e a área residencial e/ou C&S (SHASHUA-BAR; HOFFMAN, 2000). O tamanho das áreas verdes não foi considerado, assim como também não foi medido o impacto potencializado de várias áreas verdes. A Tabela 2 apresenta o percentual de áreas impactadas pelo efeito de resfriamento das áreas verdes atuais e futuras em São Paulo. A Figura 18 ilustra a localização dos setores residenciais e de C&S, assim como a localização das áreas verdes na cidade, além de mostrar as áreas impactadas (faixas azuis e vermelhas) e áreas não impactadas (cinzas), por faixa de influência:

⁸⁰ Disponível em: <https://www.qgis.org/pt_BR/site/>. Acesso em: 26 abril 2019.

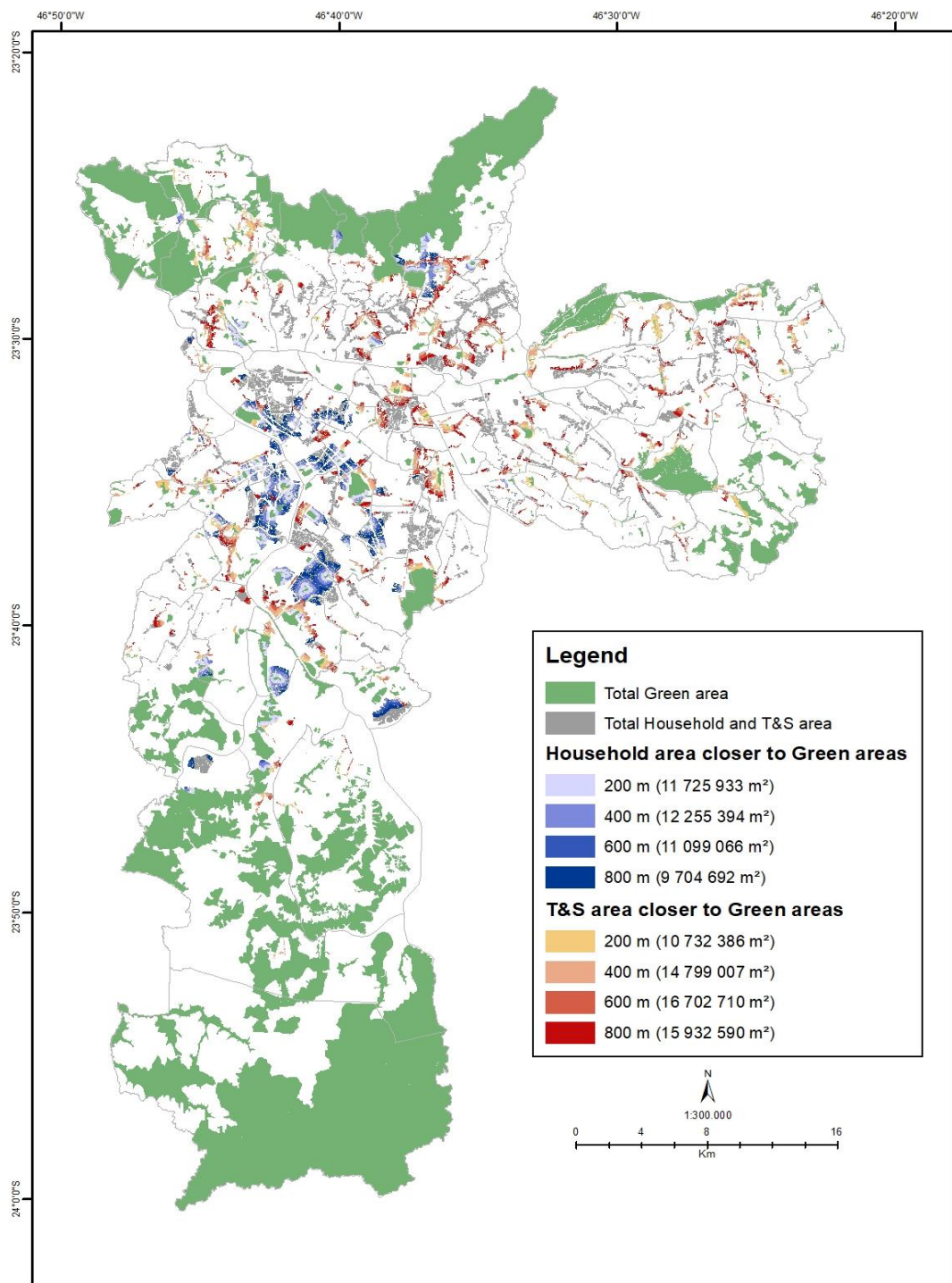
Tabela 2 – Evolução da proximidade entre residências e de C&S e as áreas verdes na cidade de São Paulo segundo metas do Plano Diretor da cidade⁸¹

Distância em m ² do setor residencial (...) das áreas verdes atuais.		% em 2014	Distância em m ² do setor residencial (...) das novas áreas verdes planejadas		% em 2030
200 m		1,6%	200 m		1,7%
400 m		1,9%	400 m		2,7%
600 m		1,8%	600 m		3,2%
800 m		1,8%	800 m		3,6%
Total		8%	Total		12%
Distância em m ² do setor C&S (...) das áreas verdes atuais.		% em 2014	Distância em m ² do setor C&S (...) das novas áreas verdes planejadas		% em 2030
200 m		3,0%	200 m		8,5%
400 m		2,9%	400 m		11,4%
600 m		2,6%	600 m		12,7%
800 m		2,6%	800 m		11,5%
Total		11%	total		44%

Fonte: autora (2019).

⁸¹ Tradução da legenda da imagem, em ordem: total de área verde (em verde); total de área residencial e de C&S (em cinza); áreas residenciais próximas às áreas verdes (em escala de tons de azul); total de área de C&S próximas às áreas verdes (em tons de vermelho).

Figura 18 – Mapa da cidade de São Paulo com a faixa de influência das áreas verdes (de menos de 200 metros até um máximo de 800 metros de distância) das áreas demarcadas como residenciais e de C&S



Fonte: mapa elaborado por Humberto Malheiros em 2018.

- *Iluminação natural*: foi considerada como uma estratégia de arquitetura passiva e modelada para o setor de C&S e de prédio públicos com um impacto de até 30% de economia de energia (tais setores têm maior potencial de aplicação dessa estratégia uma vez que é justamente no horário de maior incidência de iluminação natural que a maior parte dos habitantes das cidades estão em jornada de trabalho) e 15% de poupança de energia foi considerada para o setor residencial;

- *Mais carros elétricos*: foi simulado através da transferência total da frota de táxis da cidade que usavam combustíveis fósseis ou etanol por eletricidade;

- *Mais transporte coletivo e mais ciclismo*: consideraram as metas do Plano de Mobilidade da cidade (2016), nomeadamente 70% dos passageiros transportados por transporte coletivo e 30% por transporte individual (sendo que no ano-base a porcentagem era de 56% para o transporte público e 44% para o transporte individual). No caso do ciclismo, a meta considera aumentar as viagens de bicicleta de 0,6% para 3,2% (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2016);

- *Mobilidade não motorizada ou ativa*: considerando seu impacto por meio de estratégias de maior acessibilidade e de uso misto do solo urbano), presumiu-se que 7% dos paulistanos que utilizavam carros na cidade em 2014 e que eram fisicamente aptos fariam a transição do carro para a bicicleta. Para estimar a quantidade de pessoas fisicamente aptas na cidade de São Paulo para fazer a transição foi feita a subtração do percentual de indivíduos com deficiência na cidade (24% da população, segundo o último censo) e considerou-se apenas os indivíduos entre a faixa etária dos quinze aos 49 anos (MARINS; ROMÉRO, 2013), ou seja, 1.887.225 passageiros.

- Estratégias referentes à oferta: *menos perdas; retrofit de usinas antigas, mais PV –16,5% de telhados do setor residenciais e de C&S; eletricidade usando biodigestores para RSU, lodo de esgoto, resíduos de poda, resíduos da agricultura urbana, resíduos da pecuária e cogeração saneamento*: buscou-se estimar o potencial local com recursos endógenos para aumentar a geração de eletricidade na cidade. Para tanto, foram consideradas as seguintes possibilidades: i) potencial de uso dos telhados para geração fotovoltaico dos setores de C&S e residenciais; ii) biogás proveniente do esterco da pecuária urbana, poda de parques e outras áreas verdes, tratamento dos RSU, resíduos de biomassa de agricultura urbana, e potencial do uso do esgotos e do lodo do esgoto para cogeração no setor de saneamento. Detalhes sobre os materiais, métodos e premissas adotadas para calcular o potencial endógeno de São Paulo são apresentados de forma resumida no Quadro 12, que também fornece resumo da abordagem e

das premissas utilizadas para estimar o potencial da megacidade para atuar na geração de eletricidade local com recursos endógenos.

Quadro 12 – Resumo das abordagens e pressupostos utilizados para estimar o potencial de geração de eletricidade da cidade com recursos endógenos e renováveis

Fontes RES e endógenas	Abordagem e premissas consideradas
Potencial fotovoltaico	a) radiação solar incidente média anual por estação na cidade de 4,59 kWh / m ² dia (SECRETARIA DE ENERGIA DO ESTADO DE SP., 2013a); b) as áreas de telhados disponíveis, aptas e economicamente viáveis consideradas foram de 16,5% para os setores residencial e de C&S (EPE, 2014); c) 357 milhões m ² em 2014 (total de m ² dos setores residencial e C&S) (SMDU; DEINFO, 2014); d) eficiência considerada de 16% (GREENPEACE, 2016), e 80% de rendimento total do sistema (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE, 2014; KONZEN, 2014).
Produção de biogás a partir de RSU	a) 6300 t/dia de RSU gerados no ano-base (REDE NOSSA SÃO PAULO, 2014); b) 4597 t/dia em 2030 (o novo número foi determinado considerando a taxa de crescimento populacional esperada para São Paulo e a implementação com sucesso da meta de redução de resíduos de acordo com o Plano de Gestão integrada de RSU do município); c) uma tonelada de compostos orgânicos voláteis produz por volta de 400 m ³ de CH ₄ ; d) o metano, em condições normais, possui poder calorífico inferior a 9,9 kWh / m ³ ; e) foram considerados 23% de compostos orgânicos voláteis nos resíduos (ROCHA, 2016).
Produção de biogás a partir de resíduos da agricultura urbana	a) 28 milhões de quilos de alimentos produzidos na cidade (produção média anual de alimentos a partir de culturas perenes e temporárias) (SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTACIMENTO, 2009); b) 8% de produção de resíduos (COMITÊ INTERSETORIAL PARA A POLÍTICA MUNICIPAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 2014); c) 2 kt de resíduos alimentares para a produção de biogás ⁸² .
Produção de biogás a partir de resíduos da pecuária	a) para estimar o potencial de produção de metano foi considerado o tipo de criação de animais: bois (206 cabeças), aves (148590 cabeças), e porcos (734 cabeças) – todos os dados são do IBGE, de 2014; b) equação de fluxo de metano usada: $Q_{CH_4} \left(\frac{m^3}{h} \right) = \left[\left(\frac{d}{m} \right) * (h * tm * bp * bmc) \right] / msv$ Na qual: QCH ₄ (m ³ /h)= fluxo total de metano em m ³ por hora; d = número de dias; m = mês; h = número total de cabeças; tm = total de esterco; bp = produção de biogás; bmc = concentração de metano no biogás; msv = volume específico do metano ⁸³
Produção de biogás a partir de resíduos de poda e manutenção	a) 140 t/dia de resíduos (COMITÊ INTERSETORIAL PARA A POLÍTICA MUNICIPAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 2014); b) 909 t/dia até 2030 (considerou-se uma relação linear entre a nova quantidade de m ² de áreas verdes e os resíduos de poda observados no ano-base, tendo como referência a mudança de cem parques para 167 parques e a nova metragem acrescentada).

⁸² Dada a falta de atualização dados e a pequena porcentagem de participação desta fonte na geração de eletricidade, este potencial não supõe evoluções até 2030. O mesmo foi aplicado para os resíduos da pecuária.

⁸³ O número de dias considerados foi de 365, valores específicos podem ser encontrados em Barbosa e Langer (2011); Coluna (2016); CETESB (2017); e Møller et al. (2004).

das áreas verdes	
Produção de biogás a partir do lodo de esgoto	<ul style="list-style-type: none"> a) capacidade de tratamento de esgoto atual na cidade é de 3,3m³/s (duas estações de tratamento de esgoto dentro dos limites da cidade denominadas ETE Novo Mundo e ETE São Miguel); b) capacidade de tratamento de esgoto de 10,5 m³/s em 2030; c) 1 m³ de esgoto pode gerar 85,6 NL de biogás; d) PCI do biogás de 6,47 kWh/m³; e) 33% de eficiência na conversão (BRASIL, 2015); f) 805 t/dia de lodo de esgoto no ano-base; g) 1 t de lodo tem 70% de compostos orgânicos voláteis; h) 0,8m³/ kg compostos orgânicos voláteis destruídos (BRASIL, 2015).
<i>Retrofit</i> de usinas antigas	<ul style="list-style-type: none"> a) CGH aumento da capacidade de acordo com Bianchi (2002); b) <i>retrofit</i> das usinas de diesel, GN e bagaço para aumentar a vida útil e garantir a capacidade instalada por mais tempo.
Menos perdas	<ul style="list-style-type: none"> a) as perdas aceitáveis nas linhas de transmissão e distribuição giram em torno de 10% (BERMANN, 2007).

Fonte: autora (2019).

Dessa forma, para simular o potencial de crescimento da geração de eletricidade da cidade, foram consideradas a adição de um biodigestor com capacidade de 99 kW para o biogás proveniente da pecuária urbana, um biodigestor de 3430 kW para o biogás proveniente da biomassa de poda das áreas verdes, três biodigestores de 58157 kW de biogás provenientes dos RSU, dois biodigestores para 120 kW de biogás dos resíduos da agricultura urbana, seis biodigestores de 48840 kW para o biogás do lodo do esgoto, 174471 kW para três biodigestores para cogeração a partir do biogás produzido no processo de saneamento, e uma implantação máxima de 5180 MW de PV (considerando o uso de telhados dos setores de C&S e residenciais).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção apresenta os resultados do modelo no que se refere à implementação das estratégias urbanas e energéticas selecionadas para a megacidade de São Paulo. Em primeiro lugar, demonstram-se os resultados para o cenário C_REF, em termos de consumo de energia final, geração de energia e emissões de GEE. Na sequência, promove-se uma comparação entre os mesmos resultados para os outros três cenários: C_PE, C_PU e C_PEU. Por fim, demonstra-se o impacto, individual, de cada estratégia na economia de energia e na redução das emissões de GEE, e as sinergias da atuação em PEU são quantificadas⁸⁴.

1. Consumo final de energia na megacidade: C_REF

De acordo com a análise dos dados históricos de consumo de energia de São Paulo⁸⁵, de 2007 a 2017 houve aumento progressivo na demanda por eletricidade nos edifícios da cidade. Por outro lado, todos os recursos de energia consumidos no setor industrial, transporte aéreo e de iluminação pública apresentaram redução significativa de demanda. Tal resultado pode estar relacionado à queda das atividades econômicas tanto do setor industrial quanto do setor de transporte aéreo. Já no caso da iluminação pública, a atual política municipal de substituição de lâmpadas de mercúrio e sódio por LEDs (PMSP, 2007) resultou em diminuição da intensidade energética, verificada na redução de demanda de energia desse setor no período citado.

Os resultados do modelo mostram que em 2014, o recurso energético mais consumido foi a eletricidade, com 36% de participação na demanda final de energia na cidade (132 PJ), seguida pela gasolina 25% (92 PJ) e pelo diesel (16% – 60 PJ). Juntos, esses recursos representam 77% das necessidades de recursos energéticos da megacidade de São Paulo. Segundo resultados do modelo, até 2030 a eletricidade manterá sua liderança com 35% (220 PJ) do total do consumo, seguida novamente pela gasolina (25% – 156 PJ) e pelo diesel e etanol, com 13% de participação no consumo final de energia da cidade (81 PJ).

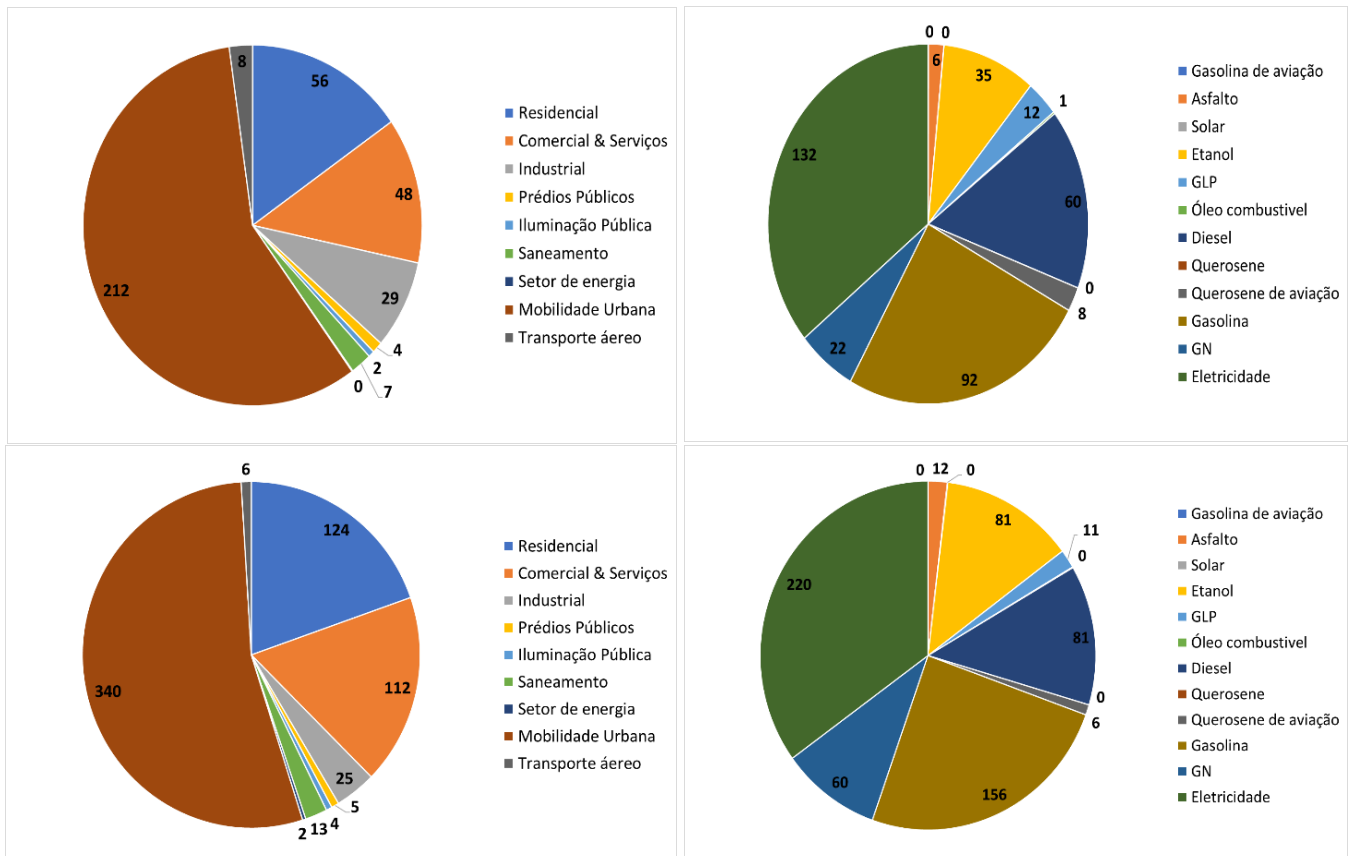
Em 2014, o setor mais energointensivo da cidade foi o setor de mobilidade urbana, que exigiu 212 PJ no ano, o que equivale a 58% do consumo de energia final, seguido pelo setor residencial com 56 PJ, 15% do consumo final de energia, e pelo setor de C&S, com 48 PJ,

⁸⁴ O Anexo II – Consumo Final de energia por recurso energético, setor e cenário.

⁸⁵ Foram consultados os relatórios: o Balanço Energético Nacional 2015, de autoria do Ministério de Minas e Energia (MME), e os anuários estatísticos de energéticos por município no estado de São Paulo, de autoria da Secretaria de Energia do Estado de São Paulo (2017, 2016, 2013a, 2012, 2010a, 2010b, 2008, 2007).

representando 13% do consumo final. Segundo resultados do modelo, essa classificação setorial não será alterada até 2030, ou seja, a mobilidade urbana representará 340 PJ (54%, do consumo final), o setor residencial com 20% do consumo final (124 PJ) e de C&S com 18% (112 PJ) (ver Figura 19).

Figura 19 – Consumo final de energia da megacidade de São Paulo, em PJ, no período de 2014, gráficos acima, e 2030, gráficos abaixo⁸⁶



Fonte: autora (2019).

