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

GUSTAVO DE MELO RIBEIRO

**MITIGAÇÃO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS, E COMPETÊNCIAS
DOS GOVERNOS SUBNACIONAIS: MODELAGEM DA DEMANDA
ENERGÉTICA EM CENTROS URBANOS E JURISDIÇÃO DAS METAS**

SÃO PAULO

2019

GUSTAVO DE MELO RIBEIRO

Mitigação das mudanças climáticas, e competências dos governos subnacionais: modelagem da demanda energética em centros urbanos e jurisdição das metas.

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

Orientador: Prof. Dr. Associado André Felipe Simões

Versão Revisada

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

Ribeiro, Gustavo de Melo.

Mitigação das mudanças climáticas, e competências dos governos subnacionais: modelagem da demanda energética em centros urbanos e jurisdição das metas. / Gustavo de Melo Ribeiro; orientador: André Felipe Simões – São Paulo, 2019.

119f.: il.; 30 cm.

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

1. Mudança climática. 2. Efeito estufa. 3. Políticas públicas.

I. Título.

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

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: RIBEIRO, Gustavo de Melo

Título: Mitigação das mudanças climáticas, e competências dos governos subnacionais: modelagem da demanda energética em centros urbanos e jurisdição das metas.

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

Banca examinadora:

Profa. Dra. Hirdan Katarina de Medeiros Costa

Instituição: Instituto de Energia e Ambiente, IEE, Universidade de São Paulo

Julgamento: Aprovado

Dra. Laura Silvia Valente de Macedo

Instituição: Pós doutoranda, FGV-EAESP, Departamento de Administração Pública

Julgamento: Aprovado

Prof. Dr. Adelino Ricardo Jacintho Esparta

Instituição: Instituto Mauá de Tecnologia, IMT, Brasil

Julgamento: Aprovado

Presidente Prof. Dr. André Simões Filho

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Marcos e Mara, que sempre me apoiaram e me motivaram em prosseguir com minha formação acadêmica e especial agradecimento a minha mãe pela gentil revisão do texto de última hora.

Aos amigos Dario e Rodolfo, que além de compartilharem e me apoiarem na particular experiência de perseguir e concluir uma graduação em filosofia após uma de engenharia, sempre tiveram interesse e deram valiosas contribuições de como eu poderia conciliar meus interesses de pesquisa com minha carreira profissional fora da academia.

Ao orientador Prof. Dr. André Felipe Simões que confiou em mim e me deu todo suporte e orientações valiosas durante a pesquisa.

À Prof. Dra. Hirdan Katarina de Medeiros Costa quem primeiro acolheu a minha proposta de pesquisa dentro do Instituto de Energia e Meio Ambiente da USP e acompanhou o progresso da minha pesquisa de maneira zelosa e perspicaz.

Ao colega e amigo Francisco Maciel quem me deu a oportunidade de ingressar no mundo das Mudanças Climáticas em 2007 e que posteriormente em 2016 também contribuiu com minha transição para a área de política pública, por meio do Consórcio Intermunicipal da Região Oeste Metropolitana de São Paulo (CIOESTE) e também por me colocar em contato com a rede *Low Emission Development Strategies Global Partnership* (LEDS GP).

Aos participantes da mesa de defesa, Dra. Laura Silvia Valente de Macedo e Prof. Dr. Adelino Ricardo Jacintho Esparta pela cuidados análise do presente texto e valiosa discussão.

À rede LEDS GP e ao *National Renewable Energy Laboratory* (NREL) por aceitarem minha aplicação e financiarem no âmbito do programa *LEDS GP Fellowship 2016*. A presente pesquisa só foi possível pelo aprendizado e trocas realizadas durante o período de cooperação no NREL em Golden, Colorado.

À colega e amiga Carolina Uriarte quem me deu orientações durante todo o programa de *Fellowship* no NREL e durante todas as oportunidades de cooperação posteriores.

Ao colega e amigo Javier Toró pelo suporte inestimável durante a qualificação e companheirismo durante o processo de pesquisa.

À fundação de Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) que financiou minha pesquisa durante o primeiro ano de mestrado e foi fundamental para me dedicar à pesquisa e alcançar os resultados apresentados na presente dissertação.

À Ariadne pelo companheirismo, bom humor e apoio que deu leveza ao desafio de conciliar a conclusão da pesquisa com as demandas de um trabalho fora da academia.

RESUMO

RIBEIRO, Gustavo de Melo. **Mitigação das mudanças climáticas, e competências dos governos subnacionais: modelagem da demanda energética em centros urbanos e jurisdição das metas.** 2019. 119 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo. São Paulo. 2019.

A presente pesquisa almeja avaliar se os municípios e estados brasileiros estabelecem metas de redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE) compatíveis com as respectivas competências, visto que ao adotarem metas que não diferenciam as emissões de GEE geradas por atividades sob e fora de suas jurisdições, os municípios e estados incluem emissões indiretas as quais não podem controlar, como por exemplo as emissões de termoelétricas conectadas a rede e dispersas ao longo do território brasileiro. A discussão tem por recorte o setor energético que ganha relevância à medida que as políticas de contenção do desmatamento alcançam êxito, e por ser nos centros urbanos, que se observam as maiores taxas de crescimento da demanda energética mundial, as quais são diretamente influenciadas pelo planejamento da oferta energética e a correlata participação de fontes renováveis. A argumentação para esta hipótese alicerça-se na análise das competências dos governos subnacionais em oposição às competências da União e em um estudo de caso baseado na modelagem da demanda energética de uma região metropolitana da grande São Paulo, na qual avalia-se o impacto nas emissões de GEE locais variando-se a intensidade de carbono da matriz elétrica que supre o Sistema Interligado Nacional (SIN). Como suporte às duas análises, um levantamento das negociações climáticas no âmbito internacional e nacional é realizado. Em seguida, apresenta-se os conceitos fundamentais sobre quantificação e monitoramento de emissões de GEE e das boas práticas para elaboração de compromissos de mitigação em políticas climáticas. Como alicerce metodológico para feitura do presente trabalho utilizou-se a revisão sistêmica de literatura – ou seja, a revisão bibliográfica – com foco nos seguintes temas “política climática”, “modelagem energética” e em temas correlatos e transversais a estes, e também desenvolveu-se modelagem energética com a especificidade de ser focada em uma Região Metropolitana de São Paulo, qual seja, o Consórcio Intermunicipal da Região Oeste Metropolitana de São Paulo constituído pelas cidades de Barueri, Carapicuíba, Cotia, Itapevi, Jandira, Osasco, Pirapora do Bom Jesus e Santana de Parnaíba.

Palavras-chave: Mitigação das mudanças climáticas, Política climática, Governança climática para o caso do Brasil, Governos subnacionais, Emissão de gases de efeito estufa, Metas de redução da emissão de GEE, Modelagem Energética.

ABSTRACT

RIBEIRO, Gustavo de Melo. **Climate change mitigation, and subnational government competencies: energy demand modelling in urban areas and target jurisdiction**. 2019, 119 f. Master's Dissertation – Graduate Program on Energy, University of São Paulo. 2019.

This study aims to assess whether Brazilian municipalities and states are setting adequate greenhouse gas (GHG) emissions reduction targets compatible with their respective jurisdictions, as by adopting targets that do not differentiate GHG emissions generated by activities under and outside their jurisdictions, municipalities and states incorporate indirect emissions that are not under their control, such as emissions from thermoelectric plants connected to the grid and distributed throughout the Brazilian territory. The discussion focus on the energy sector that gains relevance as deforestation policies are successfully implemented, in addition urban centers presents the highest growth rates of the world energy demand, which are directly influenced by energy supply planning and the related participation of renewable sources. The argumentation for this hypothesis is based on the analysis of subnational competences in accordance with Brazilian constitution and on a case study based on energy modelling in urban areas, in which the impact on local GHG emissions is evaluated by varying the carbon intensity of the electricity matrix that supplies the National Interconnected System (SIN). In support of both analyses, a review on international negotiations on climate change is carried out, followed by an analysis of domestic commitments made by Brazilian States and Municipalities. To support our analysis, we present the fundamental concepts on quantification and monitoring of GHG emissions and good practices for proposing mitigation goals. As a methodological foundation for the preparation of this work, we used the systemic literature review focusing on the following themes: "climate policy", "energy modelling", and on related and transversal themes, and also developed an energy model for the Intermunicipal Consortium of the Western Metropolitan Region of São Paulo consisting of the cities of Barueri, Carapicuíba, Cotia, Itapevi, Jandira, Osasco, Pirapora do Bom Jesus and Santana de Parnaíba.

Keywords: Climate change mitigation, Climate policy, Climate governance, Subnational governments, Greenhouse gas emissions, mitigation goals, Energy modelling

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura de governança climática do governo federal brasileiro.....	28
Figura 2 – Estados com política sobre mudança climática instituída, ou com projeto de lei...32	
Figura 3 – Classificação das fontes em relação à fronteira do inventário de GEE.....	42
Figura 4 – Diferença entre os perfis de emissões de GEE do Brasil e do Mundo em 2005.....	44
Figura 5 - Variação do perfil de emissões de GEE no contexto subnacional.....	45
Figura 6 – Variação de Emissões de GEE do Brasil entre 2005 e 2012.....	46
Figura 7 – Emissões líquidas de gases de efeito estufa no Brasil, por setor, de 1990 a 2015 ..	47
Figura 8 – Ciclo de monitoramento, reporte, verificação e compensação de emissões	49
Figura 9 – Comparação entre a meta de redução da PNMC e NDC Brasileira.....	53
Figura 10 – Etapas para elaboração de uma meta de redução de GEE	56
Figura 11 – Curva de custo de abatimento (mitigação) de GEE do Brasil, em 2030.....	58
Figura 12 – Meta ano-base	60
Figura 13 – Meta limite fixo.....	60
Figura 14 – Meta de intensidade.....	61
Figura 15 – Meta Cenário de Referência.....	61
Figura 16 – Localização dos municípios integrante do CIOESTE (em destaque amarelo)	77
Figura 17 –Demanda energética do CIOESTE (dados históricos e prevista até 2025).....	79
Figura 18 – Matriz energética do CIOESTE e respectivas emissões de GEE.....	81
Figura 19 – Variação da temperatura média da superfície da terras desde 1880	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Potencial de aquecimento global	38
Tabela 2 – Metas e emissões de GEE para países anexo I (primeiro período de compromisso) ..	50
Tabela 3 – Metas e emissões de GEE para países anexo I (segundo período de compromisso) ..	51
Tabela 4 – Metas de emissões de GEE do estado do Rio de Janeiro	54
Tabela 5 – Metas setoriais de mitigação não definida em GEE do estado do Rio de Janeiro ..	55
Tabela 6 – Metas setoriais de adaptação climática do estado do Rio de Janeiro	55
Tabela 7 - Quadro esquemático para repartição de competências.....	64
Tabela 8 – Quadro de competências exclusivas e privativa da União relevantes à análise	65
Tabela 9 – Quadro de competências concorrentes dos Estados, DF e União.....	68
Tabela 10 - Quadro de competências comuns dos Estados, DF e União	70
Tabela 11 - Quadro de competências e atividades relevantes para análise	72
Tabela 12 – Demanda energética do CIOESTE por combustível (10^3 tep).	79
Tabela 13 – Demanda energética do CIOESTE por setor (10^3 tep).	79
Tabela 14 – Emissões de GEE do CIOESTE por setor (10^3 ton CO_2e)	80
Tabela 15- Diferença entre as emissões de GEE dos dois cenários futuros (ton. CO_2e).....	82
Tabela 16: PIB Nominal (mil reais).	110
Tabela 17: Cálculo dos deflatores do PIB a preços correntes de 2010.....	112
Tabela 18 – PIB Real (mil reais).	112
Tabela 19 – Caracterização da população do CIOESTE.....	112
Tabela 20 – Estimativa da população Brasileira a partir do cálculo da taxa geométrica	113
Tabela 21 - Estimativa para a população Brasileira e de domicílios.....	113
Tabela 22 - Variação entre o modelo e dados históricos.....	117

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AFOLU	Agricultura, florestas e outros usos do solo (da sigla em inglês para <i>Agriculture, forestry and other land use</i>)
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
AR4	Quarto Relatório de Avaliação do IPCC (“AR”, da sigla em inglês Assessment Report”)
AR5	Quinto Relatório de Avaliação do IPCC
BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento
C40	<i>Leadership Group of Large Cities</i> – Rede de lideranças de grandes cidades
CDE	Conta de Desenvolvimento Energético
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CF	Constituição Federal
CO ₂ e	Dióxido de Carbono Equivalente
CGE	Grupo Consultivo de Peritos
COP	Conferência das Partes (do inglês “ <i>Conference of Parties</i> ”)
CIMGC	Comissão Interministerial de Mudança Global de Clima
CIM	Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima
CIOESTE	Consórcio Intermunicipal da Região Oeste Metropolitana de São Paulo
CQNUMC	Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
GEE	Gases de Efeito Estufa
GEF	Fundo Global para o Meio Ambiente (da sigla em inglês <i>Global Environmental Facility</i>)
GEMC	Grupo Executivo em Mudanças do Clima
Gex	Grupo Executivo sobre Mudança do Clima
GHG Protocol	Protocolo de gases de efeito estufa (<i>Greenhouse Gas Protocol</i>)
GPC	Protocolo para contabilização de emissões em escala subnacional do significado da sigla em inglês para <i>Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories</i>)
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis

IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICLEI	Governos Locais pela Sustentabilidade
IEA	<i>International Energy Agency</i>
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IPCC	Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (da sigla em inglês para <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>)
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MCid	Ministério das Cidades
MCTIC	Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicação
MDA	Ministério de Desenvolvimento Agrário
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MDIC	Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços
MEC	Ministério da Educação
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MME	Ministério de Minas e Energia
MPOG	Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão
MRE	Ministério das Relações Exteriores
MRV	Medição, reporte e verificação (da sigla em inglês <i>Measurement Reporting and Verification</i>)
MS	Ministério da Saúde
MT	Ministério dos Transportes
NDC	Contribuição Nacionalmente Determinada (da sigla em inglês <i>Nationally Determined Contribution</i>)
ONU	Organizações das Nações Unidas
PBMC	Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas
PDE	Plano Decenal de Expansão da Energia
PIB	Produto Interno Bruto
PMBC	Plano de Mineração de Baixa Emissão de Carbono
PNMC	Política Nacional sobre Mudança do Clima
PPCDAM	Plano de Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal
PPCDCerrado	Plano de Prevenção e Controle do Desmatamento no Cerrado
Proinfa	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica

PSTM	Plano Setorial de Transporte e de Mobilidade Urbana para Mitigação da Mudança do Clima
Renovabio	Política Nacional de Biocombustíveis
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
SIN	Sistema Interligado Nacional
WRI	<i>World Resources Institute</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	MÉTODO E LIMITAÇÕES	18
2	LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO	20
2.1	MUDANÇAS CLIMÁTICAS E COMPROMISSOS GOVERNAMENTAIS	20
2.1.1	Alterações climáticas	20
2.1.2	Compromissos climáticos internacionais	23
2.1.3	Governança do Clima no Brasil	25
2.1.4	Compromissos climáticos domésticos	30
2.2	EMISSIONES DE GEE	35
2.2.1	Instrumento de gestão e monitoramento	35
2.2.2	Fundamentos sobre Inventários de GEE	37
2.2.3	Perfil de Emissões de GEE	43
2.2.4	Monitoramento, reporte e verificação e unidades transferíveis	47
2.3	COMPROMISSOS DE MITIGAÇÃO CLIMÁTICA	50
2.3.1	Metas de mitigação: métricas no âmbito do Protocolo de Quioto	50
2.3.2	Metas de mitigação: métricas e compromissos pós-Quito	52
2.3.3	Boas práticas para definição de metas de redução	56
3	ANÁLISE	63
3.1	ANÁLISE DAS COMPETÊNCIAS NO BRASIL	63
3.1.1	Competências exclusivas e privativas da União	65
3.1.2	Competências reservadas e concorrentes dos Estados e Distrito Federal	67
3.1.3	Competências administrativas e legislativas dos Municípios	69
3.1.4	Competências comuns aos Municípios, Estados, Distrito Federal e União	70
3.1.5	Competências e políticas climáticas	71
3.1.6	Discussão sobre o resultado da análise de competência	73
3.2	ESTUDO DE CASO CIOESTE	75
3.2.1	Modelagem energética	76
3.2.2	Fronteira do estudo (recorte especial)	77
3.2.3	Método e dados da modelagem	78
3.2.4	Emissões de GEE no Cenário Tendencial	78