Sobre os resultados de consumo de energia setorial, importante destacar a diferença dos resultados obtidos para cidade, com os que refletem a demanda nacional - que convém mencionar, é o dado padrão para proposição das Políticas Energéticas nacionais, no qual os setores mais energointensivos são transporte e indústria (BRASIL; MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2018), enquanto que em São Paulo, no ano analisado, os setores mais demandantes de energia foram transporte (mobilidade) e residencial. Tal resultado demonstra o potencial de efficientização do PEU para proposição de políticas públicas contextualizadas e

⁸⁶ À esquerda, os setores da cidade; à direita, as fontes de energia.

embasadas localmente, uma vez que a formulação de políticas de economia de energia, por exemplo, pensadas a partir dos dados nacionais, teria no caso da megacidade de São Paulo, baixa eficiência e eficácia uma vez que o setor industrial, no caso, tem pouca participação no consumo de energia final da cidade.

Os resultados do modelo sobre a evolução total do consumo final de energia na cidade para o cenário C_REF mostram um aumento de 264 PJ entre 2014 e 2030, representando um crescimento de 72% na demanda de energia da cidade (de 367 PJ para 630 PJ) até o ano final. Sobre a demanda de recursos energéticos, têm-se que, em 2014, 36% da composição da demanda de energia em São Paulo era de *RES* (133 PJ) e os restantes 64% eram de combustíveis fósseis (234 PJ). Até 2030, o consumo de energia dos combustíveis fósseis atingirá cerca de 61% (383 PJ) e de *RES* 39% (247 PJ). Essa composição majoritária de combustíveis fósseis na demanda final de energia é causada, em especial, pelo setor de mobilidade urbana (admitindo que o transporte rodoviário e o transporte aéreo são caracterizados por uma demanda de 76% e 100% de fósseis, respectivamente). Em segundo lugar, está o setor energético com 70% do consumo final de energia composto por fontes fósseis; e em terceiro lugar, o setor industrial, com 67% do consumo de energia também provenientes dessas fontes.

Os setores com maior participação de *RES* em seu consumo foram prédios públicos, iluminação pública e saneamento – todos com 75%. No entanto, é preciso esclarecer que para esses setores os únicos dados disponíveis de demanda de energia correspondem ao consumo de eletricidade. Nesse sentido, para aprofundar a análise sobre a categorização do consumo e tipos de energéticos usados na cidade, toda a eletricidade consumida, que é basicamente importada da rede, foi dividida pela composição da eletricidade gerada no Brasil no ano-base (2014), ou seja 75% da geração de energia elétrica no país naquele ano foi proveniente de fontes *RES*, enquanto 25% utilizou fontes fósseis (ver Tabela 3).

Tabela 3 – Resultados do cenário C_REF: consumo fóssil e RES na cidade de São Paulo (2014-2030)

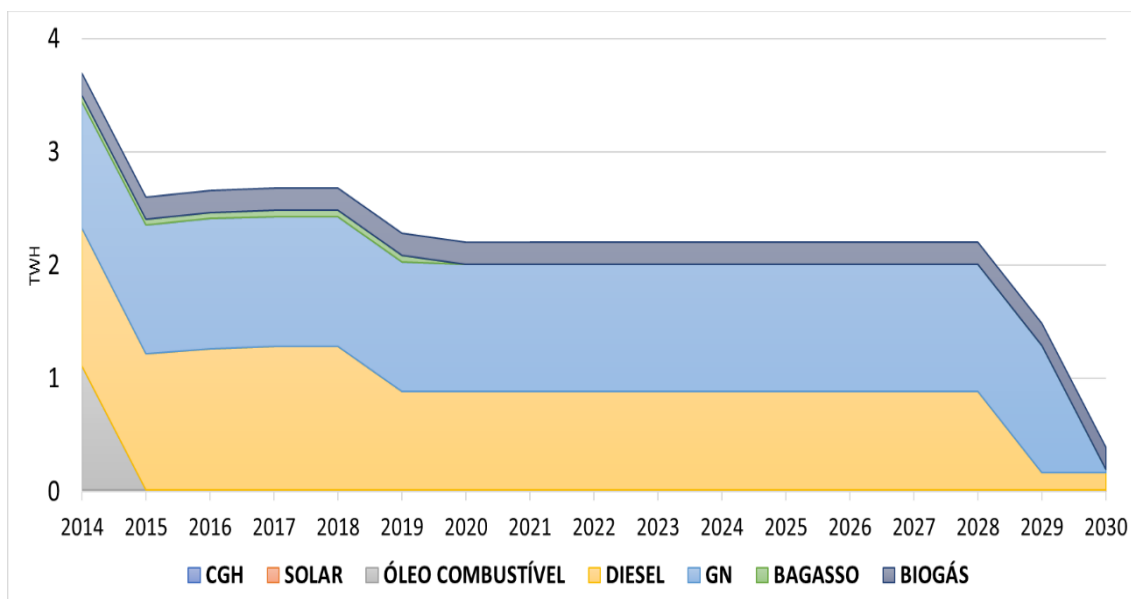
Setores da megacidade	Tipos de recursos energéticos	2014		2030	
		ano-base (PJ)	%	ano final (PJ)	%
Residencial	Fóssil	25	45%	74	60%
	RES	31	55%	50	40%
C&S	Fóssil	16	34%	33	30%
	RES	32	66%	79	70%
Industrial	Fóssil	19	67%	19	78%
	RES	10	33%	5	22%
Prédios públicos	Fóssil	1	25%	1	25%
	RES	3	75%	3	75%
Iluminação pública	Fóssil	1	25%	1	25%
	RES	2	75%	3	75%
Saneamento	Fóssil	2	25%	3	25%
	RES	6	75%	10	75%
Setor energético	Fóssil	0	70%	2	96%
	RES	0	30%	0	4%
Mobilidade urbana	Fóssil	161	76%	243	72%
	RES	51	24%	97	28%
Transporte aéreo	Fóssil	8	100%	6	100%
	RES	0	0%	0	0%
Total	Fóssil	234	64%	383	61%
	RES	133	36%	247	39%
	Fóssil + RES	367	100%	630	100%

Fonte: autora (2019).

2. Geração de eletricidade na megacidade: C_REF

Sobre a produção de eletricidade, espera-se uma redução acentuada na capacidade instalada das usinas urbanas devido à previsão de desativação em 2019 e 2029, em decorrência do tempo de vida útil dessas usinas (ver Tabela 1). Ou seja, na megacidade, serão menos 824 MW de capacidade instalada até 2030. A Figura 20 mostra a produção local de eletricidade entre 2014 e 2030. Considerando o encerramento das atividades dessas usinas, estima-se uma diminuição de aproximadamente 89% da capacidade instalada nesse período.

Figura 20 – Produção local de eletricidade de São Paulo em C_REF (2014-2030)



Fonte: autora (2019).

Observa-se que a matriz energética para geração de eletricidade dentro do município de São Paulo, em 2014, é majoritariamente para autoprodução de eletricidade para o setor industrial, sendo baseada principalmente em recursos de energia fóssil, representando 93% da produção de eletricidade da cidade. O diesel, por sua vez, representou 33%, o GN 30%, ao lado do óleo combustível, também com 30%. Ao considerar a desativação das antigas usinas, a parcela de geração de energia elétrica baseada em *RES* irá aumentar em até 53% em 2030. No entanto, a eletricidade total gerada irá diminuir de 3,7 TWh para 0,4 TWh.

Com relação à origem da energia consumida na cidade, os recursos endógenos representam uma pequena parcela do consumo de energia final total no cenário C_REF. No ano-base, apenas 4% da energia final total consumida foi fornecida de forma endógena (dos 367 PJ demandados em 2014, apenas 13PJ foram fornecidos por geração local), o que demonstra uma fragilidade em termos de segurança energética.

3. Emissões de gases de efeito estufa da megacidade: C_REF

A mobilidade urbana foi o setor que mais contribuiu para as emissões de GEE em 2014 (74% — doze milhões de toneladas métricas de CO₂e.), seguido pelas residências, com 9% das emissões, e das indústrias, com 7%. A gasolina é o recurso de energia responsável pela maior parte das emissões de GEE (6,5 milhões de toneladas métricas de CO₂e, o que, em 2014, representou 40%. O diesel, por sua vez, contribuiu com 27% o gás natural com 12%.

Tabela 4 – Expectativas de crescimento das emissões de GEE da cidade segundo o cenário C_REF, em milhões de toneladas métricas CO₂e.

Métricas de desempenho	C_REF 2014	C_REF 2030
Emissões totais	20,7	31,5
tCO₂e/habitante	1,8	2,6

Fonte autora (2019).

De acordo com a

Tabela 4 e considerando o cenário de C_REF, haverá um aumento de 43% nas emissões de GEE na cidade de São Paulo até o ano de 2030 (de 20,7 milhões de tCO₂e, para 31,5 milhões). Isso significa que, em termos de análise de políticas públicas, se a cidade mantiver as taxas históricas de demanda de energia, o município não cumprirá com as metas estabelecidas em sua política de mudanças climáticas de reduzir em 30% as emissões urbanas⁸⁷. Em 2014, as emissões de GEE *per capita* foram de 1,8 tCO₂e/habitante e, em 2030, poderão chegar a 2,6 tCO₂e/habitante, no cenário C_REF, que replica as condições vigentes de uso da energia urbana em São Paulo.

4. Análise dos cenários de Planejamento Energético (C_PE), Planejamento Urbano (C_PU) e Planejamento Energético Urbano (C_PEU)

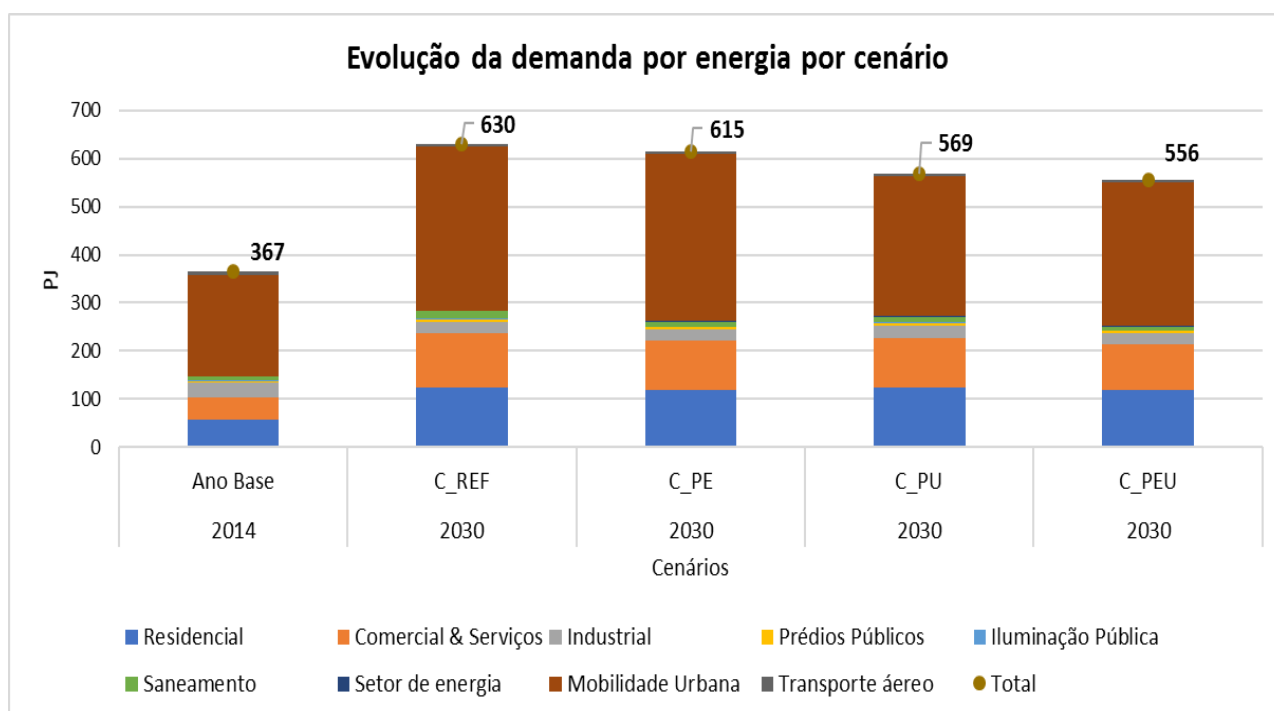
Conforme descrito anteriormente, os cenários C_PU e C_PE foram desenvolvidos de acordo com o tipo de estratégias que os compõem. Dessa forma, se a estratégia foi classificada como pertencente ao PE, então o cenário correspondente é o C_PE; se a estratégia foi classificada como de PU, então o cenário é o C_PU. Para diferenciar as estratégias de planejamento urbano e de planejamento energético, os principais resultados esperados da

⁸⁷ A política de mudanças climáticas teve como base o ano de 2003, em que as emissões por habitante eram de 1,25 tCO₂e/habitante, conforme demonstram dados da Prefeitura do Município de São Paulo, de 2013.

implementação de cada estratégia foram divididos entre efeitos esperados e efeitos colaterais. Se o resultado pretendido da estratégia teve como efeito esperado a economia de energia (através de EE ou de CE), a redução das emissões de GEE ou o aumento de geração distribuída, a estratégia foi classificada como uma estratégia de política energética e, portanto, alocada ao cenário C_PE. Todos os outros tipos de estratégias foram alocados no cenário de planejamento urbano (C_PU) (veja as hipóteses de cenário no Quadro 11). Por sua vez, o cenário que contempla a integração das estratégias de PE e PU é o cenário C_PEU, que consiste na combinação dos cenários C_PE e C_PU. O objetivo do cenário C_PEU é demonstrar as possíveis sinergias da adoção do PEU para a megacidade de São Paulo.

A Figura 21 e a Tabela 5 apresentam a performance dos cenários mencionados para o consumo final de energia na cidade. A maior redução da demanda de energia estimada foi observada no cenário C_PEU, que diminuiu em 74 PJ o consumo de energia final da cidade em 2030, o que representa uma redução de 12% de demanda de energia quando comparado ao cenário C_REF, também em 2030.

Figura 21 – Evolução do consumo final de energia, por setor e por cenário (2014-2030)



Fonte: autora (2019).

Sobre os cenários C_PU e C_PE (Tabela 5), observou-se que as estratégias de PU resultaram em uma redução de 10% na demanda de energia em 2030, enquanto as estratégias de PE resultam em uma redução de demanda de apenas 2%, quando comparado ao cenário C_REF.

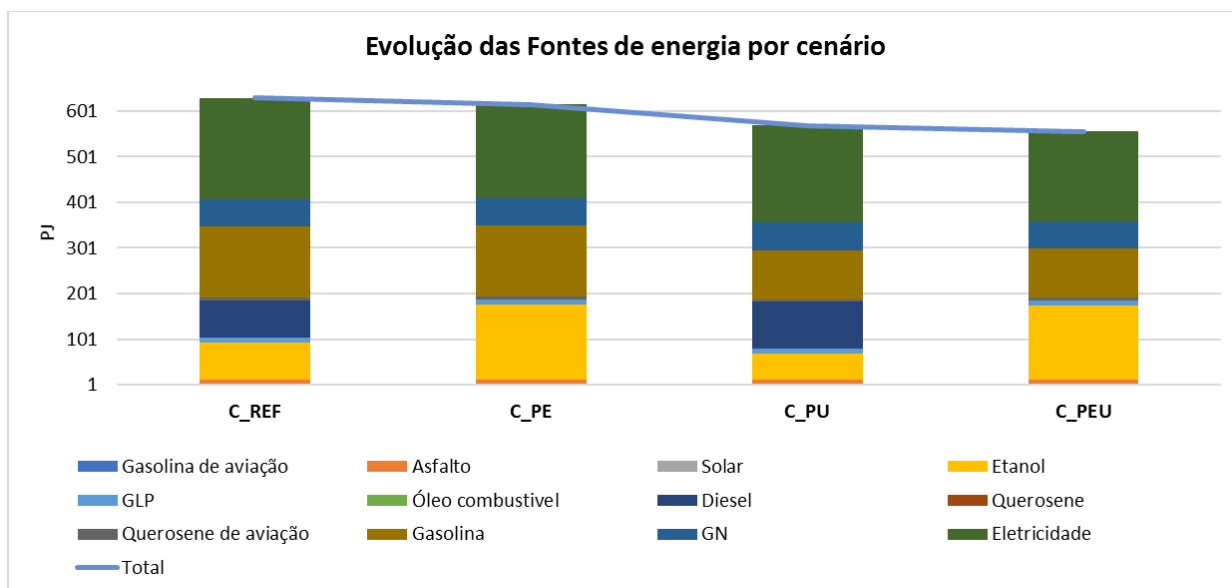
Tabela 5 – Consumo de energia final nos diferentes cenários comparados ao C_REF

Setores	Consumo final de energia em 2030, em comparação ao cenário C_REF (%)			
	C_REF 2014 x	C_REF x	C_REF x	C_REF x
	C_REF 2030	C_PE	C_PU	C_PEU
Residencial	121%	-4%	0%	-4%
C&S	134%	-8%	-7%	-15%
Industrial	-15%	-9%	0%	-9%
Prédios públicos	23%	-10%	0%	-10%
Iluminação pública	69%	-71%	0%	-71%
Saneamento	81%	-17%	-20%	-36%
Setor energético	584%	0%	0%	0%
Mobilidade urbana	61%	2%	-15%	-13%
Transporte aéreo	-25%	0%	0%	0%
Total	72%	-2%	-10%	-12%

Fonte: autora (2019).

As estratégias do planejamento energético (C_PE) apresentaram uma contribuição menor para a redução da demanda de energia em São Paulo. Isto ocorre porque tais estratégias visam, em especial, o setor de edifícios e o consumo de eletricidade, enquanto as estratégias de planejamento urbano do cenário C_PU atuam no setor mais intensivo em energia da cidade, o setor de mobilidade urbana. Além disso, dentro do setor de mobilidade, as estratégias selecionadas buscaram reduzir o uso do modal de transporte individual e motorizado (carros). Tem-se, portanto, como o resultado deste estudo demonstra, consonância com os resultados apontados pela literatura científica sobre a importância do setor de mobilidade urbana na determinação dos padrões de consumo de energia nas cidades (MARINS, 2014; RUPARATHNA et al., 2017). Da mesma forma, incentivar estratégias de mobilidade ativa e de transporte coletivo são políticas importantes e de grande impacto para a economia de energia no âmbito urbano. A Figura 22 mostra a evolução do consumo de recursos de energia entre os cenários, em 2030.

Figura 22 – Fontes de energia demandadas na cidade por cenário (2030)



Fonte: autora (2019)

Assim, no que se relaciona apenas à economia de energia, o grau de sinergias da integração entre as estratégias de PE e PU é baixo. Ainda assim, a maior contribuição deriva das estratégias de PU. No entanto, os resultados são interessantes do ponto de vista do estabelecimento da Política Energética, da forma como é feita atualmente: o PE tradicional não considera o potencial de implementação das estratégias de PU no alcance de metas para economia de energia. Mesmo que, em termos gerais, o cenário do C_PU demonstre maior capacidade de economia, o C_PE teve melhor desempenho no aumento da participação da demanda por *RES* na cidade. Esse resultado também está relacionado com o setor de mobilidade urbana, uma vez que a estratégia “Sem uso de combustíveis fósseis no transporte coletivo” apresentou o maior impacto para a redução do consumo de fósseis na cidade e o aumento da demanda por *RES*. Consequentemente, uma das grandes mais-valias da integração (sinergia) entre PE e PU é a possibilidade de alcance de múltiplos resultados e objetivos. Assim, em relação ao consumo de energia *RES* na cidade (Tabela 6), o cenário C_PEU apresentou a maior inserção na demanda da cidade, em 2030, com 310 PJ (56%), quando comparado aos três outros cenários.

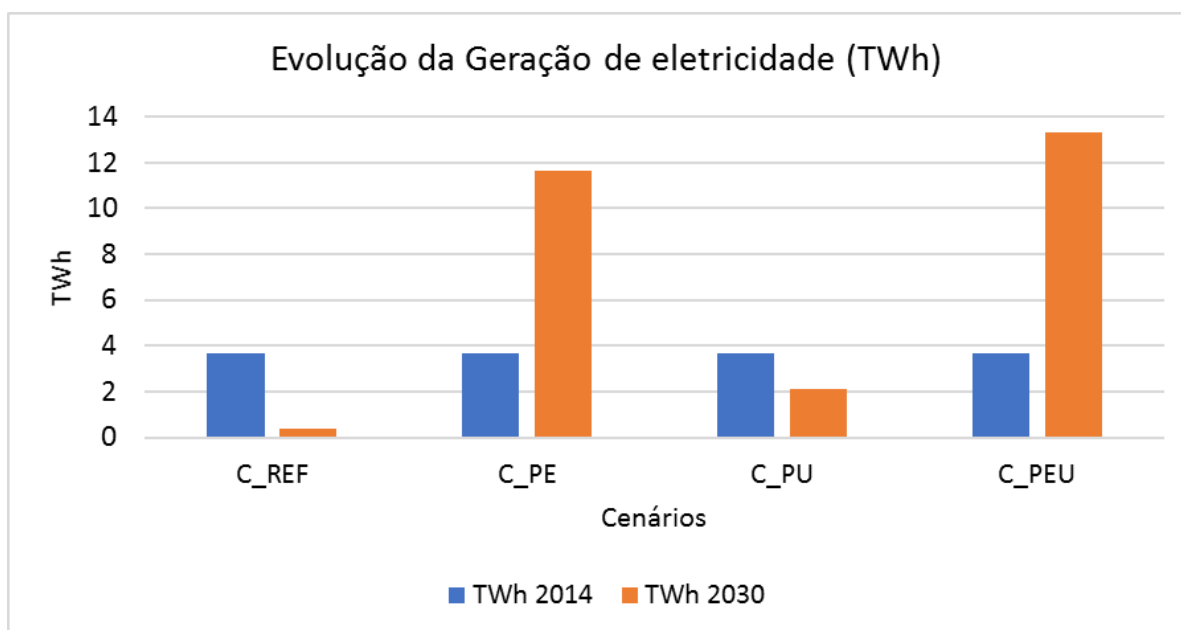
Tabela 6 – Consumo de energia fóssil *versus* RES por cenário e setor (2030)

<u>Setores</u>	<u>Tipo de recurso</u>	<u>C_REF</u>		<u>C_PE</u>		<u>C_PU</u>		<u>C_PEU</u>	
		<u>PJ</u>	<u>%</u>	<u>PJ</u>	<u>%</u>	<u>PJ</u>	<u>%</u>	<u>PJ</u>	<u>%</u>
Residencial	<i>Fóssil</i>	74	60%	72	61%	74	60%	72	61%
	<i>RES</i>	50	40%	47	39%	50	40%	46	39%
C&S	<i>Fóssil</i>	33	30%	31	30%	32	30%	29	31%
	<i>RES</i>	79	70%	72	70%	73	70%	66	69%
Industrial	<i>Fóssil</i>	19	78%	19	83%	19	78%	19	83%
	<i>RES</i>	5	22%	4	17%	5	22%	4	17%
Prédios públicos	<i>Fóssil</i>	1	25%	1	25%	1	25%	1	25%
	<i>RES</i>	3	75%	3	75%	3	75%	3	75%
Iluminação pública	<i>Fóssil</i>	1	25%	0	25%	1	25%	0	25%
	<i>RES</i>	3	75%	1	75%	3	75%	1	75%
Saneamento	<i>Fóssil</i>	3	25%	3	25%	3	25%	2	25%
	<i>RES</i>	10	75%	8	75%	8	75%	6	75%
Setor elétrico	<i>Fóssil</i>	2	96%	2	96%	2	96%	2	96%
	<i>RES</i>	0	4%	0	4%	0	4%	0	4%
Mobilidade urbana	<i>Fóssil</i>	243	72%	163	47%	215	74%	114	38%
	<i>RES</i>	97	28%	183	53%	75	26%	183	62%
Transporte aéreo	<i>Fóssil</i>	6	100%	6	100%	6	100%	6	100%
	<i>RES</i>	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Total	Fóssil	383	61%	297	48%	352	62%	246	44%
	RES	247	39%	318	52%	218	38%	310	56%
	Fóssil + RES	630	100%	615	100%	569	100%	556	100%

Fonte: autora (2019).

Ao combinar as estratégias de planejamento urbano com Planejamento Energético (cenário C_PEU), é possível obter melhores resultados do que se atuarmos, separadamente, em cada área. Ou seja, enquanto o cenário C_PE alcança 52% de participação de RES, em 2030, o C_PU alcança 38%; e o cenário que integra as abordagens, o C_PEU, atinge 56%, no mesmo período, e um decréscimo maior da participação dos combustíveis fósseis do que se considerarmos apenas a implementação de estratégias separadas de PU ou PE (Tabela 6). Abaixo, é apresentada a evolução da geração de energia na cidade (Figura 23).

Figura 23 – Evolução da geração de eletricidade na megacidade de São Paulo de acordo com cada cenário (no ano-base e no ano final)



Fonte: autora (2019).

Os resultados coletados destacam um potencial energético endógeno na cidade de São Paulo inexplorado, atualmente negligenciado pela Política Nacional de Planejamento de Energia. Com a implantação de novas usinas de biodigestores e uma estimativa conservadora para o potencial fotovoltaico em telhados, é possível aumentar a geração de eletricidade da cidade em cerca de 8 TWh e 10TWh (nos cenários C_PE e C_PEU, respectivamente), ao utilizar esses recursos energéticos endógenos, tendo como referência os recursos considerados pelo Quadro 12 e as estratégias apresentadas pelo Quadro 11. Vale ressaltar que o recurso que mais influência no aumento da geração local é o uso dos telhados dos setores residencial e comercial, que possibilitam geração de eletricidade através de painéis fotovoltaicos.

Neste ponto, outro aspecto que merece destaque, diz respeito ao princípio da precaução aplicado à dependência energética. Uma megacidade como São Paulo, tão influente e importante do ponto de vista econômico e social para o resto do país, precisa ser menos dependente de energia e menos vulnerável. Quando a cidade aumenta sua energia endógena e *RES*, também aumenta sua capacidade de resistir a apagões de energia nacionais ou a falta de outros recursos. Além disso, uma cidade mais autossuficiente pode assegurar a prestação mínima de serviços essenciais no caso de um colapso nacional da energia.

A Tabela 7 apresenta as emissões *per capita*. As importações de eletricidade consideram as emissões implícitas de GEE correspondentes às emissões nacionais de geração de eletricidade (fator de emissão médio do *grid* brasileiro). Considerou-se que os menores níveis de emissões de GEE decorrem da integração de estratégias de C_PEU (Tabela 7). Portanto, é possível concluir que, para as cidades que desejam aproveitar plenamente seu potencial de mitigação das mudanças climáticas, a integração de estratégias de planejamento urbano e energético é uma abordagem efetiva.

Tabela 7 – Emissões de GEE por cenário em milhões de toneladas métricas de CO₂e

Métricas de desempenho	2014	C_REF-2030	C_PE- 2030	C_PU- 2030	C_PEU- 2030
Emissões totais	20,7	31,5	25,8	29,0	22,2
tCO ₂ e/habitante	1,80	2,57	2,10	2,36	1,81

Fonte: autora (2019).

Enquanto as emissões nos cenários C_PE e C_PU aumentaram 17% e 31%, respectivamente, quando comparadas aos valores do ano-base (2014), em C_PEU ocorreu aumento de apenas 1%. Em contraponto, quando comparados os resultados de C_REF 2030, o C_PEU atinge redução de 30% das emissões (cerca de 9,4 milhões de tCO₂e a menos), enquanto o cenário C_PU apresenta redução de 8% e o C_PE, de 18%. As diferenças nas reduções de emissões de GEE de C_PU e C_PE, embora aparentemente conflitantes com os resultados de economia de energia atingidas pelos mesmos cenários, são explicadas pela alocação das políticas de geração de energia em cada um deles. O potencial de geração de eletricidade fotovoltaico foi considerado como uma medida/estratégia de PE e, portanto, alocada no cenário C_PE, enquanto todas as estratégias de produção de eletricidade endógena com uso do biogás foram alocadas no cenário C_PU (já que tais estratégias foram motivadas pela necessidade de reduzir os fluxos de RSU na cidade).

Por fim, para a área de PEU, o resultado obtido pode ser considerado uma importante contribuição. O estudo demonstra a importância da análise de quantificação de sinergias das estratégias de PU e PE. Isso porque constata-se que políticas que, antes, não seriam priorizadas pelos gestores e planejadores de energia (devido ao menor desempenho dessas estratégias na economia de energia), quando combinadas às estratégias de PU podem potencializar o impacto das estratégias de PE e reduzir as emissões globais de GEE na cidade de São Paulo.

5. Papel das medidas individuais nos indicadores gerais da cidade: quantificação das sinergias e impacto das medidas do Planejamento Energético Urbano

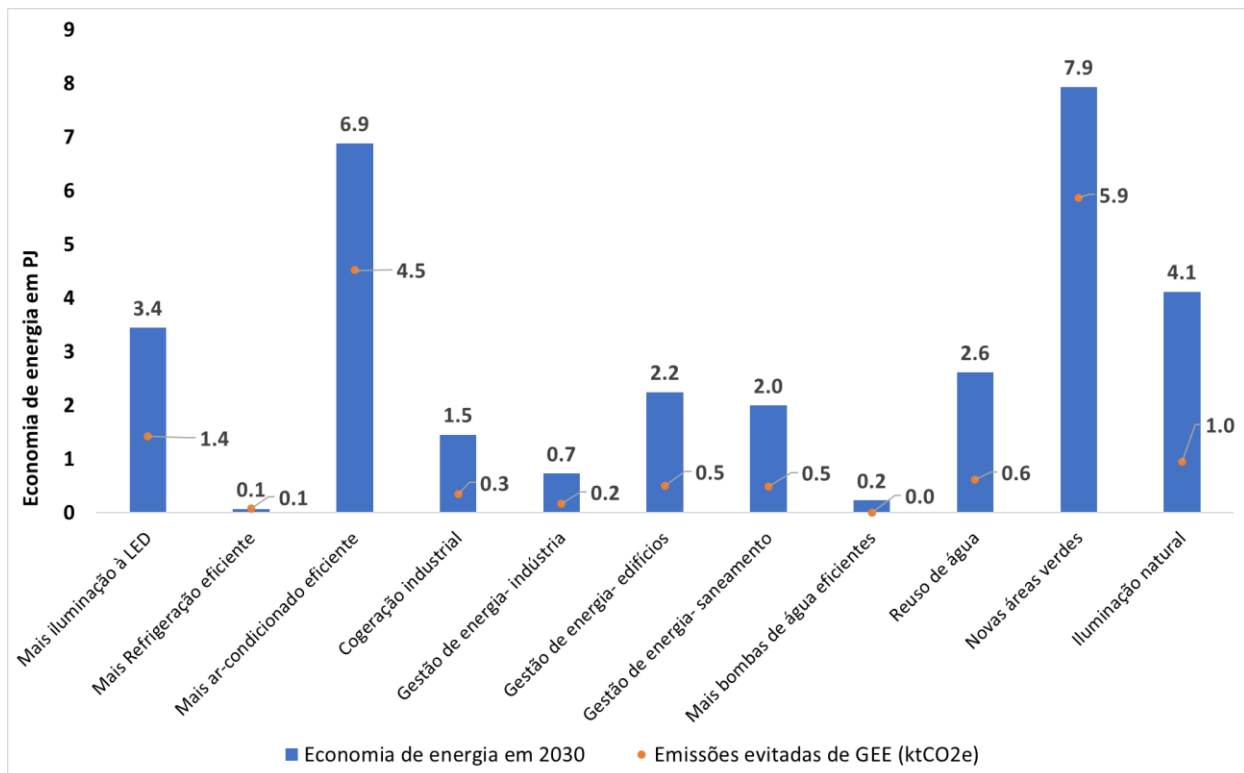
A análise do impacto de cada estratégia de PEU foi feita a partir da combinação de dados sobre economia de energia e redução de emissões de GEE. Para expor os resultados do modelo de forma didática, eles foram divididos em resultados da demanda e resultados da oferta. No que se refere à demanda os resultados são apresentados em dois níveis: i) apresentação das estratégias que atuam em economia de eletricidade e reduções de emissões (majoritariamente focadas no setor de edifícios, a partir de uma perspectiva mais ampla); e ii) resultados que impactam outros recursos energéticos da cidade e respectivas reduções de emissões. Já com relação aos resultados referentes à oferta são apresentados em termos de melhoria da capacidade de geração de eletricidade local e de emissões de GEE evitadas.

Considerando o setor de edifícios (residencial, C&S, prédios públicos, etc.) a estratégia de maior impacto foi a de criação de “novas áreas verdes”, que apresentou economia de energia elétrica da ordem de 8 PJ – valor equivalente à soma do consumo dos prédios públicos e da iluminação pública em 2014, ano-base. Além disso, deve-se notar que tais economias poderiam ser ainda maiores se as novas áreas verdes estivessem localizadas em áreas mais centrais do que onde foram planejadas. A estratégia também demonstrou maior contribuição para a redução de emissões de GEE. Ainda, é importante destacar, a partir da implementação, o aumento de áreas e superfícies de drenagem e da permeabilidade em uma cidade como São Paulo, que vive constantemente a realidade das cheias e inundações. Tal fato destaca a necessidade de considerar, por parte da gestão pública municipal, metas ambientais, sociais e de energia definidas no planejamento urbano. Mais uma vez, demonstra os *feedbacks* sinérgicos da implementação de uma estratégia para o alcance de várias metas para mais de uma finalidade de política pública (tal estratégia atua, por exemplo, como medida de adaptação e mitigação de mudanças climáticas, como política de economia de energia e de recursos e como política de saúde pública).

Nesse contexto, a Figura 24 apresenta todas as estratégias orientadas para o setor de edifícios e seus resultados em termos de economia de eletricidade e redução de emissões de GEE. A segunda melhor estratégia foi a de substituição tecnológica “mais ar condicionado eficiente”, levando a 7 PJ de economia de eletricidade e 5.000 tCO₂e evitados. Esses resultados estão de acordo com a literatura existente sobre os impactos da substituição de tecnologias

antigas por novas (FENG; WANG, 2017; HEIDARINEJAD et al., 2018). Vale, por fim, citar o potencial da estratégia “iluminação natural” na redução de emissões de GEE, que tem ainda melhor desempenho do que a estratégia “mais iluminação a LED” tem, em termos de economia de eletricidade, e é a terceira melhor em termos de redução potencial das emissões de GEE dentro do setor de edifícios (uma vez que “mais iluminação a LED” considera também o setor iluminação pública). No entanto, esse resultado não é usualmente discutido na literatura, uma vez que a ênfase é colocada, em especial, no potencial das estratégias de eficiência energética (ou seja, substituição tecnológica de lâmpadas)⁸⁸.

Figura 24 – Impacto das estratégias na economia de eletricidade e de emissão de GEE (k tCO₂e.) – Demanda



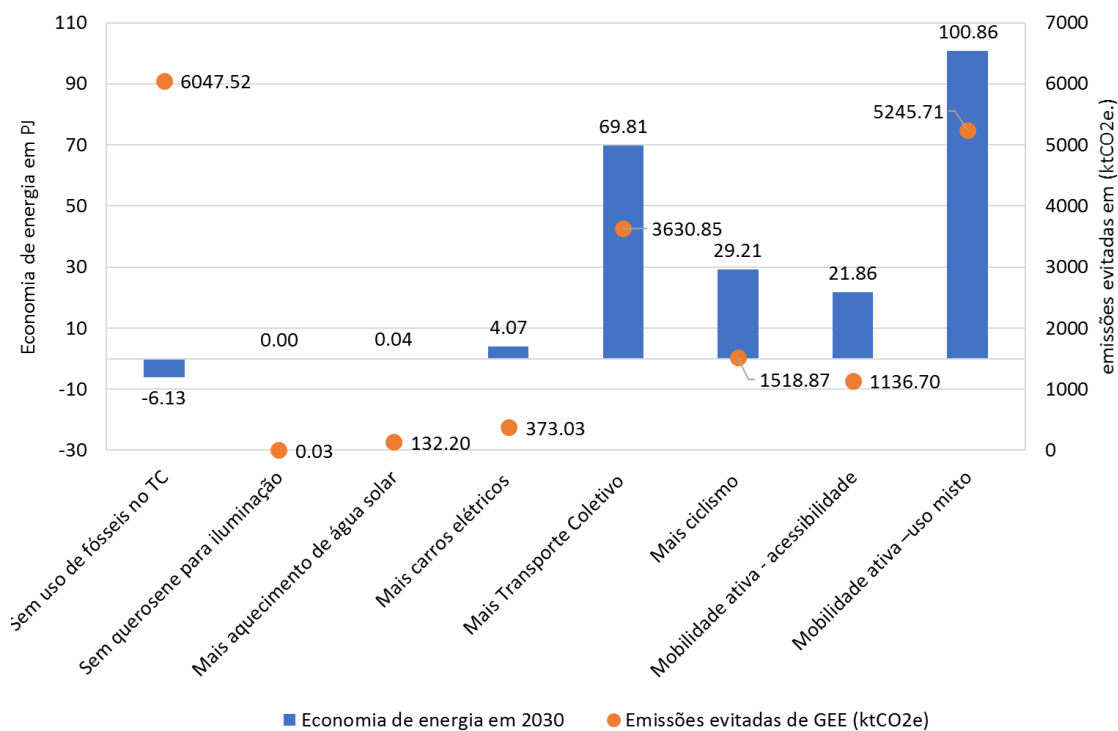
Fonte: autora (2019).

A Figura 25 apresenta os resultados para todos os outros recursos de energia da cidade; em sua maioria, acusam o setor de mobilidade urbana como principal foco, e são essas as

⁸⁸ Ver: COELHO, S. et al. Sustainable energy action plans at city level: A Portuguese experience and perception. *Journal of Cleaner Production*, v. 176, p. 1223–1230, 2018.

estratégias que revelam os maiores resultados em economia de energia e de emissões evitadas de GEE.

Figura 25 – Impacto das estratégias na poupança de energia e nas emissões evitadas de GEE – Demanda com outros recursos energéticos



Fonte: autora (2019).

A estratégia “sem uso de combustíveis fósseis no transporte coletivo” contribuiu com a maior parte da redução das emissões; por outro lado, ela não poupa energia. Espera-se que essa estratégia reduza cerca de 6,5 milhões de tCO₂e até 2030; no entanto, também estima-se que ela vai aumentar a demanda de energia em 6 PJ, devido à substituição de veículos a diesel por veículos movidos à etanol, combustível menos eficiente. A maior parte da economia de energia poderia ser obtida com o apoio da transição do transporte individual para os modais de mobilidade ativa e de transporte coletivo (Figura 25). “Mais transporte coletivo” e “mais transporte ativo” foram o segundo e o terceiro lugar em melhor desempenho na redução das emissões de GEE e na economia de energia.

Com relação às estratégias que impactam a oferta, a Tabela 8 apresenta a eletricidade endógena e a geração local obtida em cada um dos cenários. Os cenários C_REF e C_PU

apresentam variação negativa na produção de eletricidade entre 2014 e 2030 (devido ao fim de vida útil das usinas de combustíveis fósseis). Por outro lado, C_PE e C_PEU tiveram aumento na produção de eletricidade no mesmo período. Esse resultado se dá, principalmente, como resultado da estratégia que simula o potencial de implementação de PV em 16,5% dos telhados dos setores de C&S e residencial.

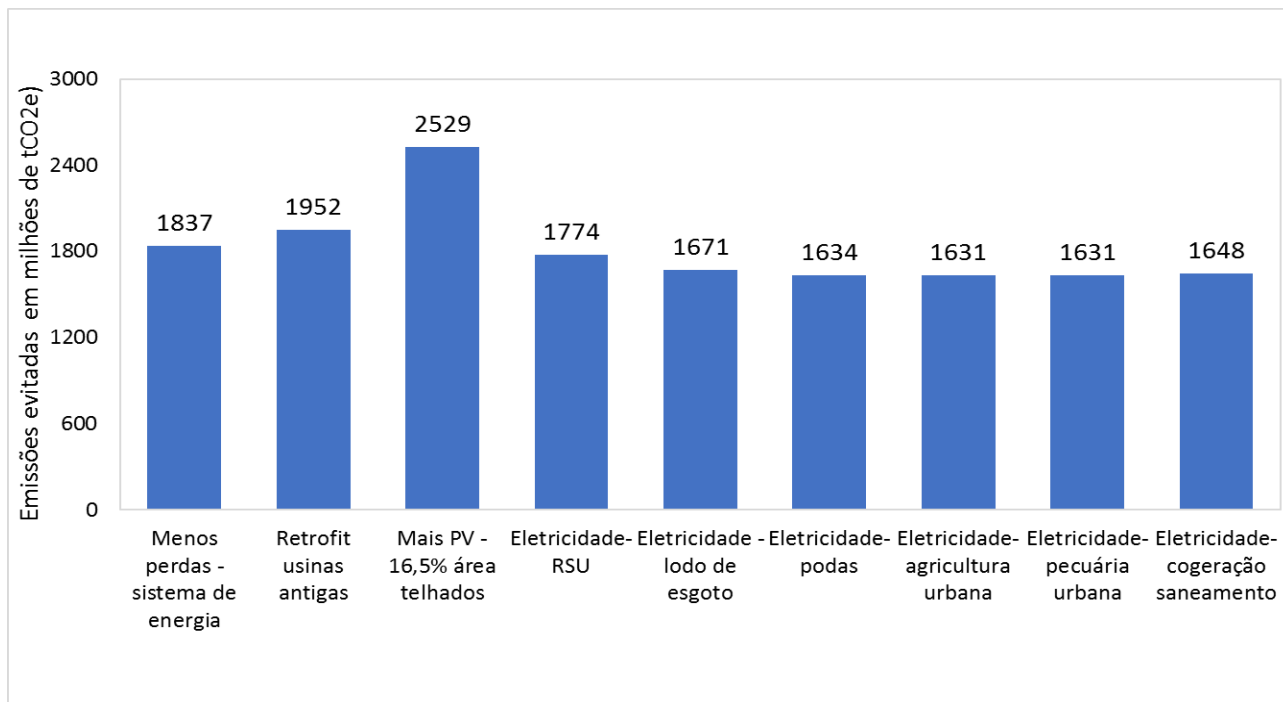
Tabela 8 – Evolução da geração de eletricidade endógena por cenário

Oferta Produção de eletricidade total	TWh		Varição (%)
	2014	2030	2014-2030
C_REF	3,7	0,4	-89%
C_PE	3,7	11,6	215%
C_PU	3,7	2,1	-44%
C_PEU	3,7	13,3	261%

Fonte: autora, 2019.