3.2.5	Projeção das emissões de GEE no Cenário Alternativo	81
3.2.6	Discussão sobre o resultado do estudo de caso	82
4	CONCLUSÃO	84
4.1	SÍNTESE	84
4.2	INADEQUAÇÃO DAS MÉTRICA	87
4.3	VANGUARDA CLIMÁTICA	90
4.4	LIDERANÇA DE GOVERNOS SUBNACIONAIS	91
4.5	PROPOSTAS DE PESQUISA FUTURAS	92
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94
	APÊNDICE A – QUADRO REGULATÓRIO SOBRE CLIMA NO BRASIL	108
	APÊNDICE B – PREMISSAS DE MODELAGEM	110
3.1	Setor residencial	114
3.2	Comercial	115
3.3	Setor Público	115
3.4	Industrial	116
3.5	Transportes	116

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas o Brasil tem concentrado esforços para contenção do desmatamento, principal fonte de emissão de gases de efeito estufa (GEE) do País, no entanto esta estratégia não tem se mostrado suficiente para atender os compromissos de redução de GEE visto o rápido crescimento, no País e globalmente, do uso de energia fóssil (LA ROVERE, 2013). Vale ressaltar que as reduções de GEE alcançadas com a redução do desmatamento são medidas de curto prazo e que não atenderão os compromissos de redução de GEE de longo prazo, como colocado pelo presidente do *World Resources Institute* (WRI), Andrew Steer, em um relatório de 2015 sobre políticas climáticas no Brasil (LUCON, ROMEIRO e FRANSEN, 2015, p. V):

As emissões de gases de efeito estufa (GEE) no Brasil, até recentemente, eram predominantemente originárias do desmatamento e das mudanças no uso da terra. Entretanto, o expressivo progresso na redução do desmatamento e o rápido crescimento no uso de energia provocaram alterações na matriz de emissões de GEE no país, de forma que as emissões resultantes da mudança do uso da terra e da energia atualmente representam praticamente a mesma proporção. Tal situação evidencia o potencial do setor de energia na transição do Brasil para uma economia de baixo carbono.

Concentrar esforços nos setores de energia será cada vez mais relevante para que o Brasil possa migrar para uma economia de baixo carbono e cumprir com os esforços globais de restringir o aumento da temperatura média da superfície terrestre em até 1,5 ° C até o final do corrente século XXI (ou seja, até 2100) e considerando-se a correlata temperatura em período pré-industrial (tacitamente, até período exatamente anterior ao último quartel do século XVIII, quando o processo da Revolução Industrial passa a se tornar proeminente a partir do uso ampliado da Máquina a Vapor – inicialmente na Indústria Têxtil da Inglaterra). Ainda que o país se destaque mundialmente pela elevada participação de fontes renováveis em sua oferta interna de energia¹, o Brasil prevê um crescimento da demanda energética, principalmente nos setores de transporte e industrial onde estados e municípios desempenham papel fundamental (EPE, 2019) .

Neste sentido, estratégias multinível que promovam um desenvolvimento urbano mais sustentável vem ganhando relevância mundial, visto ser nos centros urbanos onde se dá, de

¹ Em 2018, a matriz energética do Brasil contava com 45,3% de fontes renováveis, enquanto que a média mundial é de 13,7% (EPE, 2019)

modo contumaz, o maior consumo energético das nações. Aproximadamente 60% de toda energia gerada no mundo é consumida no interior de cidades, o que corresponde a aproximadamente 75% das emissões globais de GEE (UN-HABITAT, 2016). Além disto, os entes subnacionais, estão mais próximos da população e da gestão do território aumentando a sensibilidade desta instância aos impactos das alterações climáticas, tais como, aumento dos “riscos de enchentes, inundações e deslizamentos na região, que atingem a população como um todo, sobretudo, os mais pobres” (NOBRE, 2010; BIDERMAN, 2011).

O Acordo de Paris ratifica a importância dos governos subnacionais aproximando estados e municípios dos esforços globais endereçadas ao enfrentamento das mudanças do clima. Nesta estratégia “bottom-up” governos subnacionais terão maior participação nas decisões, compromissos e acesso a mecanismos de cooperação internacional tais como: assistência técnica, financiamento, e programas de transferência de tecnologias. Desta forma, os entes subnacionais têm ganhado autonomia no posicionamento sobre ações e compromissos climáticos, muitas vezes, através da atuação facilitadora de redes transnacionais, acordos bilaterais e compromissos voluntários (ANDERTON e SETZER, 2018; MACEDO, 2017)

Atualmente estados e municípios no mundo e no Brasil já possuem políticas climáticas com compromissos de mitigação semelhantes aos adotados por governos nacionais sem levar em consideração as diferentes atribuições de cada nível governamental. A forma como as metas são propostas nas políticas adotadas por cidades e estados se apresenta inconsistente com as respectivas competências, podendo gerar distorções que chegam a inviabilizar o cumprimento das mesmas, ou ainda, cumpri-las sem uma ação efetiva correspondente, ou seja, por conta de políticas federais, em geral os municípios e estados almejam alcançar suas metas independentemente de existir ou não a implantação de uma política pública de âmbito nacional (BAKHTIARI, 2018).

O aperfeiçoamento da governança climática no nível subnacional também se faz necessário por conta da crescente participação de instituições financeiras na promoção de infraestrutura urbana de baixo carbono em estados e municípios, as quais exigem dos governos subnacionais compromissos climáticos e monitoramento de suas metas (UNFCCC, 2018; I4CE, 2018). Hoje, algumas cidades e estados no Brasil já estão enfrentando o desafio de atender aos compromissos feitos em suas políticas climáticas instituídas nos últimos dez anos. Neste contexto, configura-se a hipótese-chave da presente pesquisa, qual seja, mostrar que a métrica atualmente empregada para compromissos de mitigação de GEE por entes subnacionais é inadequada para medir o nível de sucesso – ou de descaso – das gestões municipais e estaduais.

As cidades possuem desafios para implantar políticas de mitigação climática, uma vez que dispõem de instrumentos políticos limitados para reduzir as emissões de GEE que se concentram no consumo de energia elétrica², no setor de transporte³ e no tratamento de resíduos⁴. As emissões associadas ao consumo de eletricidade frequentemente ocorrem fora da fronteira dos municípios e sua oferta é regulada, planejada e administrada pela União. Caso semelhante se observa na oferta de combustíveis líquidos que tem influência direta nas emissões do setor de transporte e também ultrapassa as fronteiras locais exigindo uma articulação metropolitana entre estados e municípios (KAHN e BRANDÃO, 2015).

Para os dois primeiros setores mencionados, as estratégias de mitigação dos entes subnacionais podem focar na conservação do uso de energia e implantação de infraestrutura urbana de baixo carbono (ex. transporte público municipal e intermunicipal, iluminação pública, eficiência energética e geração distribuída em edificações). O setor de resíduos é uma competência comum aos entes que compõem a federação (união, distrito federal, estados e municípios); e, neste caso, a disposição e o tratamento de resíduos sólidos urbanos está sob administração direta dos municípios (RIBEIRO, 2019).

Conforme discutiremos em mais detalhes, a atribuição de diferentes competências entre os entes da federação exige cuidados adicionais na definição de metas de redução de GEE por entes subnacionais. A forma mais comumente utilizada hoje, metas de redução global sem distinção de competência, inclui externalidades que podem comprometer o cumprimento de compromissos climáticos, principalmente por conta das emissões associadas ao consumo de eletricidade por encerrarem grande variabilidade no caso Brasileiro (RIBEIRO, 2017).

² A geração de eletricidade ocorre, frequentemente, fora da fronteira dos municípios e a competência administrativa e regulatória é da União.

³ A política de regulação e administração da produção de combustíveis líquidos é de competência da União, em especial a regulação da composição dos combustíveis.

⁴ O tratamento dos resíduos sólidos urbanos, frequentemente, ocorre fora da fronteira dos municípios, ainda que o planejamento seja de responsabilidade compartilhada entre os entes da federação e a sociedade civil, o controle dos serviços de tratamento de resíduos sólidos é de responsabilidade do município.

1.1 MÉTODO E LIMITAÇÕES

Pragmaticamente, podemos formular a problemática inerente à presente pesquisa da seguinte maneira:

- As metas de redução de GEE adotada pela maioria dos entes subnacionais no Brasil (Estados e Municípios) são adequadas e/ou efetivas? Caso negativo, por que não?

Em uma perspectiva mais ampla, a pesquisa almeja apontar alternativas mais eficazes para estabelecimento de compromissos climáticos no âmbito subnacional considerando as diferenças que os Estados e Municípios possuem em relação a União. Com isso espera-se que as metas de redução de GEE se tornem adequadas às competências dos governos subnacionais e factíveis de serem cumpridas. Com o avanço da inclusão de estados e municípios no fórum de negociações climáticas, espera-se que o cumprimento de metas se torne condicionante à instrumentos de implementação como financiamento climático e acordos de cooperação junto a entidades internacionais.

Buscando responder à problemática central de pesquisa, organizamos a dissertação em quatro momentos: introdução, levantamento bibliográfico, análise de competências, modelagem da demanda energética e conclusão. A presente introdução explicita os objetivos e a estrutura da dissertação. Apresentamos a metodologia adotada que será detalhada nas sessões pertinentes. O levantamento bibliográfico está dividido em três temas, mudanças climáticas e compromissos governamentais, emissões de GEE, e compromissos de mitigação climática.

Em seguida apresentamos a seção analítica da pesquisa que faz uso de dois expedientes: (1) uma análise das competências dos entes da federação do Brasil fazendo uso do direito constitucional para classificar as atividades emissoras de GEE; e (2) um estudo de caso por meio de uma modelagem da demanda energética de uma região metropolitana selecionada (no caso, a Região Oeste Metropolitana de São Paulo), a partir da qual foi possível simular cenários nos quais a hipótese orientativa da pesquisa é testada. Apontada a incompatibilidade das métricas atuais e, respondida nossa questão orientativa, buscamos analisar criticamente os resultados e gerar a conclusão.

Para abordar as questões mencionadas foi feita uma revisão bibliográfica sistêmica que, em última instância, caracteriza e destrincha o regime de competências dos entes que compõem a federação. E, para testar a hipótese, foi modelada a demanda energética de um ente subnacional empregando o software *Long Energy Alternatives Planning* (LEAP), a partir da

qual foi possível projetar a demanda energética da região de estudo extrapolando-a até o ano de 2025 e simular dois cenários não concomitantes: o primeiro no qual há elevada disponibilidade hídrica e menor participação de térmicas movidas por fontes fósseis, e o segundo cenário em que há pouca disponibilidade hídrica, semelhante às condições observadas em 2014 e cuja consequência é o aumento do fator de emissão de GEE da rede elétrica e consequente ampliação das emissões de GEE associadas ao consumo de eletricidade.

Devido à complexidade e transversalidade do tema, principalmente no que diz respeito ao regime de competência no Brasil, na presente pesquisa adotou-se, por premissa, um recorte quanto ao escopo: as atividades concernentes ao setor energético foram priorizadas, não contemplando outros setores econômicos relevantes para governança climática tais como: mudança do uso do solo e florestas (ex. desmatamento, reflorestamento, conversão de pasto degradado para lavoura); agropecuária e tratamento de dejetos animais (ex. fermentação entérica de bovinos, cultivo de arroz, queima de resíduos agrícolas no campo); e processos industriais e uso de produtos (calcinação de cimento, redução de minério de ferro em alto fornos, uso de SF₆ em equipamentos elétricos).

2 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

Para subsidiar a análise e responder a questão orientativa da pesquisa, iremos fazer uma revisão bibliográfica sobre: breve contexto sobre as mudanças do clima, acordos internacionais no âmbito da Convenção do Clima, histórico da governança climática no Brasil, políticas públicas climáticas no Brasil, fundamentos sobre instrumentos de monitoramento de emissões de GEE e boas práticas para definição de compromissos de redução de emissões de GEE. A primeira seção “Mudanças climáticas e compromissos governamentais” mostra a relevância do tema e o respectivo contexto no âmbito internacional e doméstico, a segunda seção “Emissões de GEE” fornece os fundamentos sobre monitoramento de emissões de GEE necessários para discutirmos a adequação das metas de redução de GEE em governos subnacionais. A última seção “Compromissos de mitigação climática” descreve as formas de se estabelecer compromissos de mitigação e as boas práticas para elaboração e definição de compromissos de mitigação climática.

2.1 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E COMPROMISSOS GOVERNAMENTAIS

No presente capítulo descrevemos o contexto sobre alterações climáticas, destacando alguns impactos já em curso. Em seguida, trazemos um breve histórico dos acordos climáticos internacionais que mobilizaram a organização de uma estrutura de governança dentro do Estado Brasileiro. Definidos os papéis estabelecidos no âmbito federal, apresentamos um levantamento regulatório e das principais iniciativas de ação climática já realizadas por estados e municípios brasileiros.

2.1.1 Alterações climáticas

Muitas das mudanças observadas na temperatura desde o início da década de cinquenta não tem precedentes em milhares de anos, sendo que o Painel Internacional sobre Mudanças Climáticas (*International Panel on Climate Change - IPCC*) já aponta que há 95% de certeza que os seres humanos são os principais causadores do aquecimento global atual. Também indicam em quinto relatório de avaliação (AR 5) que “quanto mais as atividades humanas impactam o clima, maior é a severidade de impactos irreversíveis para as pessoas e os ecossistemas, e o risco de mudanças de longo prazo em todos os componentes do clima” (ARANHA e SIMÕES, 2017). As alterações do clima e os respectivos impactos nos sistemas naturais e humanos em todos os continentes e oceanos já são observados, tais como alterações

nos regimes hidrológicos, aumento da incidência de eventos extremos (secas, enchentes, ciclones, incêndios), elevação do nível do mar, queda de produção agrícola, aumento da vulnerabilidade sócio climática, resultando no aumento de epidemias associadas a doenças transmissíveis por mosquitos. Os impactos mencionados irão se agravar considerando que as tendências observadas e projetadas vêm se intensificando, o que poderá levar a quadros drásticos para regiões específicas com baixa capacidade adaptativa principalmente considerando a crescente velocidade de transição, entre as condições históricas e a nova configuração climática, resultando em extensas perdas de biodiversidade (TORRES, 2012) (IPCC, 2014).

O aumento da concentração de dióxido de carbono (CO_2) e outros gases de efeito estufa (GEE), tais como metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O), resulta em um inequívoco aquecimento da temperatura média global gerando alterações no meio ambiente que dependem do sistema climático. De acordo com o quinto relatório do IPCC as atuais emissões antrópicas de GEE são as maiores da história. Isso significa um aumento cada vez mais intenso da concentração média de GEE na atmosfera, em especial, do dióxido de carbono que em 1958 apresentava uma concentração média de 315 ppm⁵ e em fevereiro de 2018 atingiu o valor de 407,61 ppm (IPCC, 2014).

Entre 1880 e 2017, constatou-se um aumento da temperatura média da terra de 0,95 ° C, sendo observadas variações mais acentuadas de até 3 ° C em regiões extremas do globo como no norte do Alasca (NASA, 2018). A série histórica de temperatura atmosférica indica um aumento de até 0,2 ° C entre os períodos de 1720 a 1800 e 1850 a 1900, período adotado como referência para período pré-revolução industrial. Entre os períodos de 1850 a 1900 e 2006 a 2015, o aumento observado foi de 0,87 ° C. Se todas as emissões de GEE antropogênicas forem interrompidas imediatamente, espera-se que nas próximas três décadas o aumento da temperatura não ultrapasse 0,5 ° C , o que indica que ainda existe a possibilidade de restringir o aumento da temperatura média global em até 1,5 ° C (IPCC, 2018).

Os oceanos, principais sorvedouros de dióxido de carbono e do calor retido na terra, estão sofrendo um aquecimento médio de aproximadamente 0,1 ° C a cada década, alterando correntes marítimas, ciclos hidrológicos e contribuindo para elevação do nível do mar que subiu 19 centímetros durante o intervalo de 1901 a 2010 e, atualmente, com taxa de elevação média de 3,2 milímetros por ano, o que implica que em 50 anos teremos uma elevação adicional no

⁵ Unidade de contração que significa Parte Por Milhão (ppm).

nível do mar superior a 1,5 metros. Problemas com a disponibilidade de água e as secas devem aumentar em regiões semiáridas de baixas latitudes (IPCC, 2013; IPCC, 2014; NASA, 2018).

Muitas alterações nos vetores climáticos já estão em marcha, exigindo medidas de adaptação, tais como: deslocamento geográfico e redução de áreas propícias à produção de diferentes lavouras, construção de barreiras de contenção das ressacas marítimas, conflito pelo uso da água, adequação de infraestrutura com relação a eventos extremos, ampliação dos sistemas de combate a incêndios entre outras. Os custos de adaptação ao redor do Planeta devido aos efeitos das alterações climáticas, previstos para 2030, estão estimados entre 70 a 171 bilhões de dólares por ano (IPCC, 2014). Para o Brasil em particular, de acordo com avaliações da Embrapa, o aumento da temperatura atmosférica pode provocar perdas de safra da ordem de 7 bilhões de reais para o setor agrícola até 2020 e de 14 bilhões de reais até 2070, afetando principalmente o Nordeste e Centro-Oeste do Brasil (PBMC, 2014)⁶.

Importante destacar que mesmo em uma análise estritamente econômica, ignorando os impactos irreversíveis ao meio ambiente e à vida, as ações de adaptação devem ser entendidas como uma alternativa com custo de oportunidade muito elevado, como demonstrado pelo estudo “*The Economic of Climate Change: The Stern Review*” desenvolvido pela *London School of Economics*, o qual mostra que o custo de mitigação necessário para equilibrar as emissões de GEE no início do século vinte seriam da ordem de 1% do Produto Mundial Bruto (PMB) por ano, enquanto que o custo de adaptação futuro seria de 5 a 20% do PMB (TREASURY, 2006). Desta forma, fica clara a urgência em se tomar medidas para mitigação climática e como este ponto é crítico para assegurar a construção de uma economia global sustentável, destacando que os esforços e compromissos estabelecidos em negociações multilaterais não tem a pretensão nem tampouco são suficientes para construção de um modo de vida integralmente sustentável, o qual exigiria uma alteração mais profunda no modo de vida contemporâneo (HIRDAN, 2017).

⁶ Alterações no regime hidrológico, já estão reduzindo a oferta hídrica impactando profundamente o setor energético Brasileiro, uma vez que a matriz energética brasileira possui elevada presença tanto de biocombustíveis como de hidroelétricas (TIEZZI, 2018). De acordo com o Anuário Estatístico de Energia Elétrica de 2017, houve crescimento de 101,9% na geração termelétrica à carvão entre 2012 e 2016; e crescimento de 20,8% de térmicas à gás natural (EPE, 2017). Em janeiro de 2018, a capacidade instalada total de geração de energia elétrica do Brasil atingiu 158.521 MW, deste total 101.130 MW a partir de fontes hídricas com capacidade disponível de 63,8% (MME, 2018). E em 2009, a capacidade instalada era 77.523 MW com capacidade disponível de 71,34% (MME, 2009). A redução da disponibilidade hídrica durante esta década representou uma perda equivalente a 7.625 MW, e considerando os dados do leilão de energia nova realizado em dezembro de 2017, que exhibe um custo médio de instalação de hidroelétricas de 5 milhões de reais por MW instalado (CCEE, 2017), estimamos um prejuízo da ordem 37 bilhões de reais.

2.1.2 Compromissos climáticos internacionais

A Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC⁷) foi estabelecida em 1992 com objetivo de estabilizar as concentrações de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera à níveis seguros, de maneira a evitar alterações no clima global decorrentes das emissões antropogênicas. As Conferências das Partes (COPs) – que desde 1995 ocorrem anualmente – são reuniões anuais dos países signatários para definir consensualmente as ações necessárias para cumprir o objetivo da convenção (UN, 1992). Em última instância, as Conferências das Partes são a hierarquia deliberativa máxima da CQNUMC.

Resultado de um amplo debate e negociações multilaterais correlatas, durante a COP 3, realizada na Cidade de Quioto em 1997, no Japão, criou-se o Protocolo de Quioto, que teve suas regras de implantação definidas pelo Acordo de Marrakesh em 2001 (COP 7) e entrou em vigor com ratificação da Rússia em 2005 marcando o início do primeiro período de compromisso global para redução das emissões de GEE (UNFCCC, 2019).

O Protocolo de Quioto foi o primeiro tratado internacional sobre Mudanças Climáticas que definiu papéis, instrumentos e compromissos dos países para enfrentamento das alterações climáticas. O acordo entrou em vigor em 2005 estabelecendo pela primeira vez metas de redução de emissões de GEE para os países desenvolvidos, listado no Anexo I do Protocolo⁸. Dentre os mecanismos para mitigação de emissões previstos pelo acordo global destacam-se o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), Implantação Conjunta e o Sistema para Comércio de Permissões de Emissão de GEE. O mecanismo de maior relevância para o Brasil e demais países não incluídos no Anexo I do Protocolo de Quioto foi o MDL⁹, que possibilitava a negociação de certificados de emissões reduzidas (CER) gerados a partir de projetos de redução de emissões no seio dos mercados de carbono¹⁰ com destaque para o maior deles, o *European Trading Scheme* – EU-ETS (CQNUMC, s.d.).

Desde 2008 com a crise econômica que reduziu as atividades econômicas em toda União Europeia e por conta das frustradas negociações da COP 15 em Copenhague onde não se obteve um acordo multilateral para renovação e ampliação do protocolo de Quioto, o mercado de

⁷ Tradução do inglês “*United Framework Convention for Climate Change* – UNFCCC”.

⁸ Disponível em https://unfccc.int/sites/default/files/convention_text_with_annexes_english_for_posting.pdf

⁹ Considerando o objetivo final da convenção, o MDL visa auxiliar os países Anexo I a atingirem suas metas, priorizar as reduções de GEE de forma mais eficiente priorizando a mitigação de emissões com menor custo de abatimento (frequentemente fora das fronteiras dos países Anexo I) e fomentar a transferência de tecnologias de baixo carbono para os países emergentes.

¹⁰ *Compliance* Quioto e *non-compliance* Quioto, respectivamente, mercado formal sob a égide da UNFCCC e o mercado voluntário.

carbono perdeu progressivamente sua relevância visto o valor dos créditos de carbono caírem de um patamar médio de 10 euros para valores inferiores a 1 dólar tornando os projetos MDL menos atrativos (EUROPA, 2017)¹¹.

O acordo de Quioto trouxe grandes avanços políticos e instrumentos econômicos para gestão do clima principalmente dentro União Europeia, principal bloco econômico que assumiu compromissos de redução de emissões de GEE. Também serviu como instrumento de transferência de tecnologias de baixo carbono e engajamento dos países emergentes por meio do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. No entanto por falta de consenso sobre os compromissos e regras a serem aplicados no segundo período de compromisso do protocolo de Quioto houve um enfraquecimento do acordo multilateral consagrado pelo fracasso das negociações da COP15 realizada em Copenhague no ano de 2009, na qual não houve um acordo sobre os compromissos pós-2020 tampouco uma decisão de firmar acordo legalmente vinculante para todos os países.

Perdido o ímpeto inicial, as negociações do clima foram retomadas buscando elaborar um acordo que fosse menos centralizado e capaz de trazer os países emergentes, em especial os BRICS, para o grupo de países signatários com compromissos de redução. Neste cenário, durante a realizada, em 2012, na cidade de Doha, no Qatar a Convenção do Clima aprovou uma emenda ao Protocolo de Quioto determinando o segundo período de compromisso das partes Anexo I, compreendido entre Janeiro de 2013 até final de dezembro de 2020 tendo por meta manter as emissões de GEE do grupo 18% abaixo dos níveis de 1990. A decisão também prevê o uso de créditos de carbono gerados a partir de mecanismos de mercado (por exemplo, créditos gerados a partir de projetos MDL) para atendimento destes compromissos (UNFCCC, 2012).

¹¹ Cabe destacar, que diferentemente do sistema baseado por Mensuração, Reporte e Verificação (MR&V) aplicado às instalações industriais carbono intensivas na União Europeia, os projetos MDL consideravam as reduções de emissões de GEE obtidas ao longo da vida útil do projeto, ponderando cenários alternativos ao projeto e exigindo uma análise complexa o que elevou os custos de transação e tempo de aprovação de projetos, reduzindo a eficácia do mecanismo. Não obstante, o MDL deixou um legado relevante que excede as mitigações obtidas voluntariamente no território brasileiro, como a sensibilização de atores relevantes no governo federal e indústrias carbono intensivas, a formação de um corpo técnico no país que possibilitou o aprofundamento científico e aprimoramento de políticas públicas associadas às mudanças do clima e também contribuiu para implantação de tecnologias de baixo carbono como sistemas de captura com queima ou recuperação de Metano (aterro sanitário, manejo de dejetos pecuária e tratamento sanitário), usinas eólicas, usinas de cogeração de biomassa, pequenas centrais hidrelétricas, e sistemas de abatimento de N₂O (ESPARTA e NAGAI, 2018). O MDL ainda está em vigor, porém com baixa atividade. Desde novembro de 2007 até março de 2019 foram registradas 380 atividades de baixo carbono (UNEP DTU PARTNERSHIP, 2019) que responderam por mais de 147 milhões de toneladas de CO₂ equivalente (UNFCCC, 2019).

Paralelamente, todos os países desenvolvidos e 48 países em desenvolvimento firmaram compromissos de redução de emissão de GEE em 2020, a chamada plataforma de Durban. Dentre os principais pontos de discussão entre as partes, destacou-se a demanda pela inclusão dos países em desenvolvimento no compromisso de redução de GEE, visto a crescente participação destes nas emissões globais. A partir aprimoramento da plataforma de Durban, as partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima elaboraram um novo modelo de governança global para o clima: o Acordo de Paris¹² que reitera o compromisso das nações em manter o aquecimento global abaixo de 2 ° C, com intenção de restringi-lo em 1,5 ° C em relação à média pré-industrial (UNFCCC, 2015).

Diferentemente do Protocolo de Quioto, o Acordo de Paris conta com o compromisso de países desenvolvidos e em desenvolvimento. Mantendo a diferenciação das partes e o princípio das obrigações comuns, porém diferenciadas¹³, o Acordo de Paris inova na forma de vinculação das partes que devem individualmente elaborar e submeter seus compromissos nacionais a cada cinco anos por meio das chamadas NDC – Contribuições Nacionalmente Determinadas¹⁴. As NDCs deverão ser avaliadas e revisadas a cada cinco anos por meio de um processo denominado *Global Stocktake*, o primeiro balanço será realizado em 2023 sendo que os compromissos do acordo valem a partir de 2020. As revisões das NDCs devem ter caráter progressivo, ou seja, em cada revisão após o balanço das ações domésticas os países terão de intensificar os compromissos de mitigação de GEE (UNFCCC, 2015).

2.1.3 Governança do Clima no Brasil

Acompanhando os esforços mundiais no combate as alterações climáticas, o Brasil vem ao longo de duas décadas desenvolvendo uma estrutura governamental que possibilite a transição do modelo baseado em combustíveis fósseis, para uma econômica de baixo carbono. O processo histórico que instituiu a governança do clima no país buscava responder principalmente aos compromissos internacionais assumido frente as demais nações, dentre os

¹² O Acordo de Paris entrou em vigor em 4 de novembro de 2016, quando mais de 55 países signatários da convenção do clima (QCNUMC) respondendo por mais de 55% das emissões de GEE mundiais ratificaram o acordo. Hoje das 195 partes signatárias, 172 já adeririam ao acordo de Paris (UNFCCC, 2019).

¹³ Conceito que norteou a elaboração do protocolo de Quioto, no qual destaca-se a responsabilidade histórica das emissões de GEE e a necessidade de uma obrigação para mitigação proporcional as emissões históricas, ou seja, considerando que as emissões de GEE são cumulativas e os países desenvolvidos sofreram um processo de industrialização quase um século antes dos países emergentes com industrialização tardia, os compromissos devem levar esta responsabilidade histórica em consideração.

¹⁴ Do inglês: “Nationally Determined Contributions”

quais destacam-se: criar um sistema de monitoramento de emissões de GEE; viabilizar a participação dos agentes econômicos do Brasil em mecanismos de financiamento de tecnologias de baixo carbono; definir compromissos de redução de emissões compatíveis com as atividades mais carbono intensivas; elaborar políticas nacionais e setoriais que envolvam e beneficiem o setor público, privado, sociedade civil e organizações não-governamentais.

O tema das mudanças climáticas tornou-se uma temática institucional no Brasil com o Decreto nº 98.352, de 31 de outubro de 1989 assinado pelo então presidente José Sarney que cria a primeira comissão temática do Brasil relacionada às mudanças climáticas, a “Comissão Interministerial sobre Alterações Climáticas”. A temática era liderada pelo Ministério das Relações Exteriores (MRE) com apoio da Secretaria de Ciência e Tecnologia, que já tinha um papel relevante, evidenciado pela participação do então secretário Prof. Dr. José Goldemberg, na liderança da delegação brasileira durante as negociações realizadas no âmbito do Comitê Intergovernamental de Negociação (*Intergovernmental Negotiating Committee - INC*) realizado em fevereiro de 1991. No ano seguinte, durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento realizada no Rio de Janeiro (RIO 92) constituiu-se a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC), cujo primeiro signatário foi o Brasil visto sediar a Convenção. A ratificação da mesma pelo congresso brasileiro ocorreu em 1994 por meio do Decreto Legislativo nº 1, de 3 de fevereiro de 1994 (MENDES, 2014).

No âmbito internacional, o Brasil por meio do Itamaraty, sempre teve protagonismo nas negociações do clima, inclusive propondo mecanismos inovadores baseados no preceito de responsabilidade comum porém diferenciada, que veio a se consolidar dentro do Protocolo de Quioto como MDL (COLE, 2012). Outro destaque foi a criação da primeira Autoridade Nacional Designada dos países signatários da CQNUMC por meio da criação da Comissão Interministerial de Mudança Global de Clima (CIMGC¹⁵) que tinha como presidência o ministro de Ciência e Tecnologia e vice-presidência o ministro de Meio Ambiente (MMA). A CIMGC, instituída pelo Decreto de 7 de julho de 1999, tinha como principais atribuições emitir pareceres sobre políticas setoriais e instrumentos legais sobre mudança do clima, fornecer subsídios nas negociações da CQNUMC, articular ações domésticas que promovam o cumprimento dos compromissos assumidos pelo Brasil e definir critérios e apreciar pareceres sobre projetos de mitigação no âmbito do MDL (GONZALEZ MIGUEZ, 2010).

¹⁵ Formado pelos seguintes ministérios: MCTIC, Casa Civil, MMA, MAPA, MF, MRE, MME, MT, MPOG, MDIC, MCidades.

Ao final de 2007, com a criação do Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima¹⁶ (CIM¹⁷) e do Grupo Executivo sobre Mudança do Clima¹⁸ (Gex¹⁹) a governança sobre Mudanças Climáticas no Brasil foi alterada. O CIM tornou-se a esfera decisória mais alta, com a coordenação da Casa Civil da Presidência da República e participação de dezessete órgãos federais e representantes da sociedade civil por meio do Fórum Brasileiro de Mudança do Clima (FBMC), enquanto que o Gex, liderado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) assumia a responsabilidade executiva, elaborando e coordenando as ações no âmbito do Plano Nacional sobre Mudança do Clima que foi a base para a posterior criação da Política Nacional sobre Mudanças (PNMC) em 2009. O Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicação (MCTIC) manteve suas atribuições de elaborar e reportar as emissões de GEE por meio da Comunicação Nacional (Inventário de Emissões de GEE do Brasil), calcular os fatores de emissão de CO₂ do Sistema Interligado Nacional, bem como ser a autoridade para as atividades no âmbito do MDL. Enquanto que a elaboração, coordenação de ações no âmbito da Política Nacional sobre Mudanças do Clima (PNMC) ficou a encargo do MMA (MENDES, 2014).