Por conseguinte, o potencial sinérgico da integração entre estratégias de PU e de PE tem um fator potencializador dos resultados maior do que os resultados obtidos quando se implementam as mesmas estratégias, separadamente. Em relação ao potencial de redução das emissões de GEE na geração de energia da cidade, a principal contribuição vem da geração de energia fotovoltaica. Nota-se que a geração local também vai gerar emissões locais (não é o caso do PV). No entanto, o balanço entre as emissões locais de GEE e os valores das emissões associadas às importações de eletricidade da rede apresentam resultado positivo em termos das emissões evitadas (Figura 26).

Figura 26 – Implementação de estratégias à oferta e emissões de GEE evitadas



Fonte: autora (2019).

6. Resumo dos principais resultados do modelo

Pela primeira vez, uma abordagem holística e uma análise quantitativa da performance da atuação em PEU é apresentada para uma megacidade. Trabalhos anteriores que discutiam a integração entre PU e PE foram feitos de uma maneira teórica não específica (LEDUC; VAN KANN, 2013). No entanto, foram encontrados estudos similares ao desenvolvido por esta pesquisa, tais como o trabalho de Marins (2014), que apresentou uma avaliação do impacto na eficiência energética e do potencial de emissão da integração de parâmetros urbanos e de estratégias de planejamento energético para novos distritos e bairros, e Permana (2015), que qualificou uma conexão linear entre as sinergias PU e PE, sem fornecer estimativas quantitativas para tais sinergias. Atualmente, a literatura disponível identifica as sinergias entre PU e PE com algum grau de quantificação, mas sem aplicação concreta para o sistema completo de uma cidade determinada. O presente trabalho apresenta uma quantificação concreta de tais sinergias entre PU e PE, ou seja, uma quantificação do valor agregado do PEU para o sistema de energia e urbano da megacidade de São Paulo.

Nesse sentido, foi proposta uma matriz de solução integrada de estratégias de Planejamento de Energia e de Planejamento Urbano. Essa abordagem holística e multisetorial para a avaliação integrada de sinergias do PEU teve como objetivo avaliar: (i) a economia de energia urbana (ou seja, centrada não apenas na eficiência energética, mas também na conservação de energia); (ii) reduções de emissões de GEE; (iii) levantamento das possíveis oportunidades/possibilidades de produção de eletricidade com recursos locais. A matriz foi aplicada à megacidade de São Paulo. Um total de 29 estratégias e soluções de PU e de PE foram selecionadas e simuladas usando o modelo LEAP_SP para visualizar o futuro sistema energético e urbano de São Paulo (2014-2030), além de quantificar as possíveis sinergias da implementação do PEU. Essas estratégias foram simuladas em quatro cenários: C_REF (taxas históricas), Estratégias de Políticas Energéticas (C_PE), Estratégias de Políticas Urbanas (C_PU) e Estratégias de Políticas Urbana e Energética (C_PEU).

Tabela 9 – Comparação dos cenários considerando o consumo final de energia, a produção final de energia, a participação de combustíveis fósseis, a participação de RES e o desempenho em emissões totais de GEE

SINERGIAS	Unid.	C_REF (a)	C_PE (b)	(a-b)/a	C_PU (c)	(a-c)/a	C_PEU (d)	(a-d)/a	C_PE+C_PU	C_PEU
Consumo Final de Energia	<u>PJ</u>	630	615	15 (2%)	569	61 (10%)	556	74 (12%)	76	74
	<u>%</u>			2%		10%		12%	12%	12%
FÓSSIL (%)	<u>PJ</u>	383	297	-86	352	-31	246	-137	-117	-137
	<u>%</u>	61%	48%	-12%	62%	1%	44%	-17%	-11%	-17%
RES (%)	<u>PJ</u>	247	318	-71	218	29	310	63	-41	63
	<u>%</u>	39%	52%	-12%	38%	1%	56%	17%	-11%	17%
Produção final de energia	<u>PJ</u>	0,4	11,6	11,2	2,1	1,7	13,3	12,9	12,9	12,9
	<u>%</u>	100%		215%		-44%		261%	171%	261%
Emissões de GEE	<u>PJ</u>	31,5	25,8	5,7	29,0	2,5	22,2	9,3	8,2	9,3
	<u>%</u>	100%		18%		8%		30%	26%	30%

Fonte: autora (2019).

A Tabela 9 destaca os principais resultados da quantificação de sinergias e do modelo. Destaca-se, portanto, o maior potencial de PEU, quando comparado com as políticas individuais de planejamento de energia e de planejamento urbano, traduzido pela economia de energia de 12% em 2030 (cenário C_PEU) em comparação com o cenário de C_REF. Embora as sinergias relativas ao consumo final de energia da integração de PU e PE sejam reduzidas, uma vez que a atuação em planejamento urbano individualmente já economize 10% de energia, enquanto C_PEU economiza apenas 2% a mais, para outros indicadores, os resultados mostram benefícios claros da atuação em PEU. É o caso, por exemplo, do indicador de aumento da participação de RES na cidade, de 11% para 17%, em 2030, quando estratégias do planejamento energético e do planejamento urbano são simuladas em conjunto, e das emissões de GEE, que são reduzidas em 30% no C_PEU, quando comparadas com C_REF. Ainda cabe destacar o fato de que as estratégia do PU tiverem o maior resultado para diminuição da demanda de energia, quando comparadas com o cenário C_PE, esse é um resultado importante considerando que a Política Energética não considera as estratégias do PU para economia de energia o que demonstra um potencial desperdiçado.

Além disso, quando as estratégias da PU e do PE são integradas, não apenas uma divisão de esforços mais equitativa é alcançada para diferentes setores econômicos da cidade, mas também é possível alcançar, simultaneamente, diferentes objetivos políticos (por exemplo,

mitigação das mudanças climáticas, maior qualidade do ar, melhor saúde pública dos residentes). Descobrimos que o cenário C_PEU tem o melhor desempenho entre outros cenários. Assim, ao usar uma abordagem de PEU, é possível potencializar reduções de demanda de energia, aumentar a participação de *RES*, aumentar a eletricidade gerada pela cidade com recursos locais e *RES* e reduzir as emissões de GEE.

No entanto, a implementação do PEU é dificultada por inúmeros fatores: um deles reside justamente na falta de clareza pragmática ou disciplinar de atribuição de responsabilidades que todo tema interdisciplinar ou transdisciplinar carrega consigo como sua fortaleza e também como fraqueza. A dificuldade de classificação de políticas e de estratégias de PE ou de PU, por exemplo, enfrentada durante o desenvolvimento da presente tese, exigiu a busca por um método possível de alocação e divisão, dentre muitos outros que poderiam ter sido aplicados.

CONCLUSÕES

Esta tese apresentou um estudo epistemológico sobre os termos Planejamento Energético Urbano e Sistemas de Energia Urbanos, além de uma proposta de harmonização para o conceito Planejamento Energético Urbano que possibilitou o desenvolvimento da estrutura científica para análise das sinergias de atuação em Planejamento Energético e Urbano (denominada por Matriz de Soluções Integradas de Estratégias de Planejamento Energético e Planejamento Urbano), que foi, por fim, utilizada no estudo de caso da megacidade de São Paulo através do desenvolvimento do modelo LEAP_SP (2014-2030). O LEAP_SP, como visto, é um modelo de simulação que busca sistematizar informação e apresentar uma análise quantitativa sobre o sistema de energia urbano atual e futuro da megacidade, tendo em vista o prazo até 2030. Foram modelados quatro cenários de desenvolvimento da megacidade: o cenário referência (C_REF), que representa a dinâmica de desenvolvimento da cidade observada e prospectada por projeções oficiais governamentais, assim como a situação vigente de políticas urbanas e energética; o cenário que implementa estratégias de Política e Planejamento Urbano adicionais ao vigente (C_PU); o cenário que implementa estratégias de Políticas e Planejamento Energético adicionais ao vigente (C_PE); e o cenário Planejamento Energético Urbano (C_PEU) que é a associação entre os cenários C_PE e C_PU.

Pode-se afirmar que os objetivos da tese foram alcançados, a saber: investigar o conceito do PEU e demonstrar a inter-relação/interdependência das Políticas do Planejamento Energético e Planejamento Urbano, a fim de determinar seus possíveis impactos. É possível afirmar que a coordenação dos sistemas de energia urbanos e, em particular, o conceito do PEU é uma área científica em desenvolvimento. Atualmente, existe uma lacuna entre a integração de políticas de demanda e a oferta de energia, bem como entre as metas locais e nacionais de mitigação das alterações climáticas e as correspondentes medidas políticas necessárias para tanto. No Brasil, o planejamento energético é separado do planejamento urbano e, por consequência, as sinergias da implementação de tais estratégias não são obtidas nem sequer cogitadas. Em adição, tem-se que o diagnóstico inicial sobre demanda e oferta de energia deveria passar a ser contextualizado localmente, uma vez que a realidade nacional, que atualmente direciona a formulação de políticas públicas, é, no caso de São Paulo, oposto à realidade local, como foi evidenciado pelos resultados dessa pesquisa. Por exemplo, os setores mais demandantes de energia na cidade são transporte e residencial, enquanto que a nível nacional, os setores mais demandantes são indústria e transporte. No lado da oferta teve-se em

2014 uma matriz de eletricidade na cidade majoritariamente fóssil, enquanto que no país o oposto aconteceu. Tal fato pode implicar na formulação de políticas energéticas ineficientes e ineficazes quando implementadas localmente.

As pesquisas recentes na área de planejamento energético centram-se principalmente na questão técnica, tecnológica e econômica dos meios de conversão de energia. A análise do lado da oferta tende a avaliar a viabilidade de substituir os recursos energéticos fósseis por *RES*; os estudos do lado da demanda, por sua vez, normalmente se concentram na substituição tecnológica de aparelhos e outras tecnologias, o que significa, em geral, que as estratégias de EE são as únicas pautadas. A presente tese argumenta que a pesquisa deve ir além da investigação somente sobre as opções tecnológicas, de consumo dos aparelhos eletroeletrônicos e de comportamento dos indivíduos, adotando um escopo mais amplo, uma vez que os aspectos tecnológicos e comportamentais são apenas dois, dos vários parâmetros apresentados nessa pesquisa (forma urbana, estrutura econômica, aspectos bioclimáticos, de governança, entre outros) e que condicionam a oferta e demanda de energia de um território. A pesquisa na área deve considerar também, estratégias do planejamento energético, do planejamento urbano, das opções de conservação de energia, além das opções de eficiência energética ou do aumento da oferta de energia, uma vez que foi demonstrado a inter-relação/interdependência das Políticas do Planejamento de Energia e Planejamento Urbano com a Matriz de Soluções Integradas desenvolvida pela pesquisa.

No entanto, se do lado teórico observou-se a carência de estudos e teoria em PEU, o lado da implementação também carece de recursos e capacidade de inovação. Sabe-se que, atualmente, as cidades ainda estão longe de gerenciar a implementação de um planejamento integrado por várias razões — desde a falta de capacitação técnica no assunto à falta de capital humano e de recursos financeiros. Os diferentes departamentos de gerenciamento tomam decisões de planejamento que afetam significativamente o consumo de energia das cidades. Em alguns casos, o impacto de suas decisões no SEU não é percebido ou sequer medido.

Diante dessas limitações, argumenta-se que a análise feita na presente pesquisa pode ser utilizada para determinar os principais temas e estratégias que podem ser desenvolvidos no âmbito das cidades para o cumprimento de suas metas energéticas, climáticas e socioambientais. Em outras palavras, a sistematização apresentada fornece uma melhor compreensão do sistema de energia urbano da cidade e também permite que os gestores pensem e organizem os diferentes departamentos, áreas e atores que devem ser mobilizados para a implementação de estratégias eficazes.

A Matriz proposta de soluções integradas pode ser utilizada no apoio de iniciativas recentes para *rankings* de cidades sobre consumo de energia e geração de eletricidade baseada em *RES*. Foi observado que tais *rankings* deveriam prestar maiores esclarecimentos de suas metodologias, especialmente no que diz respeito à definição dos limites do sistema de energia urbano. Frequentemente, as cidades relatam suas iniciativas no campo da geração de eletricidade com base na simples proporção entre a matriz nacional de geração de eletricidade e o seu consumo de eletricidade. Portanto, uma cidade como São Paulo, localizada em um país com eletricidade baseada majoritariamente em *RES*, será automaticamente classificada como uma área de alto desempenho. No entanto, como demonstrado nesta pesquisa, a geração de eletricidade em São Paulo é de fato baseada em fontes fósseis. A matriz proposta nesse caso também oferece suporte às cidades na avaliação de seu sistema de energia em um formato abrangente e sistemático.

Tem-se ainda que a principal hipótese do trabalho de que existam sinergias (quantificáveis) obtidas quando da associação entre Planejamento Energético e Planejamento Urbano, foi confirmada. O exercício de modelagem realizado, quantificou e verificou que a atuação em PEU pode impactar positivamente na diminuição da demanda de energia e emissões de poluentes e de GEE, no aumento da geração de energia localmente com recursos endógenos e *RES*, diminuindo a dependência por recursos energéticos das cidades, aumentando a segurança energética e atuando também na melhoria da qualidade de vida dos habitantes das áreas urbanas. Verificou-se que existe um potencial técnico de aplicação do PEU; mais pesquisas são necessárias para garantir que ela também seja econômica, legal, política e socialmente viável do ponto de vista da governança.

Em adição, convém esclarecer que o exercício de modelagem apresenta algumas limitações que devem ser mencionadas. Não foi considerado, para o potencial térmico fotovoltaico e solar, o fato de que ambas as tecnologias podem competir pelo espaço do telhado. Além disso, o modelo LEAP_SP representa a demanda agregada de energia e a evolução da oferta da cidade sem considerar as diferenças das sub-áreas e dos bairros de São Paulo, que têm características econômicas, sociais e de consumo de energia diversas. Tal fato é relevante para a cidade de São Paulo, caracterizada pela alta taxa de desigualdade social, o que implica também em desigualdade no acesso e no consumo de recursos incluindo-se os recursos energéticos.

Em relação às limitações do modelo de simulação, deve-se mencionar que alguns parâmetros têm pouca robustez devido à limitação de disponibilidade de dados para algumas

das atividades da cidade, como é o caso das taxas de posse de tecnologias de energia. Os principais parâmetros e taxas de crescimento são mantidos em constância entre 2014 e 2030; portanto, podem estar subestimados ou superestimados no longo prazo. O modelo LEAP_SP foi desenvolvido usando as melhores e mais atuais informações disponíveis nos bancos de dados públicos referentes à localização e ao uso final de energia, tecnologia, custos e outros *drivers* de demanda de energia, mas que possuem fontes diversas e de anos distintos. Seria necessário revisitar dados e suposições quando informações mais atualizadas forem disponibilizadas. Por fim, como para a maioria dos modelos baseados em tecnologia, o LEAP_SP não considera detalhadamente as informações de consumo relacionadas ao comportamento (por exemplo, “efeito rebote”).

Outras limitações da pesquisa podem ser citadas, tais como a opção metodológica escolhida para realizar a alocação das estratégias de PU e PE em cada um dos seus respectivos cenários, uma vez que tal alocação apresenta alguma incerteza e pode ser feita de diferentes formas, conforme discutido anteriormente. Além disso, para alguns setores (setor de energia e de transporte aéreo) e usos finais de energia e tecnologias (cocção, transporte vertical, melhorias tecnológicas e mudanças modais para motocicletas, trens e metrô), não foram simuladas nenhuma estratégia devido à falta de informações detalhadas na cidade. Outras limitações incluem a consideração de apenas uma via de desenvolvimento socioeconômico para a cidade de São Paulo em todos os cenários modelados. Isso significa que o nível de cobertura dos serviços municipais foi considerado estático até 2030, quando, na realidade, eles poderiam mostrar a variabilidade de desempenho e seu impacto no SEU da megacidade. Finalmente, o presente trabalho não incluiu uma análise de custo-benefício para as estratégias selecionadas em decorrência da falta de dados sobre custos e do estabelecimento de metodologia adequada que teria de ser utilizada para comparar as estratégias de PU e de PE.

A matriz proposta estabeleceu diretrizes que podem ser usadas como orientação para que o planejamento urbano defina metas energéticas e ambientais. Isso permitiria às cidades atingir metas de sustentabilidade de maneira holística, aprimorando o planejamento urbano atual que, assim como o planejamento energético, atua segundo práticas segmentadas e de metas setoriais. O método proposto também poderia ser aplicado ao planejamento e à previsão de cenários com base nos insumos de diferentes atores. Isso tornaria possível que diferentes fatores fossem considerados e comparados na construção de sistemas urbanos e energéticos mais coerentes com os desafios que se apresentam nos próximos 50 anos de explosão urbana associada às mudanças climáticas. O método também seria útil para apoiar os municípios a

desenvolver planos energéticos mais alinhados às políticas urbanas. Isso também representaria uma ação muito inovadora, em particular para o contexto brasileiro.

É importante mencionar que não se está propondo a substituição do PEC pelo PEU; não existem estudos que demonstrem essa sobreposição. Esta pesquisa, em conjunto com os demais pesquisadores e cientistas que estudam o tema, demonstra que existe um potencial expressivo e inexplorado da implementação do PEU, e que essa implementação pode contribuir para o alcance de metas de sustentabilidade, de melhoria da qualidade de vida dos cidadãos urbanos, de diminuição da demanda de energia e de emissões de poluentes e GEE, e de aumento da autossuficiência das cidades. Além disso, o desenvolvimento de PEU possibilita a formulação de políticas públicas contextualizadas. Trata-se de uma área que vem sendo ignorada pela atual política energética vigente no país, e que tem sido desenvolvida na Europa, na China e nos Estados Unidos. Em decorrência dessa situação, é possível pressupor uma diminuição da competitividade do Brasil nessa área, além da falta de soberania nacional para decidir políticas relacionadas a cidades e à energia, que vai sempre depender de *expertise* externa. O *timing* de desenvolvimento de pesquisa e tecnologia na área é crucial na determinação do papel do país frente ao resto do mundo em termos de liderança e de definição de agenda global.

Finalmente, apresentam-se como áreas de pesquisa futuras em PEU, investigações sobre como articular pesquisas interdisciplinares, que devem incluir desde a formação holística dos arquitetos e urbanistas, engenheiros da energia, e gestores de políticas públicas, até o entendimento sobre o comprometimento entre gestão pública, participação popular e implementação das políticas desenhadas pelo o PEU. Da mesma forma, pesquisas voltadas a área mais técnica também são necessárias, tais como o desenvolvimento de análises de custo-benefício, o levantamento de dados e entendimento do SEU dentro da cidade (georreferenciado, com análises regionais e/ou por bairro), e o desenvolvimento de pesquisa sobre a demanda de energia incorporadas aos serviços e bens de consumo demandados pelas cidades e por seus habitantes. Sobre esse último tema, é possível que a hegemonia do setor de mobilidade urbana, como o setor mais energointensivo e mais emissor de poluentes e de GEE, possa possivelmente ser diminuído quando o consumo da energia incorporado nos materiais e serviços das cidades for quantificado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBAGNANO, Nicola. **Dicionário de filosofia**. Tradução. 1 ed. Brasileira, coordenada e revisada por Alfredo Bosi, Tradução Ivone Castilho Benedetti. São Paulo: Martins Fontes, 2007

ABIKO, A. K.; ALMEIDA, M. A. P. DE; BARREIROS, M. A. F. **Urbanismo: História E Desenvolvimento**. São Paulo:1995.

ABBOTT, J. A.; MEENTEMEYER, V. Research Note — Vegetation Effects on Suburban Air Conditioning. **Urban Geography**, v. 26, n. 6, p. 558–564, 2013.

ABOULNAGA, M. M. Towards green buildings: Glass as a building element—the use and misuse in the gulf region. **Renewable Energy**, v. 31, n. 5, p. 631–653, abr. 2006.

ADACHI, Y. Outlook of the World Steel Cycle Based on the Stock and Flow Dynamics. v. 44, n. 16, p. 6457–6463, 2010.

ADAM, K. et al. Methodologies for city-scale assessment of renewable energy generation potential to inform strategic energy infrastructure investment. **Cities**, v. 54, p. 45–56, 2016.

ADHIKARI, R. S.; ASTE, N.; MANFREN, M. Optimization concepts in district energy design and management - A case study. **Energy Procedia**, v. 14, p. 1386–1391, 2012.

ADIL, A. M.; KO, Y. Socio-technical evolution of Decentralized Energy Systems: A critical review and implications for urban planning and policy. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 57, p. 1025–1037, maio 2016.

AELENEI, L.; GONÇALVES, H. From solar building design to Net Zero Energy Buildings: Performance insights of an office building. **Energy Procedia**, v. 48, p. 1236–1243, 2014.

AFSHARI, A.; FRIEDRICH, L. A. Inverse modeling of the urban energy system using hourly electricity demand and weather measurements, Part 1: Black-box model. **Energy and Buildings**, p. 1–13, 2017.

AGÊNCIA BRASIL. Fusão entre BM&FBovespa e Cetip cria a B3, 5 maior bolsa de valores do mundo. 30 de março de 2017. Site Agência Brasil. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2017-03/fusao-entre-bmfbovespa-e-cetip-cria-b3-5a-maior-bolsa-de-valores-do-mundo>>. Acesso em 04 de agosto de 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **BIG - Banco de Informações de Geração website**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 24 jan. 2018.