De 2007 até 2014 o MMA se fortaleceu e ampliou suas ações, liderando elaboração de políticas nacionais e coordenando as políticas setoriais sobre mudanças climáticas, entre 2014 e 2016 nota-se a perda de ímpeto no avanço da agenda climática nacional. Até o início de 2019, era o órgão federal que possuía a instância mais alta sobre o tema, com uma Secretaria específica sobre Mudança do Clima. Ainda assim, o MMA não possui responsabilidade exclusiva na coordenação da temática, o que mostra a complexidade da governança doméstica deste tema. Por outro lado, no âmbito internacional, a responsabilidade é claramente definida, ficando a cargo do Itamaraty (MRE) definir a posição brasileira nas negociações internacionais (MENDES, 2014).

Além do MCTIC e MMA, destaca-se o papel do Gabinete Executivo do Presidente (Casa Civil) na articulação interministerial, e a atuação de outros ministérios setoriais, como Energia (MME) e Agricultura (MAPA), também possuem relevância, visto serem responsáveis pela elaboração de políticas públicas junto a setores chave para a redução das emissões de GEE do Brasil. Também vale destacar ações do Ministério da Fazenda que vem desenvolvendo o

¹⁶ Formado pelos seguintes ministérios: MCTIC, Casa Civil da PR, MMA, MAPA, MF, MRE, MME, MT, MPOG, MDIC, MCTIC, MEC, MD, MI, MS, MDA.

¹⁷ Decreto nº 6.263, de 21 de novembro de 2007.

¹⁸ Formado pelos ministérios: MCTIC, Casa Civil da PR, MMA, MAPA, MRE, MME, MDA, MPOG, MDIC, MF, SAE/PR.

¹⁹ Criado no mesmo decreto que instituiu o CIM.

projeto PMR em conjunto com Banco Mundial sobre a Precificação de Carbono na Economia Brasileira (MINISTÉRIO DA FAZENDA, 2017) e do Ministério das Cidades que com recursos do Fundo Global para o Meio Ambiente (GEF²⁰) operado pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) está elaborando um programa de Mobilidade Urbana de Baixo Carbono em Grandes Cidades (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2015). Há também um órgão representante da sociedade civil Fórum Brasileiro de Mudança do Clima - FBMC²¹ (presidido pelo presidente da República) e dois órgãos com caráter científicos: Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas – PBMC e Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais (Rede Clima²²). A Figura 1 apresenta o complexo arranjo governamental para endereçar as questões de alterações climáticas no Brasil até 2018 (SPERANZA, 2017).

Figura 1 – Estrutura de governança climática do governo federal brasileiro

Fonte: elaboração própria a partir de informações extraídas do site do Ministério do Meio Ambiente e do First Biennial Update Report of Brazil (MCTI, 2014).

Nota:

1. Composto por MCTIC, Casa Civil da PR, MMA, MAPA, MF, MRE, MME, MT, MPOG, MDIC, MCid.

2. Composto por MCTIC, Casa Civil da PR, MMA, MAPA, MF, MRE, MME, MT, MPOG, MDIC, MCid, MEC, MD, MI, MS, MDA.

3. Composto por MCTIC, Casa Civil da PR, MMA, MAPA, MRE, MME, MDA, MPOG, MDIC, MF, SAE/PR.

4. Projeto do Banco Mundial do qual o Brasil faz parte, por meio do Ministério da Fazenda, na temática de precificação de carbono.

Fonte: Speranza, Romeiro, Betiol e Biderman (2017).

²⁰ “Global Environmental Facility”.

²¹ Decreto nº3.515 de 20 de junho de 2000, revogado pelo decreto nº 9.082, de 26 de junho de 2017.

²² Portaria 728, de 20 novembro de 2007.

Os avanços para implantação da PNMC e das ações previstas para cumprimento das metas previstas pela NDC Brasileira tiveram seu ímpeto reduzido desde o final do primeiro governo da Dilma Rousseff, acentuando-se com o processo de impeachment em 2016 que além de gerar alterações no alto escalão do governo, interrompendo a articulação entre os diferentes setores e trazendo instabilidade ao ambiente político, exigiu uma série de negociações com setores de grande interesse econômico, em especial o agronegócios contrários à pauta climática (AZEVEDO e C., 2018; RANSOM P., 2018). Além disso, desde 2015 observa-se uma redução no orçamento para programas de monitoramento e fiscalização do desmatamento dos biomas da Amazônia e do Cerrado, que geraram uma inflexão na tendência de redução do desmatamento do Brasil comprometendo os compromissos do Brasil junto aos esforços globais para manter o aquecimento climático global limitados a 2 °C (ROCHEDO, 2018)

Com a entrada do novo governo em 2019, observamos uma série de medidas que desestruturaram a governança do clima no âmbito federal instituída nos últimos 30 anos. O órgão mais afetado foi o MMA, que por meio do Decreto 9.672 emitido em 2 de janeiro de 2019, extinguiu a Secretaria de Mudança do Clima e Florestas junto com seus três departamentos: Políticas em Mudança do Clima; Florestas e Combate ao Desmatamento; e Monitoramento, Apoio e Fomento de Ações em Mudança do Clima. Além da extinção dos principais órgãos responsáveis, com o Decreto 9.667 de 2 de janeiro de 2019, o novo governo transferiu o Serviço Florestal Brasileiro (SFB) para o Ministério da Agricultura (MAPA) e também criou uma Coordenação Geral de Mudanças Climáticas que tratará de temas relacionados com adaptação aos impactos causados pelas mudanças climáticas (TUFFANI, 2019). De acordo com o Decreto 9.679, o novo Ministério da Economia manteve a Coordenação-Geral de Meio Ambiente e Mudanças Climáticas responsável pela elaboração, revisão e monitorização das políticas e instrumentos relativos às alterações climáticas, em articulação com outros ministérios (artigo 38.º, secção III) e incorporou a Coordenação-Geral de Instituições Globais de Desenvolvimento, antes no Ministério do Planejamento, responsável por coordenar as negociações econômicas internacionais relacionada com o desenvolvimento sustentável e as alterações climáticas. O novo Ministério da Economia passa também a ser a Autoridade Nacional Designada (NDA) para o *Green Climate Fund* (GFC) (GREENPEACE, 2019; MORAES, 2019; TUFFANI, 2019).

O MCTIC não sofreu alterações significativas ainda contando com uma Coordenação de Mudanças Climáticas sem alterações imediatas em sua estrutura. O Ministério das Cidades foi extinto, pela norma MP 870, e fundido com o também extinto Ministério da Integração

Nacional formando o Ministério do Desenvolvimento Regional por meio do Decreto 9.666. O Ministério do Desenvolvimento Regional integrou as secretárias do Ministério das Cidades que possuem programas para fomento de eficiência energética e medidas de baixo carbono em suas diferentes secretarias, a saber, Mobilidade e Serviços Urbanos, Secretaria Nacional de Habitação, Secretaria Nacional de Saneamento.

2.1.4 Compromissos climáticos domésticos

O marco legal para compromissos de redução de emissões de GEE domésticos é a Política Nacional de Mudanças Climáticas (PNMC), instituída pela lei nº 12.187, promulgada em 29 de dezembro 2009, a qual define diferentes estratégias de mitigação com ênfase na redução do desmatamento dos biomas da Amazônia e do Cerrado propondo metas voluntárias de redução de 36,1% a 38,9% das emissões de GEE projetadas para 2020. A PNMC foi estruturada a partir dos compromissos internacionais do Brasil assumidos no fórum da CQNUMC (IPEA, 2011) assimilando os instrumentos governamentais criados para implantá-los (TOWNSHEND, 2011), com especial destaque para o Plano Nacional sobre Mudança do Clima elaborado pelo CIM apresentado no dia 1 de dezembro de 2008. O Plano é estruturado em “quatro eixos: (I) mitigação; (II) vulnerabilidades, impacto e adaptação; (III) pesquisa e desenvolvimento; e (IV) capacitação e divulgação” (DO CLIMA, 2008).

A regulamentação²³ da PNMC foi realizada pelo Decreto de nº 7.390/10 de 9 de dezembro de 2010, o qual dispõe sobre a comunicação nacional (Inventário Nacional de GEE apresentado para CQNUMC) e os Planos Setoriais de Mitigação e Adaptação às Mudanças do Clima. A Tabela 1 (próxima página) apresenta um resumo das principais normas federais relacionadas com política climática. Mais detalhes e outras normas relacionadas com mitigação de adaptação são descritas no Apêndice A.

²³ Decreto 7.390/10 que regulamenta a Lei 12.187/09

Tabela 1 – Quadro regulatório sobre mudança climática no Brasil

Nome	Normativa	Observação
Política Nacional de Mudanças Climáticas (PNMC)	Lei nº 12.187/ 2009	Marco legal para compromissos de redução de emissões de GEE domésticos
Cria o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima (FNMC)	Lei nº 12.114/2009	Estabelece o BNDES como gestor do FNMC
Regulamentação da PNMC	Decreto de nº 7.390/10	Dispõe sobre a comunicação nacional (Inventário Nacional de GEE) e os Planos Setoriais de Mitigação e Adaptação
Novo código florestal	Lei nº 12.65/2012	Regulação complementada pelas leis de proteção da Mata Atlântica (nº11.428/2006), gestão de florestas públicas (nº11.284/2006) e unidades de conservação (nº9.985/2000).
Comissão Nacional para REDD+	Decreto no 8.576 / 2015	Alterada pelo Decreto no 10.144/2019 que institui novas diretrizes e reduz a participação da sociedade civil
Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (PNA)	portaria MMA nº 150, 2016	Marco legal para ações de adaptação às mudanças climáticas.

Dos vinte e sete entes da federação do Brasil, dezessete²⁴ possuem política estadual sobre mudanças do clima já instituídas, dos quais quatro possuem metas de redução de GEE definidas (São Paulo, Rio de Janeiro, Paraíba e Mato Grosso do Sul), os demais doze estados indicam a intenção de reduzir emissões de GEE sem definir compromissos de mitigação em suas políticas. Quatro estados não têm nenhum marco regulatório sobre Mudança do Clima (Roraima, Sergipe, Alagoas e Rio Grande do Norte) e os demais possuem Fórum Estadual sobre Mudanças Climáticas, ou Projetos de Lei sobre Políticas Climática (CETESB, 2018; MMA, 2018; FÓRUM CLIMA, 2019). A Figura 2 a seguir apresenta este mapeamento.

²⁴ Rondônia publicou sua política estadual em dezembro de 2018, através da lei nº4.437 de 17/12/2018

Figura 2 – Estados com política sobre mudança climática instituída, ou com projeto de lei.

Fonte: Adaptado²⁵ Fórum Clima (FÓRUM CLIMA, 2019)

São Paulo foi o primeiro estado a promulgar uma política sobre mudanças climáticas no Brasil (PEMC–SP²⁶). Esta política define uma meta global de redução de 20% para o Estado de São Paulo com ano alvo 2020 e ano base 2005. Em 2013, as emissões do estado foram 98 MtCO_{2e}²⁷ representando um aumento de 6% em relação ao ano base 2005, em 2016 este valor subiu para 7% (THE CLIMATE GROUP, CDP, 2018). Em 2013 o governo do estado lançou o Plano Paulista de Energia PPE 2020 estabelecendo como objetivo, aumentar em 70%, a participação de fontes renováveis na matriz energética do estado (SÃO PAULO, 2013). Vale destacar a Decisão da Diretoria da CETESB²⁸ que exige a submissão de Inventário de emissões de GEE de instalações relacionadas com os seguintes processos: produção de amônia; produção

²⁵ Alterada a coloração do estado de Rondônia a fim de considerar a recente publicação de sua política estadual.

²⁶ Lei nº 13.798/09

²⁷ Tonelada de dióxido de carbono equivalente, unidade adotada na quantificação de emissões de GEE que considera os 7 gases de efeito estufa contemplados pela Convenção do Clima. Detalhado mais adiante no texto.

²⁸ Decisão de Diretoria Nº 254/2012/V/I

de ácido fosfórico; produção de ácido nítrico; ou instalações com consumo de combustível fóssil que emitam quantidade superior a 20.000 t/ano de CO₂ equivalente; e outras que a CETESB julgar relevantes.

O Estado do Rio de Janeiro²⁹ se destaca ao definir compromissos de redução de GEE baseados em metas de redução de intensidade em relação ao PIB (tCO₂e/PIB). A meta fluminense considera 2010 como ano base, 2030 como ano alvo e indica que “a intensidade de carbono do Estado do Rio de Janeiro em 2030 deverá ser inferior a de 2005” (RIO DE JANEIRO, 2011). Além da meta global das emissões de GEE, o estado do Rio de Janeiro também estabelece metas setoriais relacionadas com setores de resíduos, de energia e de transportes e agricultura.

Ainda que os estados do Acre, Amazonas, Ceará, Mato Grosso, Minas Gerais, Pernambuco, Rio Grande do Sul, Rondônia e Tocantins não tenham definido metas de redução de GEE em suas políticas climáticas, observa-se a implantação de medidas de mitigação conforme os relatos públicos voluntários submetidos ao CDP onde apresentam as respectivas ações de mitigação que contribuem com os compromissos do país previstos pela PNMC e NDC. Destaca-se a adesão dos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará e Tocantins ao pacto *Governors' Climate and Forests Task Force* (GCF) iniciativa internacional que busca desenvolver as estruturas regulatórias, institucionais e técnicas para reduzir emissões de GEE decorrentes de desmatamento e uso do solo.

Dois dos estados brasileiros signatários do GCF, o Acre e o Amazonas, alcançaram proeminência internacional por terem aderido a mecanismos pioneiros de pagamento por serviços ambientais para emissões evitadas por meio do controle desmatamento (*Reduce Emissions From Deforestation And Forest Degradation* - REDD). Ambos estados estabeleceram compromissos junto ao governo federal no âmbito do Fundo Amazônia e também firmaram compromissos bilaterais com agências de cooperação internacional, como por exemplo o acordo bilateral feito em 2012 entre o estado do Acre e o Banco de Desenvolvimento Alemão (KfW) onde o Acre se comprometeu a reduzir as emissões de GEE decorrentes do desmatamento ao longo de quatro anos tendo como contrapartida uma remuneração de 19 milhões de euros (IETA, 2013; CDP, 2019).

Iniciativas de governos locais associadas a políticas climáticas, vem sendo observadas desde o final da década de oitenta, quando algumas cidades formaram redes de

²⁹ Por meio do Decreto nº 43.216 de 30/09/2011 que regulamenta a política climática do Rio de Janeiro instituída pela lei nº 5690 de 14 de abril de 2010.

compartilhamento de boas práticas de gestão pública urbana associadas às alterações climáticas. Tanto o “Relatório de Brundtland” (formalmente, Relatório “Nosso Futuro Comum”) de 1987, quanto os relatórios da conferência Eco 92 no Rio de Janeiro já destacam o papel das cidades nas ações de enfrentamento às alterações do clima (HARALD FUHR, 2018). Neste sentido, as redes transnacionais e as organizações da sociedade civil vem desempenhando um papel fundamental no engajamento de cidades na agenda climática e apoiando os governos locais a elaborarem inventários de GEE e desenharem políticas climáticas com destaque para as seguintes instituições *International Council for Local Environmental Initiatives* (ICLEI), *C40 Cities Climate Leadership Group*, *Low Emission Development Strategies Global Partnership* (LEDS GP), CDP (anteriormente chamado de *Carbon Disclosure Project*), *World Resources Institute* (WRI), *World Wide Fund for Nature* (WWF) e *100 Resilient Cities* (100RC) (BETSILL, 2004; BETSILL, 2006; BETSILL, 2013).

No Brasil, a cidade do Rio de Janeiro foi a primeira a elaborar um Inventário de GEE em 2000 contando com o apoio do ICLEI. A iniciativa foi ampliada para outras cidades brasileiras, tais como Betim, Extrema, Goiânia, Palmas, Porto Alegre, São Paulo e Volta Redonda que publicaram inventários de emissões de GEE ainda na primeira década dos anos 2000. Nos últimos dez anos mais cidades se engajaram no tema como Belo Horizonte, Sorocaba, Alta Floresta, São Bernardo do Campo, Campinas, Curitiba, Fortaleza, Recife e Salvador. Destas, nove possuem políticas de mudanças climáticas (Palmas, São Paulo, Manaus, Rio de Janeiro, Feira de Santana, Belo Horizonte, Brasília, Recife, Porto Velho), das quais seis estabeleceram metas de redução (São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Porto Velho) (MACEDO, 2017). Ainda que muitas cidades brasileiras ainda não tenham uma política climática com compromissos de redução de GEE, observa-se um crescente engajamento voluntário das mesmas, pela iniciativa CDP Cidades, que em 2018 contou com o reporte de 96 cidades brasileiras que responderam perguntas relativas a ações climáticas, monitoramento de emissões de GEE, ações e programas em implantação com benefícios para mitigação ou adaptação (CDP, 2019).

O município de São Paulo teve seu inventário de emissões de GEE publicado em 2005, quando contabilizou uma emissão anual de 15 M tCO₂ relativa ao ano de 2003. Em junho de 2009, a câmara dos vereadores aprovou a lei nº 14.933 instituindo a segunda Política sobre Mudança do Clima no nível municipal e primeira Política Climática municipal estabelecendo estratégias para combate às mudanças do clima com uma meta de redução de 30% das emissões de GEE até 2012 tendo como referência o inventário de 2005. A cidade também se destaca por ter negociado a primeira venda de créditos de carbono em 2007 referente ao projeto de captura

de metano do Aterro Bandeirantes que rendeu aproximadamente 34 milhões de reais para o município (DIAS, 2009; MACEDO, 2017; CHECCO, 2018).

Nos últimos anos se nota o engajamento de consórcios municipais, como por exemplo o Consórcio Intermunicipal da Região Oeste Metropolitana de São Paulo (CIOESTE) e o Consórcio Intermunicipal do Grande ABC. O engajamento de consórcios tem grande potencial para gerar um ganho de escala e superar barreiras de capacitação técnica e veem ganhando relevância como estratégia de mitigação, principalmente quando se está considerando mobilidade urbana em grandes centros urbanos que são caracterizados por deslocamentos pendulares (MULLER e AND GUTIÉRREZ, 2017).

2.2 EMISSÕES DE GEE

Descrito o panorama sobre as alterações climáticas no âmbito internacional e doméstico, apresentaremos os fundamentos do principal instrumento de monitoramento dos compromissos de mitigação os inventários de emissões e sumidouros de GEE (UNFCC, 2015). A compreensão dos princípios e fundamentos deste instrumento, é necessária para aprofundarmos a discussão sobre a adequação das métricas adotadas em compromissos subnacionais. Na primeira parte desta seção apresentamos a relevância dos inventários e as principais iniciativas governamentais e da sociedade civil no tema, em seguida oferecemos uma revisão das principais metodologias de contabilização e conceitos fundamentais sobre a elaboração de inventários de emissões de GEE. Em seguida discutimos a variação do perfil de emissão conforme a região, esfera governamental e o período de análise. Ao final da seção exemplificamos a aplicação de inventários de GEE em um sistema regulado de comercialização de emissões de GEE introduzindo o conceito de unidades transferíveis de emissões reduzidas (ex. crédito de carbono).

2.2.1 Instrumento de gestão e monitoramento

Como parte dos compromissos estabelecidos no âmbito da Convenção do Clima, o Brasil deve apresentar uma Comunicação Nacional das emissões antropogênicas por fontes e remoções por sumidouros de todos os gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal e uma atualização bianual (UNFCCC, 2019). No âmbito doméstico a PNMC prevê a publicação de estimativas anuais de emissões de GEE do Brasil para monitorar a meta de redução do país.

O Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicação (MCTIC) é responsável pela elaboração, revisão, publicação e reporte da comunicação nacional e das atualizações das estimativas de emissões de GEE do Brasil. Neste sentido, vem aprimorando o sistema de monitoramento e reporte de emissões no qual resultou no Sistema Nacional de Registro de Emissões (SIRENE), como instrumento oficial de relatório de emissões de GEE, instituído pelo Decreto no 9.172/2017 da Presidência da República. Além de quantificar as emissões de GEE em nível nacional, espera-se que o SIRENE também relate as emissões de GEE por estado, processo que está atualmente em desenvolvimento e que deverá ser concluído nos próximos anos dando importante subsídio aos formuladores de políticas para definição de prioridades de ação climática e monitoramento de seus compromissos (CETESB, 2011; MCTIC, 2019).

No Brasil, a competência pelo relato das emissões de GEE é uma responsabilidade de todos os entes da federação: União, Estado, Distrito Federal, e Município. No entanto, existe uma grande lacuna de capacidade técnica, principalmente, no âmbito municipal para que o monitoramento das emissões de GEE se torne uma prática incorporada à gestão pública. A maioria das cidades brasileiras não possuem políticas climáticas, tampouco realizaram uma quantificação das emissões de GEE decorrentes das atividades antropogênicas realizadas dentro de suas fronteiras. Além disso, as poucas cidades e estados que estão na vanguarda climática, o fizeram por meio de cooperações junto a redes transnacionais, agências de cooperação e iniciativas de preparação para o clima (MACEDO, 2017; MULLER e AND GUTIÉRREZ, 2017).

Além dos avanços no âmbito governamental, também é importante mencionar iniciativas da sociedade civil, com destaque para o Observatório do Clima³⁰, o Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), que respectivamente, acompanham a implantação de políticas climáticas; e o relato das estimativas de emissões de GEE no Brasil em nível nacional e subnacional (SEEG). No âmbito internacional, destacamos as seguintes iniciativas: CAIT - *Country Greenhouse Gas Emissions Data* do WRI (WRI), *Climate Action Tracker* (CLIMATE ANALYTICS & NEWCLIMATE INSTITUTE, 2019) *CDP*³¹ *Database* (CDP, 2019), *City Inventory Reporting and Information System* (CIRIS) da rede C40 Cities Climate Leadership Group e a iniciativa global que busca consolidar e

³⁰ O Observatório do Clima é uma rede que reúne entidades da sociedade civil que atuam no tema de Mudanças Climáticas.

³¹ Anteriormente nominado por *Carbon Disclosure Project*.

desenvolver as diferentes ferramentas disponibilizadas globalmente que auxiliam na implantação dos compromissos de Paris, a *NDC Partnership*³² (NDC PARTNERSHIP).

2.2.2 Fundamentos sobre Inventários de GEE

É a partir do inventário de GEE que se pode: estabelecer uma linha de base; propor metas de redução de GEE coerentes; identificar e priorizar os setores econômicos que geram maior contribuição para o aquecimento global; monitorar a implantação de programas de mitigação; fortalecer a transparência e reportar o atendimento de compromissos climáticos, como os que o Brasil firmou por meio de sua NDC (UNFCCC, 2019).

Desde o início de 1990 várias instituições vêm desenvolvendo e aprimorando métodos e técnicas para estimar e monitorar emissões de GEE, como também procedimentos para determinar responsabilidades tais como o IPCC, o Painel Metodológico do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo dentro da CQNUMC, a Agência Ambiental Europeia (EEA), o Departamento de Meio Ambiente, Alimentos e Assuntos Rurais do Reino Unido (DEFRA), a Agência Ambiental Alemã (UBA), a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA), a Associação Internacional de Conservação Ambiental da Indústria de Petróleo (IPIECA), a Agência Internacional de Energia (IEA), a Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA), o *World Resource Institute* (WRI), Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável (WBCSD), o Conselho Internacional para a Iniciativa Ambiental Local (ICLEI) e, de modo geral, a comunidade acadêmica global. Também deve-se mencionar a Norma NBR ISO 14.064-1, baseada nas metodologias mencionadas anteriormente, que trata da quantificação e elaboração de relatórios de emissões e remoções de GEE. Como resultado destes esforços, uma ampla variedade de métodos de quantificação de emissões de GEE, banco de dados de fatores de emissão, diretrizes e procedimentos de alocação de emissões tais como: os manuais do IPCC para inventários nacionais de gases de efeito estufa (IPCC, 2006) (IPCC, 2019), o guia de inventário de emissões de poluentes aéreos da união europeia (EEA, 2016), o guia para contabilização e reporte de emissões de GEE dos Estados Unidos (USA, 2016) o Protocolo para emissões de gases de efeito estufa em escala local (FONG, 2015) e Padrões para compromissos de mitigação (LEVIN, 2014).

³² Especial atenção para a seção <https://ndcpartnership.org/content/city-inventory-reporting-and-information-system>

Inventários de GEE devem contemplar as emissões de sete categorias de gases com efeito estufa direto³³ conforme estabelecido pela Convenção do Clima, que é atualizado periodicamente³⁴ (UNFCCC, 2013): Dióxido de Carbono³⁵ (CO₂); Metano³⁶ (CH₄); Óxido Nitroso³⁷ (N₂O); Hexafluoreto de Enxofre³⁸ (SF₆); Hidrofluorcarbonos³⁹ (HFCs); Perfluorcarbonos⁴⁰ (PFCs); e Trifluoreto de nitrogênio⁴¹ (NF₃). Os gases listados intensificam o efeito estufa terrestre conforme os respectivos Potenciais de Aquecimento Global (PAGs)⁴² apresentados na Tabela 2⁴³.

Tabela 2 – Potencial de aquecimento global

Gás de Efeito Estufa	Fórmula química	Segundo Relatório (SAR)	Quarto Relatório (AR4)	Quinto Relatório (AR5)
Dióxido de carbono	CO ₂	1	1	1
Metano	CH ₄	21	25	28
Óxido nitroso	N ₂ O	310	298	265
Hexafluoreto de enxofre	SF ₆	23.900	22.800	23.500
Trifluoreto	NF ₃		17.200	16.100

Fonte: Elaborada pelo autor a partir dos dados disponíveis pela UNFCCC (2019).

Os valores do PAG de cada gás de efeito estufa dependem de três aspectos: do tempo de vida do gás na atmosfera, do forçamento radiativo do gás e do intervalo de tempo da análise (MIRANDA, 2012). À medida que a ciência do clima avança, o cálculo dos forçamentos

³³ Não estão incluídos gases precursores e os gases já incluídos no Protocolo de Montreal que versa sobre os efeitos deletérios de gases para a camada de ozônio.

³⁴ A última atualização ocorreu na 19ª Convenção das Partes (COP19) da Convenção Quadro das Nações Unidas em 2013.

³⁵ Dióxido de carbono tem como principais fontes de emissões: queima de combustíveis fósseis (ex. carvão, petróleo, gás natural e derivados) por fontes móveis e estacionárias e em processos industriais. A emissão de dióxido de carbono de origem biogênica (ex. respiração, decomposição de matéria orgânica) não são computados nos inventários de emissões antrópicas de GEE.

³⁶ Metano que tem como principais fontes: emissões voláteis do carvão, gás natural, processos industriais, decomposição de matéria orgânica; tratamento anaeróbio e produto do processo de oxidação de combustíveis.

³⁷ Óxido Nitroso que tem como principais fontes de emissões: processos industriais (ex. produção de fertilizantes), nitrificação de corpos d'água, uso de fertilizantes, a degradação de resíduos orgânicos e tratamento de efluentes; e produto do processo de oxidação combustíveis.

³⁸ Hexafluoreto de Enxofre utilizado comumente como um isolante de arco elétrico em equipamentos de alta tensão que transmitem e distribuem energia elétrica (ex.: disjuntores).

³⁹ Gases utilizados como fluidos refrigerantes. As principais fontes destes gases são emissões fugitivas de sistemas de refrigeração e ar condicionado também podendo ser utilizados em extintores de incêndio.

⁴⁰ As emissões da família dos gases Perfluorcarbonos (CF₄ e C₂F₆) ocorrem principalmente durante o processo produtivo de alumínio.

⁴¹ Trifluoreto de nitrogênio que tem como principais fontes de emissões: manufatura de equipamentos eletrônicos (ex. semicondutores e televisores de cristal líquido).

⁴² Do inglês Global Warming Potential (GWP)

⁴³ A classe de gases Hidrofluorcarbonos (HFCs) e Perfluorcarbonos (PCFs) são extensa com intensa variação dos respectivos valores de PAG, disponível em http://www.ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/Global-Warming-Potential-Values%20%28Feb%2016%202016%29_1.pdf

radiativos de cada GEE é aprimorado, resultando em atualizações periódicas dos mesmos ao longo das publicações do IPCC. Destaca-se, que no âmbito regulado pelo Protocolo de Quioto, as emissões de GEE relativas ao primeiro período de compromisso (2005 a 2012) devem ser reportadas considerando o PAG indicados no 3º relatório do IPCC (SAR), as emissões relativas ao segundo período de compromisso devem observar os PAG apresentados no 4º relatório do IPCC (AR4). O tempo da análise em inventários de GEE é 100 anos (IPCC-FORSTER, 2007; IPCC, 2019).

A fim de ampliar a comparabilidade entre os reportes de emissões de GEE, adota-se a unidade comum “Dióxido de Carbono Equivalente” (CO₂eq), que representa as emissões dos diferentes gases com efeito estufa considerado os respectivos potenciais de aquecimento global (PAG). Por exemplo, as emissões diretas⁴⁴ da Petrobras em 2010⁴⁵ foram de 49.732.437 toneladas de CO₂, 146.865 toneladas de CH₄, 1.250 toneladas de N₂O. Em termos de dióxido de carbono equivalente, as emissões de metano e óxido nitroso representam, respectivamente, 3.084.169 ton. CO₂eq e 387.599 ton. CO₂eq. totalizando 53.204.206 ton. CO₂eq por ano (PETROBRAS, 2019), o que representa 14% das emissões de GEE Brasileiras geradas pelo setor de energia no mesmo ano, o que significa 336% das emissões da cidade de São Paulo no mesmo ano (SVMA, 2013; BRAZIL, M. C. T. I., 2016) o que denota a relevância de São Paulo neste contexto (o que torna emblemático e fundamental o delineamento de políticas e de estratégias de mitigação de GEE a partir do consumo de energia nesta megalópole brasileira).

⁴⁴ Geradas por ativos que são estão sob controle direto da Petrobras.

⁴⁵ O Inventário da Petrobras (ano base 2010) publicado no sistema de reporte do GHG Protocol Brasil faz uso do PAG do SAR.

O IPCC apresenta quatro grandes categorias de emissão de GEE: (1) energia⁴⁶; (2) processos industriais e uso de produtos⁴⁷ (IPPU); (3) resíduos⁴⁸; e (4) agricultura, florestas e outras utilizações do solo⁴⁹ (AFOLU). Frequentemente, é prática comum reportar as emissões associadas à agricultura separadamente. Para elaboração de políticas climáticas é necessário compreender as características socioeconômicas e o território o respectivo perfil de emissões de GEE. Para tanto se faz necessária a compreensão das atividades econômicas incluídas em cada um dos setores que constituem um inventário de GEE (LEVIN, 2014). Ainda que o problema da presente pesquisa seja discutido no âmbito do setor de energia, iremos apresentar as principais fontes de emissão de GEE associadas aos demais setores para fornecer perspectiva da amplitude do tema e dar subsídios para melhor compreensão dos perfis de emissões gerados a partir de inventários de GEE.