AGUDELO-VERA, C. M. et al. The Urban Harvest Approach as an Aid for Sustainable Urban Resource Planning. **Journal of Industrial Ecology**, v. 16, n. 6, p. 839–850, 2012.

AKI, H.; OYAMA, T.; TSUJI, K. Analysis of energy service systems in urban areas and their CO₂ mitigations and economic impacts. **Applied Energy**, v. 83, n. 10, p. 1076–1088, 2006.

AKSAMIIA, A. Regenerative Design of Existing Buildings for Net-Zero Energy Use. **Procedia Engineering**, v. 118, p. 72–80, 2015.

ALEXANDER, E. H. **Approaches to Planning**. London: Gordon and Breach., 1986.

ALHAMWI, A. et al. OpenStreetMap data in modelling the urban energy infrastructure: A first assessment and analysis. **Energy Procedia**, v. 142, p. 1968–1976, 2017a.

ALHAMWI, A. et al. GIS-based urban energy systems models and tools: Introducing a model for the optimisation of flexibilisation technologies in urban areas. **Applied Energy**, v. 191, p. 1–9, 2017b.

ALLEGRINI, J. et al. A review of modelling approaches and tools for the simulation of district-scale energy systems. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 52, p. 1391–1404, 2015.

ALMEIDA, E. **O “construir no construído” na produção contemporânea: relações entre teoria e prática**. 2009. 231p. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

ALTSHULER, A. The goals of comprehensive planning. **Journal of the American Institute of Planning**, v. 31, n. 3, p. 186–194, 1965.

ALVARENGA, A. T. Histórico, fundamentos filosóficos e teórico metodológicos da interdisciplinaridade. In: MANOELE (Ed.). **Interdisciplinaridade em ciência, tecnologia & inovação**. Barueri: 2010, p.3-68.

AMADO, M.; POGGI, F. Solar energy integration in urban planning: GUUD model. **Energy Procedia**, v. 50, p. 277–284, 2014.

ARAÚJO, K. The emerging field of energy transitions: Progress, challenges, and opportunities. **Energy Research & Social Science**, v. 1, p. 112–121, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO (ABAL). **Alumínio, o metal da sustentabilidade. Relatório de Sustentabilidade**. São Paulo: 2012, 69p.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS - ANTP. **Sistema de Informações da Mobilidade Urbana Relatório Geral 2012**. Brasília: 2014.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS - ANTP. **Sistema de Informações da Mobilidade Urbana Relatório Geral 2014**. Brasília: 2016. Disponível em: <http://www.antp.org.br/_5dotSystem/download/dcmDocument/2013/04/11/050FC84C-74EA-4A33-A919-6D2E380FA2C1.pdf>.

ATHANASSIADIS, A. et al. Exploring the energy use drivers of 10 cities at microscale level. **Energy Procedia**, v. 122, p. 709–714, 2017.

AUDI, R. **Epistemology: A Contemporary Introduction to the Theory of Knowledge**. Second Edition. London: Routledge, 2003.

BACKLUND, S. et al. Extending the energy efficiency gap. **Energy Policy**, v. 51, p. 392–396, 2012.

BAI X., D. S. S. J. W. H. Drivers of urban energy use and main policy leverages. **Energizing Sustainable Cities: Assessing Urban Energy**, p. 119–134, 2012.

BARDET, G. **O Urbanismo**. Papirus: Campinas, 1990.141p.

BAKER. Strategic planning in a United States federal agency. **Long Range Planning**, v. 25, n. 5, p. 73–79, 1992.

BALDI, M. G.; GIUSEPPE, G. The Second Law and the Energy Use Mapping for Sustainability Planning. **Energy Procedia**, v. 111, n. September 2016, p. 730–739, 2017.

BALOCCO, C.; GRAZZINI, G. Thermodynamic parameters for energy sustainability of urban areas. **Solar Energy**, v. 69, n. 4, p. 351–356, 2000.

BALOCCO, C.; GRAZZINI, G. Sustainability and information in urban system analysis. **Energy Policy**, v. 34, n. 17, p. 2905–2914, 2006.

BANCO MUNDIAL. **Global Economic Prospects: Weak Investment in Uncertain Times**. World Bank Group, 276p. Washington, DC: 2017.

BARAN, P. K.; RODRÍGUEZ, D. A.; KHATTAK, A. J. Space syntax and walking in a New Urbanist and suburban neighbourhoods. **Journal of Urban Design**, v. 13, n. 1, p. 5–28, 2008.

BARBOSA, G.; LANGER, M. Uso de biodigestores em propriedades rurais: uma alternativa à sustentabilidade ambiental. **Unesc & Ciência – ACSA**, v. 2, n. 1, p. 87–95, 2011.

BAYNES, T. et al. Comparison of household consumption and regional production approaches to assess urban energy use and implications for policy. **Energy Policy**, v. 39, n. 11, p. 7298–7309, 2011.

BAZMI, A. A.; ZAHEDI, G. Sustainable energy systems: Role of optimization modeling techniques in power generation and supply - A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 8, p. 3480–3500, 2011.

BEATLEY, T., **Green Urbanism: Learning from European Cities**. Island Press, Washington DC: 2000

BENEVOLO, L. **História da Cidade**. 3 edição ed. São Paulo: Editora Perspectiva S.A., 1980.

BENEVOLO, L. **As origens da urbanística moderna**. 2 edição ed. Queluz de Baixo- PT: Editorial Presença, 1987.

BERMANN, C. **Energia para quê e para quem no Brasil**. São Paulo: Livraria da Física, 2007

BHATTACHARYYA, S. C. Applied general equilibrium models for energy studies: A survey. **Energy Economics**, v. 18, n. 3, p. 145–164, 1996.

BHATTACHARYYA, S. C.; TIMILSINA, G. R. A review of energy system models. **International Journal of Energy Sector Management**, v. 4, n. 4, p. 494–518, 2010.

BHATTACHARYYA, S.; TIMILSINA, G. R. **Energy Demand Models for Policy Formulation A Comparative Study of Energy Demand Models**. The World Bank:2009.

BI, L. **Integrating Planning Theory with Energy Planning in Developing Rural Areas: A Critical Assessment of the Energy Intervention Programs in Rural Hainan, China**. PhD Thesis. University of Waterloo, 2011.

BIANCHI, I. **Recapacitação e repotencialização de pequenas centrais hidrelétricas desativadas ou em operação no estado de são paulo**. Centro de Energias Renováveis, Departamento de Engenharia Elétrica, Unesp: 2002.

BIRKHOLZ, L. B. **O ensino do planejamento territorial**. São Paulo, 1967, Tese (Provimento de Cátedra) - FAUUSP.

BOURDIC, L.; SALAT, S.; NOWACKI, C. Assessing cities: a new system of cross-scale spatial indicators. **Building Research & Information**, v. 40, n. 5, p. 592–605, 2012.

BRANDONI, C.; POLONARA, F. The role of municipal energy planning in the regional energy-planning process. **Energy**, v. 48, n. 1, p. 323–338, 2012.

BRASIL; MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Plano Nacional de Energia 2030 (PNE, 2030)**. Brasília: MME/EPE, 2007.

BRASIL; MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Plano Nacional de Eficiência Energética**. Brasília: 2011.

BRASIL; MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2024**. Brasília: MME/EPE, 2015.

BRASIL; MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Balço Energético Nacional, 2018. Relatório Síntese (ano base 2017)**. Brasília: 2018. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-303/topico-397/Relatório Síntese 2018-ab 2017vff.pdf#search=co2>>.

BRASIL; SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Guia técnico de aproveitamento energético de biogás em estações de tratamento de esgoto**. Ministério das Cidades, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ) (org.); autores, SILVEIRA B.et al. – Brasília, DF : Ministério das Cidades, 2015.

BRESSI, T., W. Planning the American Dream. In: KATZ, P. **The new urbanism – Toward an architecture of community**. Nova York: McGraw Hill Inc., 1994

BRISTOW, D. N.; KENNEDY, C. A. Maximizing the use of energy in cities using an open systems network approach. **Ecological Modelling**, v. 250, p. 155–164, 2013.

BROCKWAY, P. E. et al. Energy rebound as a potential threat to a low-carbon future: Findings from a new exergy-based national-level rebound approach. **Energies**, v. 10, n. 1, 2017.

BROWNSWORD, R. A. et al. Sustainable cities - Modelling urban energy supply and demand. **Applied Energy**, v. 82, n. 2, p. 167–180, 2005.

BRYSON, J. M.; ROERING, W. D. Initiation of strategic planning by governments. **Public Administration Review**, v. 48, n. 6, p. 995–1004, 1988.

BUCK V. **Georgetown University Integrated Community Energy System (guIces)**. Phase III, Stage I: Feasibility Analysis. Final Report. Georgetown Univ., Washington, DC (USA); Pope, Evans and Robbins, Inc., New York (USA); 1980.

CAJOT, S. et al. Energy planning in the urban context : challenges and perspectives. *Energy Procedia*, v. 78, n. 0, p. 3366–3371, 2015.

CAJOT, S. et al. Obstacles in energy planning at the urban scale. **Sustainable Cities and Society**, v. 30, p. 223–236, 2017.

CAMAGNI, R.; GIBELLI, M. C.; RIGAMONTI, P. Urban mobility and urban form: The social and environmental costs of different patterns of urban expansion. **Ecological Economics**, v. 40, n. 2, p. 199–216, 2002.

CAMPBELL, S.; FAINSTEIN, S. S. Introduction: the structure and debates of planning theory. In: **Readings in Planning Theory**. 4 edition ed. London: Blackwell, 1996. p. 1–14.

CAMPOS FILHO, C. M. **Cidades brasileiras, seu controle ou o caos: o que os cidadãos devem fazer para a humanização das cidades no Brasil**. São Paulo, Nobel, 1989.

CARDOSO, F. H. Aspectos Políticos do Planejamento. In: KON, A. (Ed.). **Planejamento no Brasil**. São Paulo: Editora Perspectiva, 1987.

CAROLINA, T. et al. **Utilização Do Biogás Proveniente Do Tratamento Do Esgoto Doméstico Para Geração De Eletricidade**, 2015.

CARVALHO, C. H. R. DE C. Emissões Relativas De Poluentes Do Transporte Motorizado De Passageiros Nos Grandes Centros Urbanos Brasileiros. p. 42. **IPEA**, Brasília: 2011.

CHEN, S.; CHEN, B. Urban energy consumption: Different insights from energy flow analysis, input–output analysis and ecological network analysis. **Applied Energy**, v. 138, p. 99–107, 15 jan. 2015.

CHEN, Y.; WONG, N. H. Thermal benefits of city parks. **Energy and Buildings**, v. 38, n. 2, p. 105–120, 2006

CHILD, M.; BREYER, C. Transition and transformation: A review of the concept of change in the progress towards future sustainable energy systems. **Energy Policy**, v. 107, n. January, p. 11–26, 2017.

CHITTUM, A.; ØSTERGAARD, P. A. How Danish communal heat planning empowers municipalities and benefits individual consumers. **Energy Policy**, v. 74, p. 465–474, nov. 2014.

CHOAY, F. **O Urbanismo**. 3ª edição ed. São Paulo: Perspectiva S. A., 1965.

CHUN, B.; GULDMANN, J.-M. Spatial statistical analysis and simulation of the urban heat island in high-density central cities. **Landscape and Urban Planning**, v. 125, p. 76–88, maio 2014.

CIPRIANO, X. et al. Developing indicators to improve energy action plans in municipalities: An accounting framework based on the fund-flow model. **Sustainable Cities and Society**, v. 32, p. 129, 2017.

COELHO, S. et al. Sustainable energy action plans at city level: A Portuguese experience and perception. **Journal of Cleaner Production**, v. 176, p. 1223–1230, 2018.

COLLAÇO, F. M. DE A. et al. The dawn of urban energy planning – synergies between energy and urban planning for São Paulo (Brazil) megacity. **Journal of Cleaner Production**, v. 215, p. 458–479, 2019.

COLLAÇO, F. M. DE A.; BERMANN, C. Perspectivas da Gestão de Energia em âmbito municipal no Brasil. **Estudos Avançados**, v. 31, n. 89, p. 213–235, 2017.

COLLING, A. V. et al. Brazilian recycling potential: Energy consumption and Green House Gases reduction. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 59, p. 544–549, 2016.

COLUNA, N. M. E. **Análise do potencial energético dos resíduos provenientes da cadeia agroindustrial da proteína animal no estado de são paulo**. Dissertação (Mestrado). Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo, 2016.

COMITÊ INTERSETORIAL PARA A POLÍTICA MUNICIPAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS. **Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Cidade de São Paulo**. São Paulo, p. 456, 2014. Disponível em: <<http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/servicos/arquivos/PGIRS-2014.pdf>>.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **EMISSÕES VEICULARES NO ESTADO DE SÃO PAULO - 2014**. São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://veicular.cetesb.sp.gov.br/relatorios-e-publicacoes/>>.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **CETESB webpage**. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/biogas/>>. Acesso em: 24 jan. 2018.

CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Consumo Eficiente de Energia Elétrica: Uma Agenda para o Brasil**. Rio de Janeiro: CEBDS, 2016.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA ENERGÉTICA- CEPE. **Plano Paulista de Energia PPE 2020**. São Paulo: 2012.

CONYERS, D., & HILLS, P. **An Introduction to Development Planning in the Third World**. New York, NY.: John Wiley and Sons, 1986.

CORRADO, V. et al. Data structuring for the ontological modelling of urban energy systems: The experience of the SEMANCO project. **Sustainable Cities and Society**, v. 14, n. 1, p. 223–235, 2015.

COSTA, E. et al. Interplay between ethanol and electric vehicles as low carbon mobility options for passengers in the municipality of São Paulo. **International Journal of Sustainable Transportation**, v. 11, n. 7, p. 518–525, 2017.

COVENANT OF MAYORS. Reducing Energy Dependence in European Cities. p. 1–17, 2014.

CRESWELL, J. W. **Projeto de Pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 2 edição ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

CREUTZIG, F. et al. Urban infrastructure choices structure climate solutions. **Nature Climate Change**, v. 6, n. 12, p. 1054–1056, 2016.

CREUTZIG, F. et al. Towards demand-side solutions for mitigating climate change. **Nature Climate Change**, v. 8, n. April, 2018.

CRUZ, R. B. C. et al. Sustentabilidade e Projetos Urbanos: a interação da forma urbana com a dinâmica social em países em desenvolvimento. **SBE16 Brazil & Portugal**, p. 1541–1550, 2016.

DAMASCENO, A. Rio de Janeiro: a cidade que os médicos pensaram e os engenheiros produziram. **Anais do IV seminário de História da Cidade e do Urbanismo**. Rio de Janeiro: PROURB – FAU/UFRJ. vol 1, 1996.

DANOVARO, R. et al. The deep-sea under global change. **Current Biology**, v. 27, n. 11, p. R461–R465, 2017.

DAVIDOFF, P. Advocacy and Pluralism in Planning. In: FAINSTEIN, S.; DEFILIPPIS, J. (Eds.) **Readings in Planning Theory**, 4th Edition ISBN: 978-1-119-04506-9 January 2016 Wiley-Blackwell 624 Pages.

DE LUCA, G. et al. A Renewable Energy System for a nearly Zero Greenhouse City: case study of a small city in southern Italy. **Energy**, v. 143, p. 347–362, 2017.

DEMENTJEVA, N. **Energy planning models analysis and their adaptability for estonian energy sector**. 2009. p.132. Tese (Doutorado). Faculty of Mechanical Engineering. Tallinn University of Technology, 2009.

DENHARDT, R. B. Strategic planning and state government management. **State Government**, v. 58, n. 4, p. 179–183, 1986.

DENIS, G. S.; PARKER, P. Community energy planning in Canada: The role of renewable energy. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 13, n. 8, p. 2088–2095, 2009.

DILEO, S.; SALVIA, M. Local strategies and action plans towards resource efficiency in South East Europe. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 68, n. September 2016, p. 286–305, 2017.

DINIZ, E. M.; BERMANN, C. Economia verde e sustentabilidade. **Estudos Avançados**, v. 26, n. 74, p. 323–330, 2012.

DUANMU, L. et al. A simplified method to predict hourly building cooling load for urban energy planning. **Energy and Buildings**, v. 58, p. 281–291, 2013.

DUJARDIN, S. et al. Home-to-work commuting, urban form and potential energy savings: A local scale approach to regional statistics. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 46, n. 7, p. 1054–1065, ago. 2012.

DUJARDIN, S.; MARIQUE, A.-F.; TELLER, J. Spatial planning as a driver of change in mobility and residential energy consumption. **Energy and Buildings**, v. 68, Part C, p. 779–785, jan. 2014.

EICKER, U. **Urban Energy Systems for Low Carbon Cities**. 1 edition , p. 473. Academic Press: 2018

ELETROBRAS; PROCEL-INFO. **PESQUISA DE POSSE DE EQUIPAMENTOS E HABITOS DE USO - ANO BASE 2005 (Região Sudeste)**. Rio de Janeiro:: 2007.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil – Condicionantes e Impactos. Recursos Energéticos**. Rio de Janeiro:: 2014. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/Série Estudos de Energia/DEA 19 - Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil - Condicionantes e Impactos VF \(Revisada\).pdf](http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/Série%20Estudos%20de%20Energia/DEA%2019%20-%20Inserção%20da%20Geração%20Fotovoltaica%20Distribuída%20no%20Brasil%20-%20Condicionantes%20e%20Impactos%20VF%20(Revisada).pdf)>.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Cenário econômico 2050- estudos econômicos**. Rio de Janeiro: 2015.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Plano Nacional de Energia 2050- Estudo sobre a Demanda**. Rio de Janeiro: 2016. Disponível em: <<http://informesanuales.xm.com.co/2013/SitePages/operacion/3-1-Demanda-de-energia-nacional.aspx>>.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2026 - Capítulo Introdução**. Rio de Janeiro: 2017.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2026 - Capítulo 1**. Rio de Janeiro: 2017.

EWING, R. The Impact of Urban Form on U . S . Residential Energy Use. **Housing Policy Debate**, v. 19, n. April 2013, p. 37–41, 2010.

EWING, R.; CERVERO, R. Travel and the Built Environment: A Synthesis. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, v. 1780, n. 01, p. 87–114, 2001.

EWING, R.; RONG, F. The impact of urban form on U.S. residential energy use. **Housing Policy Debate**, v. 19, n. 1, p. 1–30, 2008.

FACCHINI, A. et al. The energy metabolism of megacities. **Applied Energy**, v. 186, p. 86–95, 2017.

FAILING, L. A. **Energy, Sustainability and Communities: assessing the potential for Community Energy Planning in British Columbia**. PhD Thesis, School of Resource and Environmental Management. University of Manitoba, 1995.

FALUDE, A. WHAT IS PLANNING THEORY? In: FALUDE, A. (Ed.). . **A Reader in Planning Theory**. Oxford. New York. Toronto. Sydney. Paris. Frankfurt: Pergamon Press, 1973. p. 1–10.

FARR, D. **Sustainable urbanism: Urban design with nature**. New York: Wiley: 2008.

FARZANEH, H. et al. Developing a Tool to Analyze Climate Co-benefits of the Urban Energy System. **Procedia Environmental Sciences**, v. 20, p. 97–105, 2014.

FARZANEH, H. Development of a Bottom-up Technology Assessment Model for Assessing the Low Carbon Energy Scenarios in the Urban System. **Energy Procedia**, v. 107, n. September 2016, p. 321–326, 2017.

FARZANEH, H.; DOLL, C. N. H.; PUPPIM DE OLIVEIRA, J. A. An integrated supply-demand model for the optimization of energy flow in the urban system. **Journal of Cleaner Production**, v. 114, p. 269–285, 2016.

FCM- UNICAMP. São Paulo. Site Acessus, 2019. Disponível em: <<https://www.fcm.unicamp.br/acessus/municipios-pesquisados/sao-paulo>>. Acesso em 04 de agosto de 2019.

FENG, C.; WANG, M. Analysis of energy efficiency and energy savings potential in China's provincial industrial sectors. **Journal of Cleaner Production**, v. 164, p. 1531–1541, 2017.

FERRARI, S.; ZAGARELLA, F. Assessing Buildings Hourly Energy Needs for Urban Energy Planning in Southern European Context. **Procedia Engineering**, v. 161, p. 783–791, 2016.

FICHERA, A. et al. A model for mapping the energy consumption of buildings, transport and outdoor lighting of neighbourhoods. **Cities**, v. 55, p. 49–60, 2016.

FOXON, T. J. Transition pathways for a UK low carbon electricity future. **Energy Policy**, v. 52, p. 10–24, 2013.

FRIEDMANN, J. **Retracking America**. New York, NY.: Anchor/Doubleday, 1973.

FRIEDMANN, J. The world city hypothesis, Development and Change. **Development and Change**, v. 17, n. 1, p. 69–83, 1986.

FRIEDMANN, J. The Uses of Planning Theory. **Journal of Planning Education and Research**, v. 28, p. 247–257, 2008.

FRIEDMANN, J. The many cultures of planning. In: UPTON, R.; HEALEY, P. (Eds.). **Insurgencies: Essays in planning theory**. Oxon: Routledge, 2011. p. 164–206.