⁴⁶ O setor de energia cobre as fontes de emissão de GEE relacionadas à exploração e produção de insumos energéticos (óleo Diesel, óleo combustível, gás liquefeito de petróleo, nafta, querosene, gás de folhelho, eletricidade, carvão vegetal, etanol) a partir das diferentes fontes energéticas (petróleo, gás natural, carvão mineral, energia hidráulica e biomassa) e respectivos processos de transformação (extração, refino, tratamento, processamento, geração de eletricidade e vapor). As emissões relacionadas com as perdas decorrentes da extração (ventilação e queima em flare), armazenamento (tancagem e sistemas de captura e estoque de carbono - CCS), transporte (fugitivas de gasodutos e embarcações) e distribuição (perdas de transmissão da rede) também fazem parte desta categoria. Além da cadeia de produção, a queima dos combustíveis pelos diferentes setores, inclusive industrial, é classificada como emissão de GEE do setor de energia e se divide em dois segmentos: fontes de combustão móveis (transporte terrestre, aéreo, hidroviário) e fontes de combustão estacionárias (ex. fornos e secadores industriais, sistemas de calefação, motores estacionários) (API, 2009) (IPCC, 2006). Metodologias desenvolvidas para em inventários regionais ou locais considera separadamente as emissões de GEE associadas ao transporte (combustão móvel no IPCC) das emissões de combustão estacionárias, cada uma constituindo um setor (Fong, 2015).

⁴⁷ O setor de processos industriais e uso de produtos (IPPU) cobre as fontes de emissão de GEE relacionadas com os diversos processos geradores de GEE, com destaque às emissões geradas pela siderurgia (ex. Altos-Fornos), produção de cimento (ex. calcinação do clínquer e produção de cal), indústria petroquímica (ex. plantas de eteno e propeno) e indústria química (ex. plantas de ácido adípico, amônia e ácido nítrico). Além disso, também faz parte IPPU o uso de gases de efeito estufa em equipamentos e sistemas (ex. equipamentos de climatização, disjuntores elétricos e sistemas de proteção contra incêndios). Embora a queima de combustíveis na indústria já seja contabilizada no setor de energia, o IPPU considera também os usos não energéticos dos combustíveis fósseis, como o uso de gás natural como insumo da indústria química (ex. produção de eteno e amônia). As emissões associadas a queima de combustível dentro das indústrias (usos térmicos, geração de eletricidade, cogeração, geração de força motriz) estão incluídas no setor de energia, fontes estacionárias (IPCC, 2006).

⁴⁸ O setor de resíduos cobre as fontes de emissão de GEE decorrentes da disposição (aterros sem controle, aterros sanitários, aterro semi-aeróbico, aterros com recuperação de biogás) e processamento (compostagem, incineração, queima de biogás em flare) de resíduos sólidos e tratamento (fossa, lagoa, biodigestor) de efluentes (domésticos, ou industriais) e descargas em corpos d'água. Destaca-se que o manejo de dejetos animais e queima de resíduos agrícolas são tratados no setor de AFOLU (IPCC, 2006).

⁴⁹ O setor de agricultura, floresta uso do solo e outros uso do solo (AFOLU) considera todas as fontes de emissões associadas a atividades agrícolas (cultivo de arroz, queima de resíduos agrícolas, aspersão de vinhaça, fertilização, calagem, revolvimento de solo), pecuária (fermentação entérica, manejo de dejetos animais), floresta (estoque de biomassa, serra-pilha) e a mudança de uso do solo (desmatamento, reflorestamento, plantio de cultura em novas áreas). As emissões relacionadas com operação de maquinário agrícola estão incluídas no setor de energia (IPCC, 2006).

Vale notar que as emissões de CO₂ geradas pela queima de combustíveis variam conforme a composição do mesmo (teor de carbono), enquanto as emissões de CH₄ e N₂O também presentes nos processos de oxidação energética variam conforme a condição de queima. Por exemplo, a queima de gás natural em turbinas de gás (fonte estacionária) se dá em elevadas temperaturas resultando na formação mais intensa de N₂O nos gases de exaustão, por outro lado, a queima em veículos agrícolas gera mais CH₄ por conta dos sistemas de controle de poluição serem diferentes dos de veículos de transporte de passageiros (ex. catalisadores). Outra particularidade observada no setor de transportes, muito relevante para o Brasil, é a consideração da mistura de biocombustível na gasolina e no diesel, o que reduz as emissões de CO₂ por Joule gerado e também altera as emissões de CH₄ e N₂O (IPCC, 2006).

Uma vez definidos os gases que serão cobertos pelo inventário e os setores chaves que serão avaliados⁵⁰, se deve definir a fronteira temporal e geográfica do inventário. O período normalmente considerado são 12 meses contínuos ao longo de um ano, em alguns casos pode-se utilizar o ano fiscal, ao invés do ano calendário, conforme a periodicidade de consolidação dos dados. Por último deve-se estabelecer a fronteira do inventário, considerando o limite geográfico de interesse.

O IPPC elaborou um método orientado para inventários nacionais, onde considera que toda fonte de emissão relevante localizada dentro da fronteira geográfica de um país deve ser incluída no inventário nacional⁵¹. Ao aplicarmos o mesmo racional a entes subnacionais, algumas dificuldades surgem por existirem fontes de emissão de GEE que são diretamente relacionadas com a economia local, porém estão situadas fora da fronteira geográfica do município, como por exemplo, as emissões associadas com a geração de eletricidade consumida dentro das fronteiras do município, cujas emissões são geradas por diversas plantas de geração de eletricidade espalhadas no território nacional. Ou ainda, as emissões de GEE decorrentes dos

⁵⁰ A identificação de categorias-chave denominada (*key categories*) nos inventários de GEE permite o melhor uso dos recursos limitados disponíveis, conforme recomendado pelo IPCC: é uma boa prática concentrar os recursos disponíveis para a melhoria dos dados e métodos nas categorias identificadas como essenciais" (IPCC, 2006).

⁵¹ Emissões de GEE decorrentes da aviação internacional e comércio marítimo internacional são tratadas de forma setorial por meio das instituições *International Civil Aviation Organization* (ICAO) e a *International Maritime Organization* (IMO). As respectivas emissões de GEE são alocadas separadamente nos inventários nacionais como emissões de combustível "bunker".

resíduos sólidos urbanos gerados dentro do município e dispostos em um aterro localizado em um município vizinho.

Face as essas particularidades, elaborou-se uma metodologia complementar ao IPCC, o *Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories* (GPC) que fornece orientações de como contabilizar as emissões de GEE associadas à economia local, mesmo se as fontes atmosféricas estiverem situadas fora da fronteira geográfica do município. A inovação proposta pelo GHG Protocol⁵², que liderou o processo de construção da metodologia, consiste na classificação das emissões de GEE em três categorias: emissões diretas que são emitidas dentro da fronteira do município (denominadas de escopo 1); emissões indiretas oriundas do consumo de eletricidade (escopo 2); e as outras emissões indiretas relacionadas com emissões decorrentes das atividades realizadas dentro do município, porém cuja fonte atmosférica está localizada em outro território. A Figura 3 ilustra os tipos de fontes de emissão (FONG, 2014) (WRI; WBCSD, 2004).

Figura 3 – Classificação das fontes de emissões em relação à fronteira do inventário de GEE

Fonte: Fong (2015)

⁵² Os principais conceitos aplicados pela metodologia GPC em inventários subnacionais já tinham sido desenvolvidos dez anos antes, também pela iniciativa GHG Protocol, buscando conciliar o método de cálculo do IPCC em inventários de GEE corporativos por meio do guia *GHG Protocol, Greenhouse Gas (GHG) Protocol - Corporate Accounting and Reporting Standard*.

As emissões de Escopo 1 contemplam a categoria das emissões diretas de GEE de governos locais, ou seja, que estão localizadas dentro dos limites geográficos do município. O Escopo 2 contempla as emissões indiretas de GEE relacionadas à aquisição externa de energia, por exemplo, energia elétrica fornecida pelas concessionárias locais conectadas ao Sistema Interligado Nacional (SIN). Enquanto as outras emissões indiretas são classificadas como Escopo 3, que dizem respeito às emissões que ocorrem em função das atividades realizadas dentro das fronteiras do município, porém estão localizadas em outro território (FONG, 2014).

Assim, podemos considerar que a metodologia proposta pelo GPC amplia o critério de alocação de inventários, originalmente criado para entes nacionais, ou seja, além de considerar as fontes de emissão localizadas dentro das fronteiras geográficas do município (Escopo 1) também considera as emissões associadas a atividades cujas fontes atmosféricas estão fora dos limites municipais (escopos 2 e 3)⁵³. Além disso, a metodologia GPC também recomenda o reporte em nível mais detalhado, diferenciando as emissões de GEE em sub-setores tais como: residencial, comercial, industrial, agrícola, transporte rodoviário, transporte ferroviário, transporte pluvial, transporte aéreo, disposição de resíduos sólidos dentro da cidade, disposição de resíduos sólidos fora da cidade, tratamento de efluentes dentro da cidade e tratamento de efluentes fora da cidade (WRI e WBCSD, 2004; IPCC, 2006).

2.2.3 Perfil de Emissões de GEE

Com base nas metodologias mencionadas e com disponibilidade de dados é possível elaborar o perfil de emissões de GEE, gerados a partir de inventários, em diferentes níveis e esferas, tais como: instalações industriais, corporações multinacionais, cidades, estados, setores e países. O perfil das emissões de GEE varia conforme as atividades econômicas predominantes, a disponibilidade de recursos naturais, a matriz energética, condições climáticas (ex. necessidade de calefação), entre outras. A Figura 4 (próxima página) mostra como o perfil de emissões antropogênicas de GEE Mundiais e do Brasil 2014.

⁵³ Os critérios adotados em inventários corporativos e organizacionais, são um bom exemplo de como os critérios de alocação podem variar conforme a natureza do inventário e capacidade de gestão sobre as fontes de emissões. Inventários corporativos adotam duas abordagens: de controle operacional e de controle financeiro, o primeiro responsabiliza a organização por todas as atividades que estão sob sua gestão e controle, enquanto que o segundo critério considera a posse dos ativos, ambos podem ser usados de forma combinada, principalmente em grandes corporações que detém participação acionária de outras empresas.

Figura 4 – Diferença entre os perfis de emissões de GEE do Brasil e do Mundo em 2014

Fonte: Elaborada pelo autor a partir dos dados do WRI (2019)

Analisando a Figura 4 podemos notar que três quartos de todas as emissões de GEE geradas por atividades humanas no mundo estão relacionadas ao setor de energia seguidas pelo setor AFOLU, soma das emissões do setor agropecuário e do uso do solo e florestas. Por outro lado, o Brasil em 2014 apresentou um perfil muito diferente da média mundial, com alta intensidade de emissões no setor de agropecuário e uso e mudança de uso do solo e florestas (AFOLU). Por outro lado, as emissões decorrentes de processos industriais e tratamento de resíduos estão muito próximas da média mundial. Já o setor de energia no Brasil corresponde por mais de um terço das emissões totais em 2014 (em 2005 era menos de um quinto), principalmente por conta da elevada presença de fontes renováveis na matriz energética do Brasil marcada pela elevada participação de hidroelétricas na geração de eletricidade e pelo uso

de biocombustíveis no setor de transportes. O setor agropecuário tem representativa participação das emissões totais de GEE, principalmente devido ao grande rebanho bovino (fermentação entérica) e uso de fertilizantes na produção agrícola (BRASIL, 2010).

Se as emissões do Brasil diferem das globais, por conta da marcada presença de atividades do setor agropecuário e desmatamento associado, quando analisamos os entes subnacionais do estado brasileiro, percebemos o reflexo das características regionais e locais nos respectivos perfis de emissões de GEE, principalmente por ser um país de proporções continentais. Para ilustrar essa diferença, apresentamos as emissões de GEE do Estado de São Paulo e da Cidade de São Paulo (Figura 5).

Figura 5 - Variação do perfil de emissões de GEE no contexto subnacional

Fonte: CETESB, 2008 e SVMA SP 2009.

A partir da análise da Figura 5 notamos que o perfil de emissões de GEE do Estado de São Paulo é bastante distinto do perfil nacional, uma vez que o estado paulista não possui atividades de desmatamento em seu território, concentra um terço da produção econômica do país com forte presença de indústrias, possui o maior parque sucroenergético do país (produção de etanol e bioeletricidade a partir de cogeração do bagaço de cana), com presença de atividades agrícolas para produção de cana-de-açúcar e pecuária (rebanho bovino de leite e corte). O setor com maior relevância no estado é o energético, com destaque para as emissões associadas ao transporte e combustões estacionárias da indústria (SIMÕES, 2003; LUCON e GOLDEMBERG, 2010; CETESB, 2011).

Além do perfil de emissões variar conforme as características regionais, as emissões de GEE mudam ao longo do tempo conforme o desenvolvimento econômico, implantação de políticas públicas, investimento em energias renováveis, penetração de tecnologias mais eficientes, crescimento econômico, entre diversos outros fatores. A mudança do perfil de emissões de GEE é ilustrada pela Figura 6 a seguir.

Figura 6 – Variação de Emissões de GEE do Brasil entre 2005 e 2012

Fonte: Elaborada pelo autor a partir dos dados do MCTIC (MCTIC, 2019)

Durante o período de 2003 a 2005, o Brasil registrou um pico de emissões de GEE (Figura 7) devido a elevadas taxas de desmatamento nas regiões Norte e Centro-Oeste do país; a partir de 2009 os índices de desmatamento caíram alterando o perfil de emissões de GEE do país que apresentou uma redução de 41% das emissões de GEE do país que corresponde a uma redução anual de aproximadamente 840.00.000 ton. CO₂eq, mais do que as emissões anuais da Alemanha (UNFCCC, 2012; MCTI, 2016). Assim, ao considerarmos o perfil de emissões de GEE do Brasil em 2005, fica clara a ênfase dada ao setor AFOLU pela PNMC do Brasil publicada em 2009 que tomava o ano 2005 como ano base para meta.

Figura 7 – Emissões líquidas de gases de efeito estufa no Brasil, por setor, de 1990 a 2015

Fonte: Ministério de Ciência Tecnologia, Inovação e Comunicação (MCTIC, 2019)

Ainda que determinar o nexso causal que gerou a redução do desmatamento seja uma tarefa complexa e não possa ser explicada por um único fator, é possível relacioná-lo a aspectos de grande influência como: a variação no valor de commodities como a soja⁵⁴ e o gado⁵⁵, crises econômicas, implantação de políticas fundiárias, projetos de infraestrutura⁵⁶, fortalecimento de sistemas de fiscalização e criação de reservas florestais (Mello, 2016).

2.2.4 Monitoramento, reporte e verificação e unidades transferíveis

A fim de mostrarmos a relevância de inventários de GEE na gestão de compromissos de mitigação e também apresentar o conceito de unidades de redução transferíveis, como por exemplo crédito de carbono, iremos apresentar resumidamente o funcionamento do Comércio Europeu de Licenças de Emissão (*European Union Emission Trading Scheme - EU-ETS*), que é um dos principais instrumentos para mitigação das emissões de GEE geradas dentro do território da União Europeia (UE). Instituído em 13 de Janeiro de 2009, a pela Diretiva 2003/87/EC cobre atualmente 31 países (todos os 28 países da UE e Islândia, Liechtenstein, e

⁵⁴ Em março de 2004 o preço da saca de soja no mercado internacional era de 10 dólares (28 reais, câmbio de 2,8 BRL/USD), em setembro de 2006 caiu para 5 dólares (10 reais, câmbio de 2,1 BRL/USD (MACROTRENDS).

⁵⁵ Em março de 2004 o preço da arroba era de 80 dólares (224 reais, câmbio 2,8 BRL/USD), em setembro de 2006 era 90 dólares (189 reais, câmbio BRL/USD) (MACROTRENDS).

⁵⁶ Em abril de 2003 a Cargil iniciou as operações do Porto Graneleiro de Santarém que chegou em seu limite de escoamento, iniciando obras de ampliação em 2014 (CARGIL). Conforme os estudos realizados pelo Greenpeace, a instalação do porto graneleiro em Santarém foi o principal fator para avanço da fronteira agrícola e desmatamento na região (GREENPEACE, 2010)

Noruega), fiscaliza as emissões de mais de 11.000 instalações carbono-intensivas⁵⁷ e o setor de aviação, respondendo por 45% das emissões de GEE geradas dentro da UE (E. U., 2019).