FRIGO, G. Energy ethics, homogenization, and hegemony: A reflection on the traditional energy paradigm. **Energy Research and Social Science**, v. 30, n. November 2016, p. 7–17, 2017.

FUNTOWICZ, Silvio; RAVETZ, Jerry. Ciência pós-normal e comunidades ampliadas de pares face aos desafios ambientais. **Hist. cienc. saude**. Manguinhos, Rio de Janeiro, v. 4, n. 2, p. 219-230, Oct. 1997. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010459701997000200002&lng=en&nrm=iso>. access on 01 June 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-59701997000200002>.

G. SIMOES, S. et al. INSMART – Insights on integrated modelling of EU cities energy system transition. **Energy Strategy Reviews**, v. 20, p. 150–155, 2018.

GAGO, E. J. et al. The city and urban heat islands: A review of strategies to mitigate adverse effects. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 25, p. 749–758, set. 2013.

GARGIULO, M. et al. An Integrated Planning Framework for the Development of Sustainable and Resilient Cities - The Case of the InSMART Project. **Procedia Engineering**, v. 198, n. September 2016, p. 444–453, 2017.

GELLER, H. et al. Policies for advancing energy efficiency and renewable energy use in Brazil. **Energy Policy**, v. 32, n. 12, p. 1437–1450, 2004.

GEURS, K. T.; RITSEMA VAN ECK, J. Accessibility measures: review and applications. Evaluation of accessibility impacts of land-use transportation scenarios, and related social and economic impact. **RIVM Report**, v. 787, p. 1–265, 2001.

GEZELIUS, S. S.; REFSGAARD, K. Barriers to rational decision-making in environmental planning. **Land Use Policy**, v. 24, n. 2, p. 338–348, 2007.

GIACONE, E.; MANCÒ, S. Energy efficiency measurement in industrial processes. **Energy**, v. 38, n. 1, p. 331–345, 2012.

GIATTI, L. L. **Uma contribuição à ciência pós-normal: aplicações e desafios da ampliação da comunidade de pares em contextos socioambientais e de saúde- *A contribution to the post-normal science applications and challenges for the extended peer community in socio-environ.*** 2013, 130p. Tese (Livre docência). Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, 2013.

GIURCO, D. et al. Responsible mineral and energy futures: Views at the nexus. **Journal of Cleaner Production**, v. 84, n. 1, p. 322–338, 2014.

GOLDEMBERG, J. Leapfrog energy technologies. **Energy Policy**, v. 26, n. 10, p. 729–741, 1998.

GOLDEMBERG, J. Pesquisa e desenvolvimento na área de energia. **São Paulo em Perspectiva**, v. 14, n. 3, p. 91–97, 2005.

GONZÁLEZ, C. G. M. **TRANSIÇÃO ENERGÉTICA GLOBAL E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: LIMITES E POSSIBILIDADES NO CAPITALISMO CONTEMPORÂNEO.** 2018. 200p. Tese (Doutorado). Instituto e Energia e Ambiente. Universidade de São Paulo, 2018.

GOODMAN, A.; SAHLQVIST, S.; OGILVIE, D. Who uses new walking and cycling infrastructure and how? Longitudinal results from the UK iConnect study. **Preventive Medicine**, v. 57, n. 5, p. 518–524, 2013.

GREENPEACE. **Como o incentivo à energia solar fotovoltaica pode transformar o Brasil.** São Paulo: 2018.

GREGÓRIO, V.; SEIXAS, J. Energy savings potential in urban rehabilitation: A spatial-based methodology applied to historic centres. **Energy and Buildings**, v. 152, p. 11–23, 2017.

GRUBLER, A. Energy transitions. In: CUTLER, J. (Ed.). . **Encyclopedia of Earth, Environmental Informat.** Washington, DC: 2008.

GRUBLER, A. et al. Urban Energy Systems. **Global energy assessment: Toward a sustainable future**, p. 1307–1400, 2012.

GRUBLER, A. Energy transitions research: Insights and cautionary tales. **Energy Policy**, v. 50, p. 8–16, 2012.

GUBA, E. G.; LINCOLN, Y. S. Competing Paradigms in Qualitative Research. In: **Handbook of Qualitative Research.** Thousand O. Sage, 1994. p. 105–117.

GUNAWARDENA, K. R.; WELLS, M. J.; KERSHAW, T. Utilising green and bluespace to mitigate urban heat island intensity. **Science of the Total Environment**, v. 584–585, p. 1040–1055, 2017.

HABITAT, U. **Guiding Principles for City Climate Action Planning.** 2015.

HAROUEL, J.L. **História do urbanismo.** Campinas, Papirus, 1990. IDOETA,

HAKE, J. et al. Ethics , sustainability and the water , energy , food nexus approach – a new integrated assessment of urban systems. **Energy Procedia**, v. 88, p. 236–242, 2016.

HALL, P. (1966). **The World Cities**. London: World University Library, Weidenfeld & Nicolson. Reprinted 1977, 1983.

HATI, S.; DEY, P.; DE, D. WLAN based energy efficient smart city design. **Microsystem Technologies**, 2017.

HAWKEY, D.; WEBB, J.; WINSKEL, M. Organisation and governance of urban energy systems: District heating and cooling in the UK. **Journal of Cleaner Production**, v. 50, p. 22–31, 2013.

HEALEY, P. Planning through debate: the communicative turn in planning theory. **Town Planning Review**, v. 63, n. 2, p. 143- 162., 1992.

HEALEY, P. Collaborative planning in perspective. **Planning Theory**, v. 2, n. 2, p. 101- 123., 2003.

HEAPS, C. **LEAP Data Requirements for Energy Planning and Mitigation Assessment**. p. 4, Stockholm Environment Institute SEI-US: 2006.

HEIDARINEJAD, M. et al. Personalized cooling as an energy efficiency technology for city energy footprint reduction. **Journal of Cleaner Production**, v. 171, p. 491–505, 2018.

HENDRICKSON, T. P.; NIKOLIC, M.; RAKAS, J. Selecting climate change mitigation strategies in urban areas through life cycle perspectives. **Journal of Cleaner Production**, v. 135, p. 1129–1137, 2016.

HESSEN, J. **Teoria do Conhecimento**. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

HILDINGSSON, R.; JOHANSSON, B. Governing low-carbon energy transitions in sustainable ways: Potential synergies and conflicts between climate and environmental policy objectives. **Energy Policy**, v. 88, p. 245–252, 2016.

HIREMATH, R. B. et al. Decentralized energy planning through a case study of a typical village in India. **Journal of Renewable and Sustainable Energy**, v. 1, n. 4, p. 043103, 2009.

HIREMATH, R. B. et al. Bottom-up approach for decentralised energy planning: Case study of Tumkur district in India. **Energy Policy**, v. 38, n. 2, p. 862–874, 2010.

HIREMATH, R. B.; SHIKHA, S.; RAVINDRANATH, N. H. Decentralized energy planning; modeling and application-a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 11, n. 5, p. 729–752, 2007.

HOFFMAN, K. C.; WOOD, D. O. Energy system modeling and forecasting. **Annu. Rev. Energy**. v.1, p. 423-453, 1976

HOLDEN, E.; LINNERUD, K. Housing and Sustainable Transport. In: SMITH, S. J. (Ed.). . **International Encyclopedia of Housing and Home**. San Diego: Elsevier, 2012. p. 294–300.

HOLLING, C. S. **Adaptive Environmental Assessment and Management**. Editora John Wiley & Sons. Chicester: 1978.

HOMCHAUDHURI, B.; LIN, R.; PISU, P. Hierarchical control strategies for energy management of connected hybrid electric vehicles in urban roads. **Transportation Research Part C: Emerging Technologies**, v. 62, p. 70–86, jan. 2016.

HOSIER, R. H. Urban energy systems in Tanzania. **Energy Policy**, v. 21, n. 5, p. 510–523, 1993.

HOURCADE, J.-C. et al. Hybrid Modeling : New Answers to Old Challenges. **The Energy Journal**, n. 2 [Special Issue], p. 1–12, 2006.

HUANG, Z. et al. Methods and tools for community energy planning: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 42, n. 4800, p. 1335–1348, 2015.

HUANG, Z. et al. A goal programming based model system for community energy plan. **Energy**, v. 134, p. 893–901, 2017.

HUGHES, N.; STRACHAN, N. Methodological review of UK and international low carbon scenarios. **Energy Policy**, v. 38, n. 10, p. 6056–6065, 2010.

HUKKALAINEN (NÉE SEPPONEN), M. et al. Energy planning of low carbon urban areas - Examples from Finland. **Sustainable Cities and Society**, v. 35, n. April, p. 715–728, 2017.

INFRAERO. Anuário Estatístico Operacional- 2016. p. 151, 2017.

INMETRO. **Instituto nacional de metrologia, normalização e qualidade industrial programa brasileiro de etiquetagem Programa Brasileiro de Etiquetagem**- Tabela de consumo de energia elétrica por tipo de aparelho eletroeletronico. Brasília: 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE. **Atlas do Censo Demográfico**. Rio de Janeiro. IBGE: 2010 Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=4&uf=00>>. Acesso em: 22 mar. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE. **Classificação Nacional de Atividades Econômicas**. Rio de Janeiro,: 2013. v. 41

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE. **Produção agrícola municipal: Culturas temporárias e permanentes 2013**. Rio de Janeiro, 2013.

INSTITUTO EKOS BRASIL GOKOK CONSULTORIA AMBIENTAL. **Inventário de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa do Município de São Paulo de 2003 a 2009 com atualização para 2010 e 2011 nos setores Energia e Resíduos**. São Paulo: ANTP, 2013.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Advanced local energy planning—a guidebook**. IEA: 2010.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. **Energy Technology Perspectives 2016**. Paris: OECD/IEA: 2017.

JABAREEN, Y. R. Sustainable Urban Forms: Their Typologies, Models, and Concepts. **Journal of Planning Education and Research**, v. 26, n. 1, p. 38–52, 2006.

JACCARD, M. **Sustainable Fossil Fuels- the unusual suspect in the quest for clean and enduring energy**. New York, NY.: Cambridge University Press, 2005.

JACOBI, PEDRO ROBERTO; BESEN, G. R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo : desafios da sustentabilidade. **Estudos Avançados**, v. 25, n. 71, p. 135–158, 2011.

JACOBI, P. R.; TRISTÃO, M.; FRANCO, M. I. G. C. A função social da educação ambiental nas práticas colaborativas: participação e engajamento. **Cadernos CEDES**, v. 29, n. 77, p. 63–79, 2009.

JACOBS, J. **Morte e vida de grandes cidades**; tradução Carlos S. Mendes Rosa ; revisão da tradução Maria Estela Heider Cavalheiro ; revisão técnica Cheila Aparecida Gomes Bailão. – 3 ed. – São Paulo : Editora WMF Martins Fontes, 2011 (Coleção cidades).

JEBARAJ, S.; INIYAN, S. A review of energy models. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 10, n. 4, p. 281–311, 2006.

JIN, X. et al. Optimal day-ahead scheduling of integrated urban energy systems. **Applied Energy**, v. 180, p. 1–13, 2016.

JOSHI, B.; BHATTI, T. S.; BANSAL, N. K. Decentralized energy planning model for a typical village in India. **Energy**, v. 17, n. 9, p. 869–876, 1992.

JOVANOVIĆ, M. et al. Sustainable development of the Belgrade energy system. **Energy**, v. 34, n. 5, p. 532–539, maio 2009.

JOVANOVIC, M.; AFGAN, N.; BAKIC, V. An analytical method for the measurement of energy system sustainability in urban areas. **Energy**, v. 35, n. 9, p. 3909–3920, 2010.

KALNBALKITE, A.; LAUKA, D.; BLUMBERGA, D. Urban Planning Needs. Clustering of Energy End Users. **Energy Procedia**, v. 113, p. 297–303, 2017.

KANTERS, J.; WALL, M.; DUBOIS, M. C. Typical values for active solar energy in urban planning. **Energy Procedia**, v. 48, p. 1607–1616, 2014.

KARLEZING, W. **How green is your city? The SustainLane U.S. city rankings**. 224p. New Society Publishers, 2007.

KAUFMAN, J. K., & JACOBS, H. M. A public planning perspective on strategic planning. **Journal of the American Planning Association**, v. 53, n. 1, p. 323–343, 1987.

KEIRSTEAD, J. et al. The impact of CHP (combined heat and power) planning restrictions on the efficiency of urban energy systems. **Energy**, v. 41, n. 1, p. 93–103, 2012.

KEIRSTEAD, J.; CALDERON, C. Capturing spatial effects, technology interactions, and uncertainty in urban energy and carbon models: Retrofitting newcastle as a case-study. **Energy Policy**, v. 46, p. 253–267, 2012.

KEIRSTEAD, J.; JENNINGS, M.; SIVAKUMAR, A. A review of urban energy system models: Approaches, challenges and opportunities. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, n. 6, p. 3847–3866, 2012.

KENNEDY, C.; CUDDIHY, J.; ENGEL-YAN, J. The Changing Metabolism of Cities. **Journal of Industrial Ecology**. v. 11, n. 2, 2007.

KENNEDY, C.; PINCETL, S.; BUNJE, P. Reply to “comment on ‘the study of urban metabolism and its applications to urban planning and design’ by Kennedy et al. (2011)”. **Environmental Pollution**, v. 167, p. 186, 2012.

KIKEGAWA, Y. et al. Impacts of city-block-scale countermeasures against urban heat-island phenomena upon a building’s energy-consumption for air-conditioning. **Applied Energy**, v. 83, n. 6, p. 649–668, 2006.

KLEEREKOPER, L.; VAN ESCH, M.; SALCEDO, T. B. How to make a city climate-proof, addressing the urban heat island effect. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 64, p. 30–38, 2012.

KLOSTERMAN, R. E. Arguments for and against planning. In: CAMPBELL, S.; FAINSTEIN, S. S. (Ed.). . **Readings in Planning Theory**. pp. 5-20, Liverpool University Press: 1996.

KOHLER, M. et al. Impacts of several urban-sprawl countermeasures on building (space heating) energy demands and urban heat island intensities. A case study. **Urban Climate**, 2017.

KOHLSDORF, M.E. Breve Histórico do Espaço Urbano como Campo Disciplinar. In: FARRET, R. (Org.) **O Espaço da Cidade: contribuição à análise urbana**. São Paulo: Projeto, 1985.

KOHLSDORF, M.E. **Ensaio sobre o Pensamento Urbanístico**. Brasília: UnB, 1996. (Mímeo).

KOIRALA, B. P. et al. Energetic communities for community energy: A review of key issues and trends shaping integrated community energy systems. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 56, p. 722–744, 2016.

KONZEN, G. **Difusão de sistemas fotovoltaicos residenciais conectados à rede no Brasil: uma simulação via modelo de Bass**. 2014, 108p. Dissertação (Mestrado). Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São paulo, 2016.

KORDAS, O.; LIU, G.; ULGIATI, S. Energy and urban systems. **Applied Energy**, v. 186, p. 83–85, 2017.

KURAHASSI. Gestão da Energia Elétrica - bases para uma política Pública Municipal. 2006. 267p. Tese (Doutorado) – Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

KURIYAN, K.; SHAH, N. Trade-offs in the Design of Urban Energy Systems. Proceedings of the **27th European Symposium on Computer Aided Process Engineering – ESCAPE 27**. October 1st - 5th, 2017, Barcelona, Spain: 2017.

KURZE, K.; LENSCHOW, A. Horizontal policy coherence starts with problem definition: Unpacking the EU integrated energy-climate approach. **Environmental Policy and Governance**, v. 28, n. 5, p. 329–338, 2016

LAFER, B. **Planejamento no Brasil**. 3 edição ed. São Paulo.: Perspectiva, 1987.

LAH, O. Factors of Change: The influence of policy environment factors on climate change mitigation strategies in the transport sector. **Transportation Research Procedia**, v. 25, p. 3499–3514, 2017.

LAM, K. L.; KENWAY, S. J.; LANT, P. A. Energy use for water provision in cities. **Journal of Cleaner Production**, v. 143, p. 699–709, 2017.

LANTSBERG, A. **SUSTAINABLE URBAN ENERGY PLANNING**. San Francisco, California: California Energy Commission, 2005.

LE, J. T.; LEVIN, L. A.; CARSON, R. T. Incorporating ecosystem services into environmental management of deep-seabed mining. **Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, v. 137, p. 486–503, 2017.

LEAL, V. M. S.; AZEVEDO, I. Setting targets for local energy planning: Critical assessment and a new approach. **Sustainable Cities and Society**, v. 26, p. 421–428, 2016.

LEDUC, W. R. W. A.; VAN KANN, F. M. G. Spatial planning based on urban energy harvesting toward productive urban regions. **Journal of Cleaner Production**, v. 39, p. 180–190, 2013.

LEE, D.; CHENG, C. C. Energy savings by energy management systems: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 56, p. 760–777, 2016.

LEE, K. **Compass and Gyroscope: Integrating Science and Politics for the Environment**. Washington D.C.: Island Press, 1993.

LEHMANN, S. Low carbon districts: Mitigating the urban heat island with green roof infrastructure. **City, Culture and Society**, v. 5, n. 1, p. 1–8, mar. 2014.

LEITMANN, J. *Sustaining Cities: Environmental Planning and Management in Urban Design*. New York, NY: McGraw-Hill: 1999.

LEVIN, L. A. et al. Defining “serious harm” to the marine environment in the context of deep-seabed mining. *Marine Policy*, v. 74, n. August, p. 245–259, 2016.

LEVINE, J.; GARB, Y. Congestion pricing’s conditional promise: Promotion of accessibility or mobility? *Transport Policy*, v. 9, n. 3, p. 179–188, 2002.

LI, F. G. N.; TRUTNEVYTE, E.; STRACHAN, N. A review of socio-technical energy transition (STET) models. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 100, p. 290–305, 2015.

LIANG, S.; ZHANG, T. Managing urban energy system: A case of Suzhou in China. *Energy Policy*, v. 39, n. 5, p. 2910–2918, 2011.

LINDBLOM, C. E. The science of “muddling through”. *Public Administration Review*, v. 19, p. 79–88, 1959.

LINDBLOM, C. E. Incrementalism and environmentalism. In: NEUSCHATZ, A. (Ed.). . *National Conference on Managing the Environment: Final Report*. Washington D.C.: U.S. Government Printing Office, 1973. p. 11–32.

LIU, D. et al. Study on integrated simulation model of Economic, Energy and Environment Safety system under the low-carbon policy in Beijing. *Procedia Environmental Sciences*, v. 5, p. 120–130, 2011.

LÜTHI, C. et al. Rethinking Sustainable Sanitation for the Urban Domain. *4th International Conference of the International Forum on Urbanism (IFOU)*, p. 451–462, 2009.

MAANEN, J. VAN. Reclaiming qualitative methods for organizational research: A preface. *Administrative Science Quarterly*, p. 520–527, 1979.

MADLENER, R.; SUNAK, Y. Impacts of urbanization on urban structures and energy demand: What can we learn for urban energy planning and urbanization management? *Sustainable Cities and Society*, v. 1, n. 1, p. 45–53, 2011.

MAKKONEN, M. et al. Policy coherence in climate change mitigation: An ecosystem service approach to forests as carbon sinks and bioenergy sources. *Forest Policy and Economics*, v. 50, p. 153–162, 2015.

MANFREN, M.; CAPUTO, P.; COSTA, G. Paradigm shift in urban energy systems through distributed generation: Methods and models. *Applied Energy*, v. 88, n. 4, p. 1032–1048, 2011.

MANN, S.; HARRIS, I.; HARRIS, J. The development of urban renewable energy at the existential technology research center (ETRC) in Toronto, Canada. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 10, n. 6, p. 576–589, 2006.

MANNHEIM, K. *Freedom, Power and Democratic Planning*. First ed. Routledge & Kegan Paul, 1951.

MARCHETTI C, NAKICENOVIC N, PETERKA V, & FLECK F. **The Dynamics of Energy Systems and the Logistic Substitution Model**. Executive Summary. IIASA Administrative Report AR-78-1A [July 1978].

MARINS, K. R. D. C. C. **Proposta metodológica para planejamento energético no desenvolvimento de áreas urbanas. O potencial da integração de estratégias e soluções em morfologia e mobilidade urbanas, edifícios, energia e meio ambiente: o caso da operação urbana Água Branca, no município de São Paulo**. 2010. 798p. Tese (Doutorado - Área de Concentração: Tecnologia da Arquitetura) – FAU-USP, 2010.

MARINS, K. R. D. C. C. A method for energy efficiency assessment during urban energy planning. **Smart and Sustainable Built Environment**, v. 3, n. 2, p. 132–152, 2014.

MARINS, K. R. D. C. C.; ROMÉRO, M. DE A. Urban and Energy Assessment from a Systemic Approach of Urban Morphology, Urban Mobility, and Buildings: Case Study of Agua Branca in Sao Paulo. **Journal of Urban Planning and Development**, v. 139, n. 4, p. 280–291, 2013.

MARINS, K. R. DE C. C.; ROMÉRO, M. DE A. Integração de condicionantes de morfologia urbana no desenvolvimento de metodologia para planejamento energético urbano. **Ambiente Construído**, v. 12, n. 4, p. 117–137, 2012.