Hoje o EU-ETS está na sua terceira fase (2013 até 2020) e permite a negociação de três tipos de unidades transferíveis de emissões que representam uma tonelada de dióxido de carbono equivalente, as permissões da UE (*European Unit Allowances* - EUA), os créditos de carbono gerados pelo MDL (*Certified Emission Reductions* – CER) e as unidades de emissões reduzidas do Sistema de Implementação Conjunta (*Emission Reduction Units* - ERU). As duas últimas unidades transferíveis de emissões são geradas por mecanismos previstos no Protocolo de Quioto e ocorrem fora da fronteira geográfica da EU (E. U., 2015). A partir de 2013 não são elegíveis para comercialização dentro do EU-ETS CERs ou ERUs gerados pelas seguintes atividades de plantas nucleares, plantas hidrelétricas de grande porte, projetos de abatimento de HFC-23, projetos de abatimento de N₂O da produção de ácido adípico e projetos florestais e de uso e mudança de uso do solo (E. U., 2015).

Os operadores das instalações e de aeronaves devem elaborar um Plano de Monitoramento de suas emissões de GEE, monitorá-las por meio de inventários de emissões que deverão estar em conformidade com o plano de monitoramento já aprovado pela autoridade competente e em conformidade com os padrões e orientações para MRV do EU-ETS. O monitoramento das emissões é contínuo durante todo o ano e deve ser consolidado em um relatório que será verificado por uma terceira parte e entregue para a autoridade competente ao final do mês de março.

Ao final do mês de fevereiro, cada participante do EU-ETS receberá as permissões (EUA) para o ano corrente que estabelece o limite de emissões anuais de GEE para cada instalação. Submetido o relatório de emissões do ano anterior, os operadores terão um mês para entregar para autoridade competente as respectivas permissões ao igual valor reportado no

⁵⁷ A Diretiva determina que participem do EU-ETS as seguintes instalações: termelétricas acima de 20MW de potência instalada e instalações industriais dos seguintes setores refinarias de petróleo, siderurgia e produção de ferro, ligas metálicas, alumínio, petroquímicos, plantas químicas (produção de amônia, ácido nítrico, ácido adípico, ácido glicólico, cimento, cal, vidro, cerâmica, pasta de papel, papel cartão, produção de químicos orgânicos e com sistemas de captura transporte e armazenamento de CO₂). Todas as aeronaves com porte superior a 5.700 kg devem participar do sistema de Cap & Trade sendo isentas as aeronaves oficiais e as com caráter humanitário. Todas instalações classificadas dentro destes critérios devem observar os procedimentos e obrigações de redução de GEE previstas no EU-ETS para cada setor, considerando as obrigações de redução previstas em cada período de negociação (E. U., 2015).

relatório. As emissões excedentes⁵⁸ poderão ser negociadas, e no caso dos operadores que emitiram mais do que as permissões recebidas, estes poderão adquirir permissões (EUA) de outros operadores dentro do EU-ETS, ou de projetos MDL (CERs) e JI (ERUs)⁵⁹. A Figura 8 (próxima página) ilustra as principais atividades (E. U., 2015).

Figura 8 – Ciclo de monitoramento, reporte, verificação e compensação de emissões

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de ilustração do EU-ETS Handbook (2015).

O uso de CERs e ERUs é limitado conforme o tipo de instalação variando entre 4,5% a 11% das emissões totais geradas em um ano. As negociações das unidades de emissões transferíveis (EUA, CER, ERU) ocorrem ao longo de todo o ano, mas todos operadores devem submeter as respectivas quotas no final de abril. As sanções para não conformidade legal com o sistema variam de multas até a perda de licença de operação. Caso a instalação não entregue as permissões equivalentes às emissões de GEE contabilizadas, a multa poderá ser de € 100 por

⁵⁸ As instalações terão emissões excedentes quanto a quantidade de permissões (EUA) recebidas pela autoridade competente ultrapassarem o valor total das emissões de GEE reportadas no inventário de GEE.

⁵⁹ Diferentemente do segundo período do EU-ETS, os créditos de carbono internacionais (CERs, EURs) devem ser trocados em um registro centralizado da União Europeia antes de serem submetidos para a autoridade competente. Além disso, só são aceitos CERs emitidos por projetos registrados antes de 1 janeiro de 2013, com exceção aos países classificados como menos desenvolvidos. Lista dos 47 países dentro desta classificação está disponível em <https://www.un.org/development/desa/dpad/least-developed-country-category.html>

tonelada de CO₂ emitido. No caso da empresa não submeter os relatórios, ou não atender as normas, ou ainda fazer afirmações falsas, o nome da empresa/instalação será publicado e o país aplicará penalidades conforme a legislação nacional (E. U., 2015).

2.3 COMPROMISSOS DE MITIGAÇÃO CLIMÁTICA

Providos dos conceitos fundamentais sobre quantificação e monitoramento de emissões de GEE, discutiremos as métricas adotadas em compromisso climáticos. Iniciando com o tipo de meta de redução adotado pelos países Anexo I no âmbito do Protocolo de Quioto, para em seguida descrevermos a meta de redução voluntária proposta pelo Brasil na PNMC, que posteriormente foi alterada pela NDC Brasileira. A seção se encerra com o resumo das boas práticas recomendados para definição de compromissos de mitigação climática.

2.3.1 Metas de mitigação: métricas e compromisso no âmbito do Protocolo de Quioto

O Protocolo de Quioto estabeleceu uma métrica para redução de emissões de GEE verificável e comparável. A meta é estabelecida em toneladas de dióxido de carbono equivalente e definida a partir de um percentual de redução das emissões de GEE geradas em relação a um ano base. Desta forma, todos os países que ratificaram o acordo, tiveram que elaborar seus respectivos inventários de emissões e sumidouros de GEE durante o mesmo ano base para em seguida negociarem os respectivos compromissos e metas de redução de emissões (MOTTA, HARGRAVE, & LUEDEMANN, 2011).

Para o primeiro período de compromisso do Protocolo de Quioto (2008 até 2012), as metas de redução variaram entre 5 a 8 %⁶⁰ em relação às emissões de 1990. Essa meta foi ampliada durante a COP18, em Doha, por 37 países com a ratificação da Emenda de Doha que prorrogou a vigência do Protocolo de Quioto, mesmo sem a adesão dos Estados Unidos ao acordo e com a saída da Rússia, Canadá, Japão e Nova Zelândia. O segundo período de Quioto contou com metas mais ambiciosas que o primeiro período de compromissos com vigência entre 2013 até 2020. Alguns exemplos são apresentados nas Tabela 3 e 3 (UNFCCC, 2012; UNFCCC, 2009).

Tabela 3 – Metas e emissões de GEE para países anexo I (primeiro período de compromisso)

⁶⁰ Durante o primeiro período de compromisso, alguns dos países Anexo I definiram um limite para aumento de suas emissões de GEE em relação a 1990, como um período de transição, como por exemplo Noruega, Austrália e Islândia.

País	Ano Base	Meta (%) 2008 - 2012	Emissões GEE do ano base (ton. CO ₂ e)	Redução (ton. CO ₂ e)	Limite anual de emissões GEE (ton. CO ₂ e)
Austrália	1990	108%	547.699.841	--	591.515.828
Alemanha	1990	92%	1.232.429.543	98.594.363	1.133.835.180
Canadá	1990	94%	593.998.462	35.639.908	558.358.554
França	1990	92%	563.925.328	45.114.026	518.811.302
Luxemburgo	1990	92%	13.167.499	1.053.400	12.114.099
Reino Unido	1990	92%	779.904.144	62.392.332	717.511.812

Fonte: Elaborada pelo autor a partir de dados da UNFCCC (2019)

Os compromissos indicados na terceira coluna da Tabela 3 mostram o limite que cada país se comprometeu a emitir anualmente em relação às respectivas emissões de GEE do ano base. Nota-se que a Austrália, se comprometeu em restringir o aumento de suas emissões anuais de GEE em até 8% acima do valor emitido em 1990. Com exceção do Canadá que propôs uma meta de redução de 6%, os demais países listados se comprometeram reduzir 8% das emissões de GEE em relação as emissões de 1990. O valor em termos absolutos é apresentado na última coluna, considerando os três GEE incluídos no primeiro período de compromisso: CO₂, CH₄ e N₂O. Foram utilizados os dados reportados por cada país à CQNUMC, disponíveis em seu sítio eletrônico (UNFCCC, 2019).

Tabela 4 – Metas e emissões de GEE para países anexo I (segundo período de compromisso)

País	Ano Base	Meta (%) 2013 - 2020	Emissões GEE do ano base (ton. CO ₂ e)	Redução (ton. CO ₂ e)	Limite anual de emissões GEE
Austrália	1990	99,5%	566.786.410	2.833.932	563.952.478
Alemanha	1990	80%	1.253.599.336	250.719.867	1.002.879.469
Canadá					-
França	1990	80%	548.055.757	109.611.151	438.444.606
Luxemburgo	1990	72%	13.141.245	3.679.549	9.461.696
Reino Unido	1990	80,0%	803.191.325	160.638.265	642.553.060

Fonte: Elaborada pelo autor a partir de dados da UNFCCC (2019)

Na Tabela 4 observamos os compromissos acordados para o segundo período que será concluído no ano que vem em 2020. Primeiramente, deve-se notar que devido a revisão dos potenciais de aquecimento global dos GEE, foi necessário o recálculo das emissões de GEE do ano base (1990) para todos os países. Em seguida, percebemos que o Canadá não possui mais compromisso, visto não ter ratificado a Emenda de Doha e que a maioria dos países europeus listados definiram metas de redução de emissões de 20% em relação à 1990. A Austrália ampliou seu compromisso em relação ao primeiro período com uma meta de redução de 0.5% em relação às emissões de 1990, isso significa que o limite de emissões de GEE da Austrália foi reduzido de 591.515.828 para 563.952.478 ton. CO₂e por ano. Luxemburgo é o país com

maior meta de redução porcentual (28%) que se aproxima, em termos absolutos (quinta coluna), das reduções propostas pela Austrália.

Conforme discutido anteriormente, o Acordo de Paris incluiu os países Não-Anexo I nas metas de redução de GEE. No entanto, o sistema de controle e a forma dos compromissos não devem atender necessariamente a métrica do Protocolo de Quioto tampouco o seu consolidado sistema de MR&V. Cada país deve propor suas próprias metas conforme a métrica escolhida e uma forma de monitoramento da mesma. Essa inovação traz desafios para assegurar a mensurabilidade, comparabilidade e verificação de diferentes compromissos em diferentes formas (HSU, 2019)

A comparação feita entre as metas da Austrália e as de Luxemburgo, no regime de Quioto, mostra como a métrica aplicada podem ser definidas de forma proporcional às emissões anual do país. No entanto essa forma não considera as emissões de GEE acumuladas na atmosfera desde o início da revolução industrial que trouxe o desequilíbrio atual do sistema climático terrestre. Essa é uma disputa histórica entre os países de industrialização tardia que ainda não alcançaram uma estabilização em sua demanda energética, fenômeno econômico já observados nos países centrais do sistema econômico como Europa Ocidental, América do Norte Japão e Austrália. Ou seja, a restrição do aumento das emissões de GEE podem ser entraves para o desenvolvimento dos países emergentes e com industrialização tardia. Neste sentido métricas de intensidade associadas ao PIB ou à população são alternativas defendidas como formas mais equânimes (ASLAM, 2002; HERZOG, BAUMERT e PERSHING, 2006).

2.3.2 Metas de mitigação: métricas e compromissos pós-Quioto

No Brasil, a Política Nacional de Mudanças Climáticas (PNMC) oficializa o compromisso afirmado pelo Estado Brasileiro em 2009 durante a convenção das partes em Copenhagen (COP15) de reduzir as emissões de GEE brasileiras projetadas para 2020 entre 36,1% a 38,9%. De acordo com o Decreto nº 7.390 de 2010⁶¹, que regulamenta a PNMC, as emissões anuais projetadas para 2020 seriam de 3.236 milhões ton. CO₂ eq. e o compromisso brasileiro corresponderia a uma redução anual entre 1.168 e 1.259 milhões de ton. CO₂eq das emissões projetadas, não das emissões realizadas, limitando as emissões anuais do Brasil em 2020 em até 1.977 milhões de ton. CO₂eq, limite superior à soma das emissões do Reino Unido,

⁶¹ Atualmente regido pelo decreto nº 9.578 de 22 de novembro de 2018.

França e Austrália. Na prática, o compromisso da PNMC significa uma redução de 216 milhões de CO₂eq., o que corresponde a uma redução absoluta de aproximadamente 10% em relação aos níveis de 2005.

A projeção das emissões de GEE do Brasil para 2020 foi feita a partir de abordagens setoriais baseada: (1) na taxa histórica de desmatamento dos biomas amazônicos e cerrado, (2) na projeção das emissões de GEE calculadas a partir do Plano Decenal de Energia (PDE) e (3) predições econométricas⁶² baseadas na correlação entre emissões de GEE e o crescimento econômico para os setores de processos industriais, tratamento de resíduos e agropecuária (Brasil, 2011) (Brasil, 2018). O cenário das emissões brasileiras projetado para 2020 faz uso de métodos simples e é superestimado, uma vez que considera um crescimento de 5% do PIB ao ano (LUCON, ROMEIRO, & FRANSEN, 2015).

Com a ratificação do acordo de Paris em setembro de 2016 a Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada (iNDC) do Brasil tornou-se o compromisso oficial conforme o parágrafo 22 da Decisão nº 1 da 21ª conferências das Partes (BID, 2017). A NDC brasileira estabelece uma meta de redução de 37% abaixo dos níveis de 2005 a ser alcançado até 2025 com intenção de ampliar este compromisso para 43% em 2030. Com estas alterações a meta deixou de ser relativa a um cenário projetado e adotou um ano base como referência, aumentando a transparência do compromisso e meios de verificação do mesmo. Além disso ampliou a ambição real limitando as emissões de GEE à níveis inferiores aos propostos inicialmente pela PNMC conforme mostra a Figura 9.

Figura 9 – Comparação entre a meta de redução da PNMC e NDC Brasileira

Fonte: Mudança do clima e indústria brasileira (CNI, 2018).

⁶² Modelos vetoriais auto-regressivos.

No nível subnacional, quatro estados brasileiros possuem políticas climáticas com metas de redução definidas (São Paulo⁶³, Rio de Janeiro⁶⁴, Paraíba⁶⁵ e Mato Grosso do Sul⁶⁶) e pelo menos cinco cidades brasileiras também já estabeleceram compromissos de redução, a saber Rio de Janeiro⁶⁷, São Paulo⁶⁸, Belo Horizonte⁶⁹, Porto Velho⁷⁰ e Recife⁷¹, (ICLEI, 2016) (Macedo, 2017) (CDP, 2019). Com exceção ao estado do Rio de Janeiro que estabeleceu uma meta de intensidade (tCO₂e/PIB), o Estado da Paraíba que reproduziu os compromissos da PNMC e à cidade de Recife que adotou metas de redução de GEE em relação a um cenário de referência (projeção para 2017 e 2020) todos os demais entes subnacionais adotaram metas de redução globais em suas políticas climáticas relativas a um ano base, forma mais comum entre governos subnacionais em todo mundo conforme o resultado da pesquisa feita pela iniciativa *The Climate Group*, ação conjunta da organização CDP e (The Climate Group, CDP, 2018).

Além de definir metas de intensidade para todo o estado baseadas na relação entre emissões totais e o PIB do estado, o estado do Rio de Janeiro estabeleceu metas setoriais inovadoras a nível mundial e que são apresentadas na Tabela 4 e 5 que foram construídas a partir do Decreto nº 43.216 e do Inventário de Emissões de GEE do Estado do Rio de Janeiro relativo a 2015 (INEA RJ, 2019).