MARKANDYA, A., Environmental costs and power system planning, **Utilities Policy**, October, pp. 13-27. 1990,

MARTINS, A. G. et al. Energy planning in urban historical centres A methodological approach with a case-study. **Energy Policy**, v. 26, n. 15, p. 1153–1165, 1998.

MATTSSON, C.; BUBENKO, J. A. An Optimization Model for Overall Urban Energy Planning. **IFAC Proceedings Volumes**, v. 11, n. 1, p. 1657–1659, 1978.

MAX BITTEL, H. et al. Locating Multi Energy Systems for A Neighborhood in Geneva Using K-Means Clustering. **Energy Procedia**, v. 122, p. 169–174, 2017.

MENDES, G.; IOAKIMIDIS, C.; FERRÃO, P. On the planning and analysis of Integrated Community Energy Systems: A review and survey of available tools. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 9, p. 4836–4854, 2011.

MERCEDES, S. S. P.; RICO, J. A. P.; POZZO, L. DE Y. Uma revisão histórica do planejamento do setor elétrico brasileiro. **Revista USP**, n. 104, p. 13–36, 2015.

MIEDZIŃSKI, M. Do policy makers tell good stories? Towards a multi-layered framework for mapping and analysing policy narratives embracing futures. **Futures**, v. 101, n. February, p. 10–25, 2018.

MIHAI, M. et al. Passive house analysis in terms of energy performance. **Energy and Buildings**, v. 144, p. 74–86, 2017.

MINGERS, J.; BROCKLESBY, J. Multimethodology: Towards a Framework for Mixing Methodologies. v. 25, n. 5, p. 489–509, 1997.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES - MCTIC. **Fatores de Emissão de CO₂ para utilizações que necessitam do fator médio de emissão do Sistema Interligado Nacional do Brasil- outubro 2017**. Brasília, MCTIC: 2017.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Balço Energético Nacional 2015: Ano-Base 2014** – Empresa de Pesquisa Energética – Brasília: MME/EPE, 2015.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Matrizes Elétricas Estaduais**. Brasília. MME: 2016. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/3580498/04+-+Matrizes+Elétricas+Estaduais+2016+-+ano+ref.+2015+%28PDF%29/ddfaad8c-a436-4aa8-b619-f95dd2cf689c?version=1.1>>.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **INVENTÁRIO NACIONAL DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS POR VEÍCULOS AUTOMOTORES RODOVIÁRIOS-2012**. Brasília, MMA: 2016.

MIRAKYAN, A. et al. Methodological Framework for the analysis and development of a sustainable, integrated, regional energy plan – A French region case study 1. **EcoMod2009**, p. 1–26, 2009.

MIRAKYAN, A.; DE GUIO, R. Integrated energy planning in cities and territories: A review of methods and tools. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 22, p. 289–297, 2013.

MØLLER, H. B.; SOMMER, S. G.; AHRING, B. K. Methane productivity of manure, straw and solid fractions of manure. **Biomass and Bioenergy**, v. 26, n. 5, p. 485–495, 2004.

MONFRÉ, M. A. M. MODELOS DE URBANISMO: CONCEITOS, DESENHOS E TIPOS CONFORME “O URBANISMO” DE FRANÇOISE CHOAY. **Revista Belas Artes**, v. 18, p. 15, 2015.

MONTE-MÓR, R. L. AS TEORIAS URBANAS E O PLANEJAMENTO URBANO NO BRASIL. In: DINIZ, C.C.; CROCCO, M. B. (Ed.). **Economia regional: contribuições teóricas recentes**. Belo Horizonte: Editora, UFMG., 2006. p. 61–85.

MONTE-MÓR, R. L. DE M. Planejamento Urbano no Brasil: Emergência e Consolidação. **Etc..., Espaço, Tempo E Crítica**, v. 1, n. 4, p. 71–96, 2007.

MORLET, C.; KEIRSTEAD, J. A comparative analysis of urban energy governance in four European cities. **Energy Policy**, v. 61, p. 852–863, 2013.

MORVAJ, B.; EVINS, R.; CARMELIET, J. Optimising urban energy systems: Simultaneous system sizing, operation and district heating network layout. **Energy**, v. 116, p. 619–636, 2016.

MÜLLER, G. R. R. **A influência do urbanismo sanitário na transformação do espaço urbano em Florianópolis**. 2002. 137p. Dissertação (Mestrado). Centro de Filosofia e Ciências Humanas. Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

MUNASINGHE, M., MEIER, P. **Energy Policy Analysis and Modelling**. New York: Cambridge University Press: 1993)

MUTANI, G. et al. Characterization of Building Thermal Energy Consumption at the Urban Scale. **Energy Procedia**, v. 101, n. September, p. 384–391, 2016.

NAKATA, T. Energy-economic models and the environment. **Progress in Energy and Combustion Science**, v. 30, n. 4, p. 417–475, 2004.

NASTASI, B.; DI MATTEO, U. Solar Energy Technologies in Sustainable Energy Action Plans of Italian Big Cities. **Energy Procedia**, v. 101, n. September, p. 1064–1071, 2016.

NEA. **Projected Costs of Generating Electricity**. Paris: 2015.

NEVES, A. R.; LEAL, V. An exploratory study on energy sustainability indicators for local energy planning. **WIT Transactions on Ecology and the Environment**, v. 120, p. 611–622, 2009.

NEVES, A. R.; LEAL, V. Energy sustainability indicators for local energy planning: Review of current practices and derivation of a new framework. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 14, n. 9, p. 2723–2735, 2010.

NG, E. et al. A study on the cooling effects of greening in a high-density city: An experience from Hong Kong. **Building and Environment**, v. 47, p. 256–271, jan. 2012.

NIEMI, R.; MIKKOLA, J.; LUND, P. D. Urban energy systems with smart multi-carrier energy networks and renewable energy generation. **Renewable Energy**, v. 48, p. 524–536, 2012.

NISSING, C.; VON BLOTTNITZ, H. An economic model for energisation and its integration into the urban energy planning process. **Energy Policy**, v. 38, n. 5, p. 2370–2378, 2010a.

NISSING, C.; VON BLOTTNITZ, H. Renewable energy for sustainable urban development: Redefining the concept of energisation. **Energy Policy**, v. 38, n. 5, p. 2179–2187, 2010b.

NIU, S.; PAN, W.; ZHAO, Y. A BIM-GIS Integrated Web-based Visualization System for Low Energy Building Design. **Procedia Engineering**, v. 121, p. 2184–2192, 2015.

NTWI-AGYEI, P.; DOUGILL, A. J.; STRINGER, L. C. Assessing coherence between sector policies and Climate Compatible Development: **Opportunities for triple wins. Sustainability (Suíça)**, v. 9, n. 11, p. 1–16, 2017.

O'CONNOR, J., SEYMOUR, J. **Introdução à programação Neurolinguística**. São Paulo, Summus, 1995.

OKOLI, C.; SCHABRAM, K. A Guide to Conducting a Systematic Literature Review of Information Systems Research. v. 10, n. 26, 2010.

OLDENBERG, O. et al. Model-based analysis of urban energy systems (On the basis of a city's energy master plan). **Emergence: Complexity and Organization**, v. 17, n. 2, 2015.

OLIVEIRA, F.; BOLAFFI, G. Aspectos Metodológicos do Planejamento Urbano no Brasil *. **SciELO**, v. 10, n. 1, p. 155–162, 1970.

OUHAJJOU, N. et al. Stakeholder-oriented energy planning support in cities. **Sustainable Cities and Society**, v. 28, p. 482–492, 2017.

PACHAURI, A. R. K.; SRIVASTAVA, L. Integrated Energy Planning in India : A Modeling Approach Published. **International Association for Energy Economics**, v. 9, n. 4, p. 35–48, 1988.

PAGNUSSAT, J. L. Introdução: Teoria do Planejamento. In: GIACOMONI, J. (Ed.). . **Planejamento e orçamento governamental**. Brasília: ENAP, 2006. p. 9–65.

PASIMENI, M. R. et al. Scales, strategies and actions for effective energy planning: A review. **Energy Policy**, v. 65, p. 165–174, 2014.

PENG, B. et al. Urban passenger transport energy saving and emission reduction potential: A case study for Tianjin, China. **Energy Conversion and Management**, v. 102, p. 4–16, 2015a.

PENG, B. et al. Urban passenger transport energy saving and emission reduction potential: A case study for Tianjin, China. **Energy Conversion and Management**, v. 102, n. May, p. 4–16, 2015b.

PERERA, A. T. D. et al. Quantifying the impact of urban climate by extending the boundaries of urban energy system modeling. **Applied Energy**, v. 222, n. December 2017, p. 847–860, 2018.

PERMANA, A. S. et al. Creating the Synergy of Land Use, Transport, Energy and Environment Elements towards Climate Change Co-benefits. **International Journal of Built Environment and Sustainability**, v. 2, n. 1, p. 17–28, 2015.

PETTICREW, M.; ROBERTS, H. **Systematic Reviews in the Social Sciences: A Practical Guide**. Blackwell:2006.

PFENNINGER, S.; HAWKES, A.; KEIRSTEAD, J. Energy systems modeling for twenty-first century energy challenges. **RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS**, v. 33, p. 74–86, 2014.

PHDUNGSILP, A. Integrated energy and carbon modeling with a decision support system: Policy scenarios for low-carbon city development in Bangkok. **Energy Policy**, v. 38, n. 9, p. 4808–4817, 2010.

PIMENTA, A. P. A. **Legislação Básica do Setor Elétrico Brasileiro**. Brasília: ANEEL, 2010.

PINCETL, S.; BUNJE, P.; HOLMES, T. An expanded urban metabolism method: Toward a systems approach for assessing urban energy processes and causes. **Landscape and Urban Planning**, v. 107, n. 3, p. 193–202, 2012;

POHEKAR, S. D.; RAMACHANDRAN, M. Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning - A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 8, n. 4, p. 365–381, 2004.

PORTER, L. **Unlearning the colonial cultures of planning**. Farnham: Ashgate Publishing limited, 2011. v. 48

POZZEBON, M. **Anatomia de uma pesquisa qualitativa**, 2016.

PRASAD, R. D.; BANSAL, R. C.; RATURI, A. Multi-faceted energy planning: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 38, p. 686–699, 2014.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO- PMSP. **Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Município de São Paulo - Síntese**. 20p. São Paulo, PMSP: 2005.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO- PMSP. Ligue Ilume. **Site da Prefeitura de São Paulo, programa ILUME**, 13 de setembro de 2007. Disponível em: <<https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/inovacao/noticias/?p=156>>. Acesso em 04 de agosto de 2019.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO- PMSP. **Política de Mudança do Clima no Município de São Paulo**. São Paulo, PMSP: 2009.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO- PMSP. **Plano Municipal de Saneamento Básico de São Paulo**. São Paulo, PMSP: 2010. Disponível em: <http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/habitacao/arquivos/PMSB_Volume_I.pdf>.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO- PMSP. **Plano Diretor Estratégico do município de São Paulo**. São Paulo, PMSP: 2014.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO- PMSP. **Plano de Mobilidade de São Paulo, 2015**. São Paulo: PMSP: 2016.

PROENÇA, L. C. et al. Potential for electricity savings by reducing potable water consumption in a city scale. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 55, n. 11, p. 960–965, 2011.

PULIDO BARRERA, P.; ROSALES CARREÓN, J.; DE BOER, H. J. A multi-level framework for metabolism in urban energy systems from an ecological perspective. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 132, n. March 2016, p. 230–238, 2018.

QUINN, J. Strategic change: local incrementalism. **Sloan Management Review**, v. 20, p. 7-22., 1978.

QUIQUEREZ, L. et al. The role of district heating in achieving sustainable cities: Comparative analysis of different heat scenarios for Geneva. **Energy Procedia**, v. 116, p. 78–90, 2017.

QUIVY, R.; CAMPENHOUDT, L. VAN. **Manual de Investigaçao em Ciências Sociais**. 4ª ed. Lisboa: Gradiva, 2005.

RATTI, C.; BAKER, N.; STEEMERS, K. Energy consumption and urban texture. **Energy and Buildings**, v. 37, n. 7, p. 762–776, 2005.

RAVALDE, T.; KEIRSTEAD, J. Comparing performance metrics for multi-resource systems: the case of urban metabolism. **Journal of Cleaner Production**, v. 163, p. S241–S253, 2017.

REDE NOSSA SÃO PAULO. **Plano de gestão integrada de resíduos sólidos da cidade de são paulo: Balanço dos cinco anos da Política Municipal de Clima de São Paulo**. 2014 (apresentação).

REN, H.; GAO, W. A MILP model for integrated plan and evaluation of distributed energy systems. **Applied Energy**, v. 87, n. 3, p. 1001–1014, 2010.

REYES-MENDY, F. et al. Policy statement coherence: A methodological proposal to assess environmental public policies applied to water in Chile. **Environmental Science and Policy**, v. 42, p. 169–180, 2014.

RIBEIRO, F. P. **Do discurso da diversidade urbana à cidade-mercadoria: um estudo sobre as idéias do new urbanism e sua transferência para o empreendimento pedra branca em palhoça/sc**. 2009. 195p. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia Universidade Federal De Santa Catarina, 2009.

RITTEL, H.; WEBBER, M. Dilemmas in a General Theory of Planning. **Springer**, v. 4, n. 2, p. 155–169, 1973.

RIVERA, R.; ESPOSITO, A. S.; TEIXEIRA, I. Redes elétricas inteligentes (smart grid): oportunidade para adensamento produtivo e tecnológico local. **Revista do BNDES** 40, p. 43–84, 2013.

ROBINSON, D. Urban morphology and indicators of radiation availability. **Solar Energy**, v. 80, n. 12, p. 1643–1648, 2006.

ROCHA, C. M. DA. **Proposta de implantação de um biodigestor anaeróbio de resíduos alimentares**. 2016. 61p. Trabalho de Conclusão de Curso. Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Juiz de Fora, 2016.

ROCKMANN, R. **20 anos do mercado Brasileiro de energia elétrica**. 1. ed. 236p. - São Paulo: CCEE, 2019. Disponível em: <<http://esporte.uol.com.br/lutas/album/2013/11/12/20-anos-do-ufc.htm>>.

RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, D. et al. Urban self-sufficiency through optimised ecosystem service demand. A utopian perspective from European cities. **Futures**, v. 70, p. 13–23, 2015.

ROGGE, K. S.; KERN, F.; HOWLETT, M. Conceptual and empirical advances in analysing policy mixes for energy transitions. **Energy Research and Social Science**, v. 33, n. October, p. 1–10, 2017.

ROJAS, S. P. Análise Exergética , Termoeconômica E Ambiental De Um Sistema De Geração De Energia . Estudo De Caso : Usina Termoelétrica Ute - Rio Madeira. p. 176, 2007.

ROSALES CARREÓN, J.; WORRELL, E. Urban energy systems within the transition to sustainable development. A research agenda for Urban Metabolism. **Resources, Conservation & Recycling**, n. August, p. 0–1, 2018a.

ROSALES CARREÓN, J.; WORRELL, E. Urban energy systems within the transition to sustainable development. A research agenda for urban metabolism. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 132, n. August 2017, p. 258–266, 2018b.

RUPARATHNA, R. et al. Climate conscious regional planning for fast-growing communities. **Journal of Cleaner Production**, v. 165, p. 81–92, 2017.

RUTTER, P.; KEIRSTEAD, J. A brief history and the possible future of urban energy systems. **Energy Policy**, v. 50, p. 72–80, nov. 2012.

SABESP. **Relatório de Sustentabilidade 2015**. Sabesp: 2015.

SADOWNIK, B.; JACCARD, M. Sustainable energy and urban form in China: the relevance of community energy management. **Energy Policy**, v. 29, n. 1, p. 55–65, jan. 2001.

SALDIVA, P. **Vida urbana e saúde**. São Paulo: Contexto, 2018.

SAMPAIO, H. C.; DIAS, R. A.; BALESTIERI, J. A. P. Sustainable urban energy planning: The case study of a tropical city. **Applied Energy**, v. 104, p. 924–935, 2013.

SAMSATLI, S.; SAMSATLI, N. J. A general mixed integer linear programming model for the design and operation of integrated urban energy systems. **Journal of Cleaner Production**, v. 191, p. 458–479, 2018.

SANDRONI, P. **Novíssimo dicionário de economia**. São Paulo: Best Seller, 1999.

SAVAGE, D. **Energy Savings from Building Energy Management Systems**. Massachusetts: Schneider Electric, 2009.

SCHLUEP, M. et al. Recycling – From E- Waste To Resources. **United Nations Environment Programme & United Nations University**, p. 120, 2009.

SCHULZE, M. et al. Energy management in industry - A systematic review of previous findings and an integrative conceptual framework. **Journal of Cleaner Production**, v. 112, p. 3692–3708, 2016.

SCOBIE, M. Policy coherence in climate governance in Caribbean Small Island Developing States. **Environmental Science and Policy**, v. 58, p. 16–28, 2016.

SEADE. **SP Demográfico, resenha de estatísticas vitais do estado de São Paulo: a**

população regional paulista em perspectiva histórica (projeções demográficas até 2050). São Paulo: SEADE, 2017.

SEADE, F. **Website SEADE.** Disponível em: <<http://www.seade.gov.br/lista-produtos/>>. Acesso em: 24 jan. 2018.

SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTACIMENTO. **Levantamento Censitário das unidades de Produção agropecuária do estado de São Paulo.** São Paulo:LUPA, 2009.

SECRETARIA DE ENERGIA DO ESTADO DE SP. **Anuário Estatístico de Energéticos por Município no Estado de São Paulo - 2008 ano base 2007.** São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, 2008.

SECRETARIA DE ENERGIA DO ESTADO DE SP. **Anuário Estatístico de Energéticos por Município no Estado de São Paulo - 2009 ano base 2008.** São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, 2009.

SECRETARIA DE ENERGIA DO ESTADO DE SP. **Anuário Estatístico de Energéticos por Município no Estado de São Paulo - 2010 ano base 2009.** São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, 2010.

SECRETARIA DE ENERGIA DO ESTADO DE SP. **Anuário Estatístico de Energéticos por Município no Estado de São Paulo - 2011 ano base 2010.** São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, 2011.

SECRETARIA DE ENERGIA DO ESTADO DE SP. **Matriz Energética do Estado de São Paulo 2035.** São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, 2011.

SECRETARIA DE ENERGIA DO ESTADO DE SP. **Anuário Estatístico de Energéticos por Município no Estado de São Paulo - 2012 ano base 2011.** São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, 2012.

SECRETARIA DE ENERGIA DO ESTADO DE SP. **Anuário Estatístico de Energéticos por Município no Estado de São Paulo - 2013 ano base 2012.** São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, 2013.

SECRETARIA DE ENERGIA DO ESTADO DE SP. **Energia Solar Paulista: levantamento do potencial.** São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, 2013.

SECRETARIA DE ENERGIA DO ESTADO DE SP. **Anuário Estatístico de Energéticos por Município no Estado de São Paulo - 2014 ano base 2013.** São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, 2014

SECRETARIA DE ENERGIA DO ESTADO DE SP. **Anuário Estatístico de Energéticos por Município no Estado de São Paulo - 2015 ano base 2014.** São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://www.energia.sp.gov.br>>.

SECRETARIA DE ENERGIA DO ESTADO DE SP. **Anuário Estatístico de Energéticos por Município no Estado de São Paulo - 2016 ano base 2015.** São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, 2016.

SECRETARIA DE ENERGIA DO ESTADO DE SP. **Anuário Estatístico de Energéticos por Município no Estado de São Paulo - 2017 ano base 2016**. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, 2017.

SHARP, F. et al. The use and environmental impact of daylighting. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 462–471, 15 dez. 2014.

SHASHUA-BAR, L.; HOFFMAN, M. E. Vegetation as a climatic component in the design of an urban street. **Energy and Buildings**, v. 31, n. 3, p. 221–235, 2000.

SIGNORINI, V. B.; VIANNA, S. D.; SALAMONI, I. Análise do potencial de geração de energia solar fotovoltaica em um sistema integrado à edificação e interligado à rede – estudo de caso no prédio administrativo do campus porto da UFPEL. 3o SNCS – **Seminário Nacional de Construções Sustentáveis**, n. 1, p. 10, 2014.

SILVA, M. et al. **O Setor elétrico brasileiro e a Sustentabilidade no século 21: oportunidades e desafios**. 2 edição ed. Brasília: Brasil.: Org. Paula Franco Moreira, 2012.

SILVA, M.; OLIVEIRA, V.; LEAL, V. Urban Form and Energy Demand: A Review of Energy-relevant Urban Attributes. **Journal of Planning Literature**, v. 32, n. 4, p. 346–365, 2017.

SIMÕES, S. et al. Cost of energy and environmental policy in Portuguese CO2 abatement-scenario analysis to 2020. **Energy Policy**, v. 36, n. 9, p. 3598–3611, 2008.

SIMOES, S.; HUPPES, G.; SEIXAS, J. A Tangled Web: Assessing overlaps between energy and environmental policy instruments along the electricity supply chain. **Environmental Policy and Governance**, v. 25, n. 6, p. 439–458, 2015.

SMDU; DEINFO. **Infocidade webpage**. Disponível em: <<http://infocidade.prefeitura.sp.gov.br/>>. Acesso em: 24 jan. 2018.

SONG, Y.; PRESTON, J.; OGILVIE, D. New walking and cycling infrastructure and modal shift in the UK: A quasi-experimental panel study. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 95, p. 320–333, 2017.

STRACHAN, N., WARREN, P., Incorporating behavioural complexity in energy-economic models. **UK Energy Research Centre Conference on: Energy and People: Futures, Complexity and Challenges**. UCL Energy Institute, University College London, Oxford, UK, pp. 1–20. 2011.

SYAFIL, N. I. et al. Experimental Study on the Influence of Urban Water Body on Thermal Environment at Outdoor Scale Model. **Procedia Engineering**, v. 169, p. 191–198, 2016.

TALEB, H. M. Using passive cooling strategies to improve thermal performance and reduce energy consumption of residential buildings in U . A . E . buildings. **Frontiers of Architectural Research**, v. 3, n. 2, p. 154–165, 2014.

- TAYLOR, Nigel. **Urban planning theory since 1945**. Londres: Sage, 1998. TORRE,
- THEODORIDOU, I. et al. Assessment of retrofitting measures and solar systems' potential in urban areas using Geographical Information Systems: Application to a Mediterranean city. **RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS**, v. 16, n. 8, p. 6239–6261, 2012.
- TOMÁS, Eliane D. **O Tietê, o higienismo e as transformações na cidade de São Paulo (1890-1930)**. 1996. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.
- TORABI MOGHADAM, S. et al. Urban energy planning procedure for sustainable development in the built environment: A review of available spatial approaches. **Journal of Cleaner Production**, v. 165, p. 811–827, 2017.
- TRUDEAU, N. et al. **Energy transition for industry: India and the global context** IEA **Information Paper** Paris: IEA, 2011.
- TRUJILLO, J. L.; PARILLA, J. Redefining Global Cities: The Seven Types Of Global Metro Economies. **Brookings Institution**, n. Mi, p. 64, 2016.
- TRUTNEVYTE, E. et al. Context-specific energy strategies: Coupling energy system visions with feasible implementation scenarios. **Environmental Science and Technology**, v. 46, n. 17, p. 9240–9248, 2012.
- TSUJI, K. A Challenge Toward Establishing Environmentally Compatible Energy Efficient Infrastructure. **IFAC Proceedings Volumes**, v. 37, n. 11, p. 29–31, 2004.
- TUCCI, F. et al. Natural ventilation and passive cooling for energy efficiency of residential buildings in Mediterranean climate. **Journal City Safety Energy**, n. 1, p. 156–165, 2015.
- UN-HABITAT. **World Cities Report 2016 - Urbanization and Development: Emerging Futures**. Nairobi: UN-HABITAT, 2017. Disponível em: <<http://wcr.unhabitat.org/main-report/>>.
- UNITED NATIONS. World Population Prospects: The 2017 Revision, Key Findings and Advance Tables. p. 46, 2017.
- UNTERNAHRER, J. et al. Spatial clustering for district heating integration in urban energy systems: Application to geothermal energy. **Applied Energy**, v. 190, p. 749–763, 2017.
- VAN AUDENHOVE, F.-J. et al. **The Future of Urban Mobility 2.0: Imperatives to Shape Extended Mobility Ecosystems of Tomorrow**. UITP: 2014.
- VAN DAM, K. H.; KEIRSTEAD, J. Re-use of an ontology for modelling urban energy systems. **Next generation infrastructure systems for eco-cities**, p. 1–6, 2010.
- VAN RUIJVEN, B. et al. Modeling Energy and Development: An Evaluation of Models and Concepts. **World Development**, v. 36, n. 12, p. 2801–2821, 2008.
- VAZ MONTEIRO, M. et al. The impact of greenspace size on the extent of local nocturnal air

temperature cooling in London. **Urban Forestry and Urban Greening**, v. 16, p. 160–169, 2016.

VENGHAUS, S.; HAKE, J. F. Nexus thinking in current EU policies - The interdependencies among food, energy and water resources. **Environmental Science and Policy**, v. 90, n. February 2017, p. 183–192, 2018.

VERBONG, G.; LOORBACH, D. **Governing the energy transition**. London: Routledge, 2012.

VISBECK, M. Ocean science research is key for a sustainable future. **Nature Communications**, v. 9, n. 1, p. 1–4, 2018.

VOULIS, N.; WARNIER, M.; BRAZIER, F. M. T. Impact of service sector loads on renewable resource integration. **Applied Energy**, v. 205, n. September, p. 1311–1326, 2017.

WANG, K.; SIEBERS, P. O.; ROBINSON, D. Towards Generalized Co-simulation of Urban Energy Systems. **Procedia Engineering**, v. 198, n. September 2016, p. 366–374, 2017.

WEBB, J.; HAWKEY, D.; TINGEY, M. Governing cities for sustainable energy: The UK case. **Cities**, v. 54, p. 28–35, 2016.

WENNERSTEN, R.; SUN, Q.; DE JONG, M. How can the gradual development of more sustainable energy systems be integrated in urban planning in China? **Energy Procedia**, v. 88, p. 23–30, 2016.

WHEELER, S. M. **Planning for Sustainability: creating livable, equitable, and ecological communities**. London and New York: Routledge., 2013.

WILDAVSKY, A. If planning is everything, maybe it's nothing. **Policy Sciences**, v. 4, n. 2, p. 127–153, 1973.

WILSON, M. et al. The Design Process for Energy Efficient New and Refurbished Housing for EC Thermie SUNH and SHINE Projects. **Building**, 2002.

WONG, N. H.; YU, C. Study of green areas and urban heat island in a tropical city. **Habitat International**, v. 29, n. 3, p. 547–558, 2005.

WU, J. et al. Integrated Energy Systems. **Applied Energy**, v. 167, p. 155–157, 2016a.

WU, Q. et al. Locked post-fossil consumption of urban decentralized solar photovoltaic energy: A case study of an on-grid photovoltaic power supply community in Nanjing, China. **Applied Energy**, v. 172, p. 1–11, 15 jun. 2016b.

XU, B.; ZHOU, S.; HAO, L. Approach and practices of district energy planning to achieve low carbon outcomes in China. **Energy Policy**, v. 83, p. 109–122, 2015.

YAMAGUCHI, Y.; SHIMODA, Y.; MIZUNO, M. Transition to a sustainable urban energy system from a long-term perspective: Case study in a Japanese business district. **Energy and Buildings**, v. 39, n. 1, p. 1–12, 2007a.

YAMAGUCHI, Y.; SHIMODA, Y.; MIZUNO, M. Proposal of a modeling approach considering urban form for evaluation of city level energy management. **Energy and Buildings**, v. 39, n. 5, p. 580–592, maio 2007b.

YANG, D. et al. Sectoral energy-carbon nexus and low-carbon policy alternatives: A case study of Ningbo, China. **Journal of Cleaner Production**, v. 156, p. 480–490, 2017.

YANG, G.; LI, Z.; AUGENBROE, G. Development of prototypical buildings for urban scale building energy modeling: A reduced order energy model approach. **Science and Technology for the Built Environment**, v. 24, n. 1, p. 33–42, 2018.

YANG, H. A Construal Model Perspective on Discourse Coherence. **English Language Teaching**, v. 8, n. 10, p. 133–141, 2015.

YAZDANIE, M.; DENSING, M.; WOKAUN, A. Cost optimal urban energy systems planning in the context of national energy policies: a case study for the city of Basel. **Energy Policy (accepted)**, v. 110, n. June, p. 176–190, 2017.

YEO, I.-A.; YEE, J.-J. Development of an automated modeler of environment and energy geographic information (E-GIS) for ecofriendly city planning. **Automation in Construction**, p. 16, 2016.

YEO, I.-A.; YOON, S.-H.; YEE, J.-J. Development of an Environment and energy Geographical Information System (E-GIS) construction model to support environmentally friendly urban planning. **Applied Energy**, v. 104, p. 723–739, abr. 2013a.

YEO, I.-A.; YOON, S.-H.; YEE, J.-J. Development of an urban energy demand forecasting system to support environmentally friendly urban planning. **Applied Energy**, v. 110, p. 304–317, out. 2013b.

YEO, I. A.; YEE, J. J. A proposal for a site location planning model of environmentally friendly urban energy supply plants using an environment and energy geographical information system (E-GIS) database (DB) and an artificial neural network (ANN). **Applied Energy**, v. 119, p. 99–117, 2014.

YIFTACHEL, O. Planning and social control: Exploring the dark side. **Journal of Planning Literature**, v. 12, n. 4, p. 396–406, 1998.

ZANON, B.; VERONES, S. Climate change, urban energy and planning practices: Italian experiences of innovation in land management tools. **Land Use Policy**, v. 32, p. 343–355, maio 2013.

ZHANG, B. et al. The cooling effect of urban green spaces as a contribution to energy-saving and emission-reduction: A case study in Beijing, China. **Building and Environment**, v. 76, p. 37–43, 2014.

ZHANG, C. et al. From Numerical Model to Computational Intelligence: The Digital Transition of Urban Energy System. **Energy Procedia**, v. 143, p. 884–890, 2017.

ZHANG, L.; FENG, Y.; CHEN, B. Alternative scenarios for the development of a low-carbon city: A case study of Beijing, China. **Energies**, v. 4, n. 12, p. 2295–2310, 2011.

ZHANG, T.; SUN, B.; LI, W. The economic performance of urban structure: From the perspective of Polycentricity and Monocentricity. **Cities**, v. 68, n. March, p. 18–24, 2017.

ZHANG, Y. et al. Ecological network analysis of an urban energy metabolic system: Model development, and a case study of four Chinese cities. **Ecological Modelling**, v. 221, n. 16, p. 1865–1879, 2010.

ZHANG, Y.; ZHANG, J.; YANG, Z. Network relationship analysis of urban energy metabolic system. **Procedia Environmental Sciences**, v. 2, n. 5, p. 1407–1412, 2010.

ZHENG, X. et al. Optimization based planning of urban energy systems: Retrofitting a Chinese industrial park as a case-study. **Energy**, v. 139, p. 31–41, 2017.

ANEXOS

Anexo I– Revisão conceitos análogos a Planejamento Energético Urbano e Sistemas de Energia Urbanos

O Quadro 13, apresentado na seção 3.1 da Parte II desta pesquisa, revela as definições dos conceitos de Planejamento Energético local, descentralizado, ou urbano, suas referências, e um enunciado genérico e abrangente dos mesmos conceitos encontrados na literatura. A partir de uma leitura mais criteriosa de cada conceito, é possível verificar que eles são, basicamente, estratégias derivadas do Planejamento Integrado de Recursos, que emergiu durante a década de 1970, quando a Agência Internacional de Energia propôs o planejamento como resposta à crise do petróleo, aumentando a eficiência energética e a diversidade do uso de recursos de energia, a fim de reduzir a dependência do petróleo estrangeiro e dos derivados de fontes fósseis.

Quadro 13 – Resumo dos termos semelhantes aos termos PEU e SEU

TERMOS	REFERÊNCIAS	CARACTERÍSTICAS GERAIS COMUNS
PLANEJAMENTO DE ENERGIA LOCAL AVANÇADO	(INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2010); (NISSING AND VON BLOTTNITZ, 2010); (PRASAD et al., 2014)	Em geral, estes termos estão relacionados a uma tendência de crescimento recente em que o planejamento energético é realizado em âmbito local – por exemplo, na cidade – ou é associado ao planejamento urbano (como uma variável a ser considerada). Eles lidam com a descentralização da tomada de decisão, assim como com uma geração e conservação de energia local. Ainda, podem estar associados aos ambientes rurais. Algumas das principais motivações por trás de todos estes termos incluem o desejo de reduzir as emissões de GEE, limitar a exposição ao aumento dos preços da eletricidade gerada centralmente, transicionar para um sistema energético mais autossuficiente, aumentar os ganhos de conservação de energia, reduzir as perdas nas redes de transmissão e de distribuição e aumentar o engajamento dos cidadãos no desenvolvimento do planejamento energético local.
PLANO/GESTÃO DE ENERGIA COMUNITÁRIO GOVERNANÇA COMUNITÁRIA DA ENERGIA SISTEMA INTEGRADO DE ENERGIA COMUNITÁRIA	(FAILING, 1995); (DENIS AND PARKER, 2009); (KOIRALA et al., 2016); (HUANG et al., 2017) ;	
PLANEJAMENTO ENERGÉTICO DESCENTRALIZADO	(HIREMATH et al., 2010, 2009, 2007)	
PLANEJAMENTO URBANO ECOLOGICAMENTE CORRETO	(YEO et al., 2013)	
PLANEJAMENTO INTEGRADO DE ENERGIA SISTEMA INTEGRADO DE ENERGIA URBANA	(MIRAKYAN AND DE GUIO, 2013B); (MENDES et al. ,2011)	
SUSTENTABILIDADE ENERGÉTICA LOCAL	(NEVES;LEAL, 2010)	
PLANEJAMENTO MUNICIPAL DE ENERGIA GESTÃO MUNICIPAL DE ENERGIA	(COLLAÇO AND BERMANN, 2017); (KURAHASSI, 2006)	
PLANEJAMENTO URBANO SUSTENTÁVEL DA ENERGIA	(LANTSBERG et al., 2005); (LEDUC; VAN KANN, 2013)	
PLANEAMENTO ENERGÉTICO INTEGRADO URBANO E REGIONAL GOVERNANÇA URBANA DE ENERGIA USO DA ENERGIA URBANA	(BAYNES et al., 2011); MIRAKYAN; DE GUIO, 2013A) (TORABI MOGHADAM et al., 2017)	

Fonte: adaptado de Collaço e Bermann (2017).

A partir de determinadas estratégias – Planejamento Energético Local Avançado, Plano/Gestão Energética Comunitária, Governança Comunitária de Energia, Planejamento Energético Integrado Urbano e Regional e Governança de Energia Urbana –, o objetivo é desenvolver uma política de maior envolvimento e engajamento de atores locais para a fundamentação do planejamento energético. A administração pública, os cidadãos, as empresas privadas, ONGs, a academia e demais instituições são alguns dos atores que fazem parte de determinado território e afetam e são afetados pelas questões energéticas de forma geral. Além disso, essas estratégias se concentram principalmente na eficiência energética com foco na

análise sobre a demanda e no aumento da utilização de energia renovável local (HUANG et al., 2017).

Em termos como o Planejamento Energético Local Avançado, Planejamento Energético Descentralizado, Planejamento Energético Integrado, Planejamento Energético Municipal e Gestão Energética Municipal expressa-se a preocupação com a eficiência energética através de uma abordagem abrangente e técnica. Algumas metodologias respondem a isso (Planejamento Energético Urbano Sustentável, Planejamento Urbano Ecologicamente Correto, Planejamento Energético Integrado Urbano e Regional e Governança da Energia Urbana), e realmente procuram inserir questões sobre planejamento urbano e organização das cidades. Segundo artigo de 2005 (LANTSBERG et al. 2005), o planejamento urbano se concentra em garantir o crescimento ordenado dos assentamentos humanos e dos sistemas que os sustentam (inclusive dos sistemas de energia).

O exercício de homogeneização dos termos encontrados na literatura, de acordo com suposições gerais, não é uma tarefa simples e carrega certo grau de subjetividade. Isso porque o mesmo termo (Planejamento Energético Urbano Sustentável) apresenta objetivos diferentes, de acordo com diferentes autores. Por exemplo, de acordo com *o Gas Technology Institute*, o Planejamento de Energia Urbana Sustentável pode ser usado para promover o uso eficiente de recursos energéticos no desenvolvimento de comunidades economicamente, socialmente e ambientalmente saudáveis. Por outro lado, Leduc e Van Kann (2013) propõem que o Planejamento Energético Urbano Sustentável deve basear-se no princípio “energia”, em que o planejamento urbano é orientado pelo manejo dos recursos (energéticos), integrando funções urbanas e uso de recursos locais e renováveis – de acordo com essa visão, as cidades devem ter como meta transformarem-se em regiões urbanas produtivas, com o objetivo de fechar seu ciclo de consumo de recursos.

O Planejamento Energético Integrado Urbano e Regional e o Planejamento Urbano Ecologicamente Correto são abordagens que visam encontrar soluções de oferta e demanda de energia para uma área definida, ambientalmente corretas, institucionalmente sólidas, socialmente aceitáveis e de melhor custo-benefício para o desenvolvimento sustentável regional. Esses tipos de planejamento são considerados uma tendência/corrente do Planejamento Urbano (YEO; YOON; YEE, 2013a). De acordo com artigo de 2011, publicado na *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, o termo Sistema Integrado de Energia Urbana é definido como um sistema que combina interações entre os vários sistemas de energia (elétricos, de abastecimento de gás natural e de aquecimento) no nível local (MENDES;

IOAKIMIDIS; FERRÃO, 2011). Tem como objetivo coordenar os vários sistemas de energia para fornecer novas soluções a uma produção, distribuição e consumo de energia mais seguros, sustentáveis e econômicos, por meio de uma abordagem multifacetada que supre as necessidades energéticas de uma comunidade. Ainda, procura, a partir de tecnologias de energia renováveis e soluções inovadoras de armazenamento de energia, fomentar a mobilidade com veículos elétricos e medidas de gestão da demanda de energia (MENDES; IOAKIMIDIS; FERRÃO, 2011).

Já o conceito Sistema Integrado de Energia Comunitária é uma combinação do Sistema Integrado de Energia Urbana com foco na geração comunitária de eletricidade através de mini redes, para o desenvolvimento de sistemas de energia robustos que proporcionem benefícios significativos de confiabilidade e segurança em nível local (KOIRALA et al., 2016). A conceituação inicial desse sistema é atribuída à Victor Buck (1980), que desenvolveu análise de viabilidade de armazenamento da cogeração para satisfazer as necessidades energéticas da Universidade de Georgetown naquele ano. Ainda, envolvem atividades de planejamento, projeto, implementação e governança de sistemas de energia em comunidade, maximizando o desempenho energético ao mesmo tempo em que diminuem os custos e são reduzidos os impactos ambientais (KOIRALA et al., 2016).

Por fim, cabe destacar que esta não é uma revisão exaustiva da literatura sobre as variações existentes para os conceitos de PEU e SEU. Além disso, esta revisão utilizou apenas artigos em que seus autores definiram termos alternativos. Uma série de artigos também utilizaram alguns desses termos, mas sem defini-los (LEAL; AZEVEDO, 2016; NEVES; LEAL, 2009; SAMPAIO; DIAS; BALESTIERI, 2013).

Anexo II – Consumo Final de energia por recurso energético, setor e cenário

Quadro 14- Consumo final de energia por recursos energéticos, setor e cenário, em PJ e %

ANO CENÁRIO	2014		2030							
	C_REF		C-REF		C_PE		C_PU		C_PEU	
	PJ	%	PJ	%	PJ	%	PJ	%	PJ	%
Residencial										
Solar	0	0%	0	0%	1	1%	0	0%	1	1%
GLP	10	17%	9	7%	9	7%	9	7%	9	8%
Querosene de iluminação	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
GN	5	10%	48	39%	48	40%	48	39%	48	40%
Eletricidade	41	73%	67	54%	61	52%	66	54%	61	51%
Total	56	100%	124	100%	119	100%	123	100%	119	100%
Comercial e Serviços (C&S)										
GLP	2	5%	2	2%	2	2%	2	2%	2	2%
GN	3	7%	5	4%	5	5%	5	4%	5	5%
Eletricidade	42	88%	105	94%	96	94%	98	94%	89	93%
Total	48	100%	112	100%	103	100%	105	100%	95	100%
Indústria										
Asfalto	6	19%	12	47%	12	51%	12	47%	12	51%
Óleo Residual	1	2%	0	2%	0	2%	0	2%	0	2%
GN	10	34%	6	22%	6	24%	6	22%	6	24%
Eletricidade	13	45%	7	29%	5	22%	7	29%	5	22%
Total	29	100%	25	100%	23	100%	25	100%	23	100%
Prédios públicos										
Eletricidade	4	100%	5	100%	4	100%	5	100%	4	100%

Total	4	100%	5	100%	4	100%	5	100%	4	100%
Iluminação pública										
Eletricidade	2	100%	4	100%	1	100%	4	100%	1	100%
Total	2	100%	4	100%	1	100%	4	100%	1	100%
Saneamento										
Eletricidade	7	100%	13	100%	11	100%	11	100%	9	100%
Total	7	100%	13	100%	11	100%	11	100%	9	100%
Setor de energia										
GN	0	60%	2	95%	2	95%	2	95%	2	95%
Eletricidade	0	40%	0	5%	0	5%	0	5%	0	5%
Total	0	100%	2	100%	2	100%	2	100%	2	100%
Mobilidade urbana										
Etanol	35	16%	81	24%	165	48%	58	20%	163	55%
Diesel	60	28%	81	24%	0	0%	102	35%	0	0%
Gasolina	92	44%	156	46%	156	45%	107	37%	107	36%
GN	3	2%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Eletricidade	21	10%	22	6%	25	7%	23	8%	28	9%
Total	212	100%	340	100%	346	100%	290	100%	297	100%
Transporte aéreo										
Gasolina de aviação	0	1%	0	1%	0	1%	0	1%	0	1%
Querosene de aviação	8	99%	6	99%	6	99%	6	99%	6	99%
Total	8	100%	6	100%	6	100%	6	100%	6	100%
Total	367	100%	630	100%	615	100%	569	100%	556	100%