Tabela 5 – Metas de emissões de GEE do estado do Rio de Janeiro

Abrangência	Tipo da meta	Nível de redução	Ano base	Indicador ano base	Indicador ano alvo (2030)
Sector de Resíduos - Esgoto sanitário	Intensidade	65%	2005	31 kg CO ₂ e/hab.ano	11 kg CO ₂ e/hab.ano
Sector de Resíduos - Resíduos Sólidos	Intensidade	65%	2005	241 kg CO ₂ e/hab.ano	84 kg CO ₂ e/hab.ano
Sector de Transportes	Absoluta	30%	2010	15,59 MtCO ₂	10,91 MtCO ₂
Consumo de energia do setor público	Absoluta	30%	2005	0,29 ⁷² MtCO ₂	0,20 MtCO ₂
Global	Intensidade	30%	2005	133,65 kg CO ₂ e/ PIB (mil Reais)	93,55 kg CO ₂ e/ PIB (mil Reais)

Fonte: Elaborada pelo autor a partir dos dados do decreto no 43.216/2011 (RIO DE JANEIRO, 2011) e INEA (2019)

⁶³ Lei nº 13.798 de 09/11/2009

⁶⁴ Lei nº 5.690 de 14/04/2010 e decreto no 43.216/2011

⁶⁵ Lei nº 9.336 de 31/01/2011

⁶⁶ Lei nº 4.555 de 15/07/2014

⁶⁷ Lei nº 5.248/11

⁶⁸ Lei nº 14.933/09

⁶⁹ Lei nº 10.175/11

⁷⁰ Lei nº 2.273/15

⁷¹ Lei nº 18.011/2014 e decreto Nº 29.220 de 11 de novembro de 2015

⁷² O decreto explicita 1,17 MtCO₂ porém existe um recálculo no inventário de 2005 que corrige o valor para 0,29 MtCO₂

Tabela 6 – Metas setoriais de mitigação não definida em GEE do estado do Rio de Janeiro

Abrangência	Tipo da meta	Nível	Ano base	Indicador ano base	Indicador ano alvo (2030)
Setor de Resíduos – Reciclagem lixo domiciliar	Percentil	Aumento de 13%	2010	2%	15%
Setor de energia – EE Cogeração	Absoluta	Aumento de 400%	2010	230MW	1.000 MW
Setor de Energia – Geração renovável ⁷³	Percentil	Aumento de 40%	--	--	--
Setor pecuário – Manejo de pasto	Percentil	Aumento de 700 ha	--	--	--

Fonte: Elaborada pelo autor a partir dos dados do decreto no 43.216/2011 (RIO DE JANEIRO, 2011) e INEA (2019)

O estado do Rio de Janeiro também inclui metas de adaptação e aumento de resiliência climática que também contribuem para mitigação das emissões de GEE e são apresentadas na Tabela 6.

Tabela 7 – Metas setoriais de adaptação climática do estado do Rio de Janeiro

Abrangência	Tipo da meta	Nível	Ano base	Indicador ano base	Indicador ano alvo (2030)
Recuperação ambiental da orla	Absoluta	Aumentar em 900%	2010	40 km lineares	400 km lineares
Recuperação florestal	Absoluta	Aumento de 400%	2010	400.000 ha	1.700.000 ha

Fonte: Elaborada pelo autor a partir dos dados do decreto no 43.216/2011 (RIO DE JANEIRO, 2011)

Também destacamos a iniciativa do estado do Tocantins em reformular sua Política Estadual de Mudanças do Clima⁷⁴ na qual propõem uma meta de redução setorial (desmatamento) de 40% das emissões médias relativas ao período entre 1999 a 2008 até 2020.

⁷³ Art. 5º alínea d) o total de energia limpa ou de baixo carbono gerado no Rio de Janeiro deverá aumentar em 40% de 2010 a 2030.

⁷⁴ Projeto de Lei disponível em <https://central3.to.gov.br/arquivo/341211/>

2.3.3 Boas práticas para definição de metas de redução

A iniciativa *GHG Protocol* por meio da publicação “*Mitigation Goal Standard*” sistematizou um procedimento para elaboração de compromissos de mitigação climática que iremos apresentar em seguida. A metodologia define competência como o território geográfico sobre o qual a autoridade toma decisões legais e exerce julgamentos, sendo que os compromissos de mitigação podem envolver fontes de emissões fora da competência da autoridade que institui a política climática, mas que ocorrem em decorrência de atividades realizadas dentro do limite geográfico do território em questão.

Importante destacar que ainda que o *Mitigation Goal Standard* não faça a definição estrita do que é meta global, considera-se como **metas globais** (ou não especificadas) incluem todos os setores do IPCC e/ou que cobrem todas as fontes de emissões contempladas pelo Inventário de GEE, ou seja, a fronteira da meta coincide com a fronteira do Inventário de GEE.

O guia também apresenta orientações gerais para entes subnacionais divididos em cinco passos fundamentais para construção de uma meta de redução de GEE que serão apresentados em seguida conforme ilustra a Figura 10 (LEVIN, 2014).

Figura 10 – Etapas para elaboração de uma meta de redução de GEE

Fonte: Adaptado do GHG Protocol – GPC (FONG, 2014).

A **primeira etapa** para elaborar uma meta de redução consiste na elaboração de um inventário de emissões de GEE em acordo com as melhores práticas, apresentadas na subseção 2.2, contemplando um período histórico, a partir do qual avalia-se o comportamento das fontes emissoras e identificam-se as oportunidades de mitigação com maior potencial. Existem diferentes estratégias e métodos para se identificar oportunidades de mitigação que exigirão o envolvimento de especialistas dos diferentes setores (energia, agropecuária, floresta, indústria, resíduos) e subsetores (ex. geração, transporte e distribuição de eletricidade, transporte rodoviário, mobilidade urbana). A seleção dos setores prioritários irá variar conforme o perfil de emissões de GEE, o nível de influência sob a fonte de emissão⁷⁵ e o potencial de redução considerando seu custo de implantação. Ressalta-se que a etapa de preparação requer um sistema de monitoramento de emissões de GEE com um nível de desagregação (*Tiers*) capaz de identificar oportunidades de mitigação e o monitoramento das mesmas. Requer também avaliações setoriais da economia local que estabeleçam a prioridade das oportunidades de mitigação e os papéis do poder público, tanto na iniciativa privada como na sociedade civil (LEVIN, 2014).

Para definição de metas de mitigação, é necessária a identificação de oportunidades de mitigação e uma das técnicas aplicada para análise de políticas de mitigação de GEE é a priorização de diferentes opções de mitigação por meio curvas de custo marginais de abatimento (CCMA), que podem ser construídas a partir de uma análise tecnológica, setorial, ou econômica. A esquematização apresentada na Figura 11 elaborada pela Consultoria *Mackinsey & Company* apresenta uma análise de caminhos de baixo carbono para o Brasil resumindo em uma única figura o resultado de múltiplas análise tecnológicas de opções de mitigação em diferentes setores (MCKINSEY & COMPANY, 2009; GOUVELLO, 2010; MOTTA, 2012; LA ROVERE, 2016; MCTIC, 2017).

⁷⁵ Na esfera governamental, a competência dependerá das competências atribuída pela constituição federal.

Figura 11 – Curva de custo de abatimento (mitigação) de gases do efeito estufa do Brasil, em 2030

Fonte: *Global Abatement Cost Curve*. Mackinsey & Company (2009)

A curva apresentada faz uso de uma análise tecnológica por setor. Cada retângulo representa o custo de abatimento de uma medida de redução de GEE e o respectivo potencial de redução. No eixo horizontal observamos uma estimativa das emissões de GEE que podem ser alcançadas por cada medida expressa em tonelada de dióxido de carbono equivalente evitada por ano, ou seja, quanto mais largo o retângulo, maior o respectivo potencial de redução de emissões de GEE. No eixo vertical, observamos o custo médio de se evitar uma tonelada de dióxido de carbono até 2030. As opções de mitigação são ordenadas de acordo com o custo de abatimento, à esquerda as medidas com maior atratividade econômica e a direita as que teriam menor atratividade econômica. Os retângulos orientados para baixo em relação ao eixo transversal têm um custo de abatimento negativo, ou seja, são medidas cujas economias geradas são maiores que os respectivos investimentos, enquanto que os retângulos orientados para cima, com valores positivos, possuem custos de investimento superiores às economias geradas (MCKINSEY & COMPANY, 2009).

Curvas CCMA são eficazes para priorizar medidas de redução e desenhar políticas setoriais de mitigação levando em conta os diferentes atores econômicos. Por exemplo, as medidas de eficiência energética em edificações (ex. substituição por lâmpadas eficientes, aquecimento solar para água, normatização de padrões de eficiência para equipamentos elétrico

acompanhado de fiscalização) localizadas no extremo do lado esquerdo da curva apresentam custo de abatimento negativo, ou seja os investimentos feitos para implantação e operação dessas medidas apresentam retorno financeiro (valor presente líquido positivo) e podem ser implantadas com investimento privado por meio de programas setoriais (ex. criação de linhas de financiamento de longo prazo, programas de capacitação e normatização de códigos de edificação). Já as medidas de redução de desmatamento não apresentam retorno financeiro e são associadas a medidas governamentais como a regularização fundiária, fiscalização fortalecimento de instituições públicas (agência de controle ambiental) e exige investimento públicos (MCKINSEY & COMPANY, 2009; MCTIC, 2017. No entanto análises tecnológicas não são capazes de capturar o impacto cruzado entre as diferentes medidas de diferentes setores. Para tanto, é necessário recorrer a curvas de abatimento em escala econômica que exigem modelos complexos e vasta disponibilidade de dados, o que limita a análise e dificulta a interpretação de resultados (Gouvello, 2010).

A **segunda etapa** consiste na definição da fronteira da meta e deverá especificar: (i) a fronteira geográfica, especificando as fontes incluídas e eventuais fontes de emissão excluídas (ex. aviação internacional, fugitivas de gasodutos); (ii) seleção dos setores conforme classificação do IPCC (energia, IPPU, AFOLU, resíduos, outros) e detalhamento de subsetores relevantes (ex. geração de energia, transporte, mobilidade urbana, siderurgia, tratamento de resíduos sólidos); (iii) definição de metas relativas às emissões associadas ao uso do solo (florestas, cultivos agrícolas e pecuária); (iv) categorização das emissões sob competência e as fora da competência (ex. emissões indiretas decorrentes do consumo de eletricidade); (v) definição dos gases de efeito estufa (CO_2 , CH_4 , N_2O , HFCs, PFCs, SF_6 e NF_3) (LEVIN, 2014).

A **terceira etapa** consiste na seleção do tipo de meta de redução dentre os quatro tipos mais comuns detalhados abaixo.

1. **Meta ano-base** (Figura 12) que representa uma redução de emissões absolutas em relação a um ano-base histórico, anterior a publicação do compromisso. Normalmente definidas em percentuais das emissões de GEE já quantificadas. Esta forma foi adotada nos compromissos de Quioto (LEVIN, 2014).

Figura 12 – Meta ano-base

Fonte: Adaptado do GHG Protocol – GPC (FONG, 2014).

2. **Meta limite fixo** (Figura 13) estabelece um limite de emissões de GEE em um determinado ano futuro (ano da meta) sem ter relação com as emissões históricas. Esta forma de meta é adotada em compromissos de zero emissões líquidas⁷⁶, ou neutros em carbono (LEVIN, 2014).

Figura 13 – Meta limite fixo

Fonte: Adaptado do GHG Protocol – GPC (FONG, 2014).

3. **Meta de intensidade** (Figura 14) para o ano de referência baseadas em uma redução na intensidade das emissões em relação a um nível de intensidade de um ano-base histórico. Frequentemente, a razão adotada é entre as emissões de GEE e o Produto Interno Bruto, o denominador também pode ser outro indicador como população, ou consumo energético (LEVIN, 2014).

⁷⁶ Que fazem consideram os sorvedouros que fixam carbono (ex. reflorestamentos, ou sistemas de captura e armazenagem de carbono) e também podem fazer uso de mecanismos de compensação por meio de créditos de carbono reduzidos em outras localidades.

Figura 14 – Meta de intensidade

Fonte: Adaptado do GHG Protocol – GPC (FONG, 2014).

4. **Meta cenário de referência** (Figura 15) definida a partir de uma redução das emissões em relação a um nível de emissões de um cenário de linha de base projetado a partir de de tendência mais provável, sem considerar políticas de mitigação (business-as-usual). Modelo adotado pelo Brasil na PNMC.

Figura 15 – Meta Cenário de Referência

Fonte: Adaptado do GHG Protocol – GPC (FONG, 2014).

Exceto as metas de nível fixo, as três demais requerem a quantificação de emissões de GEE em um ano-base e todas são monitoradas por meio de um inventário de GEE no ano alvo para verificação do cumprimento do compromisso. A meta de intensidade é a única que não define um limite de emissões de GEE para o ano-meta. O compromisso de mitigação pode ter metas plurianuais a fim de ser de médio e longo prazo, neste caso é necessário esclarecer se a meta é anual ou cumulativa de vários anos. O guia *Mitigation Goal Standard* também indica que se pode estabelecer metas de redução de programas de mitigação, projetos ou ações, tanto em termos absolutos como em relação a cenários projetados, ou por meio de metas não

associadas a GEE como metas de eficiência energética e participação de fontes renováveis na matriz energética (LEVIN, 2014).

A **quarta etapa** envolve a escolha do ano base e o ano alvo da meta. O ano base deve ser escolhido a partir de uma série histórica de emissões de GEE, ou de intensidade de emissões de GEE, enquanto o ano alvo definirá o prazo em que o compromisso proposto será alcançado. Tanto o ano base quanto o ano alvo poderão ser anos específicos, ou a média de um período de anos. A meta será medida pela comparação entre os valores medidos no ano alvo contra os valores medidos no ano base.

Compromissos plurianuais reduzem o risco de flutuações específicas das emissões geradas por fatores externos, como crises econômicas e podem ser mensurados por meio de valores médios das emissões anuais, ou com base em valores acumulados ao longo do período selecionado (total de toneladas de dióxido de carbono equivalente que pode ser gerada no período alvo). Para aumentar a gestão sobre a meta, recomenda-se o uso de metas de curto (anos) e longo prazo (décadas) (LEVIN, 2014).

A **quinta etapa** define a adoção de mecanismos de transferência de reduções de GEE geradas fora da fronteira geográfica, como por exemplo créditos de carbono gerados em outros estados, ou uso de permissões de carbono adotadas em sistemas de comercialização e de carbono. O uso de mecanismos de mercado envolve reduções de GEE ocorridas fora da fronteira do inventário e da meta, exigindo uma estrutura regulatória e institucional complexa capaz de assegurar que não haverá dupla contagem das emissões reduzidas. Para tanto é necessário ter um sistema de registro, custódia, transação e compensação dos créditos e permissões estabelecidas por acordos entre instituições, de maneira a assegurar a transparência nos processos de verificação, fiscalização, titularidade e comercialização.

Além disso, o uso de créditos e permissões de carbono no atendimento dos compromissos deve ser limitados a um percentual do compromisso total considerando um período de validade para verificação, emissão e compensação (ex. primeiro período de compromisso do protocolo de Quioto).

Por último, na **sexta etapa** deve-se estabelecer o nível do compromisso de redução que pode ser expresso em termos percentuais, ou absolutos. Quando adotadas metas setoriais, ou metas que distinguem fontes sob competência e fora de competência, o esforço pretendido deve ser definido separadamente para cada caso. Também podem ser estabelecidas proporções diferentes para cada um dos GEE contemplados na meta de redução (LEVIN, 2014).

3 ANÁLISE

3.1 ANÁLISE DAS COMPETÊNCIAS NO BRASIL

A análise das competências será baseada no direito constitucional brasileiro que estabelece o estado Brasileiro como uma federação composta por pessoas jurídicas dotadas de autonomia, a saber a União, os Estados, os Municípios e o Distrito Federal, sendo esta autonomia manifestada pelos respectivos órgãos governamentais próprios e pela posse de competências específicas (Mariotti, 2009). Esta última podendo ser definida como (Silva, Curso de direito constitucional positivo, 1992, p. 455):

Faculdade juridicamente atribuída a uma entidade, órgão ou agente do poder público para emitir decisões. Competências são as diversas modalidades de poder de que se servem os órgãos ou entidades estatais para realizar suas funções.

Os Estados, Distrito Federal e União buscam realizar os objetivos fundamentais da República Brasileira⁷⁷ por meio de três diferentes poderes: Executivo, Legislativo e Judiciário, enquanto que os municípios atuam por meio de dois poderes Executivo e Legislativo.

Importante destacar que a autonomia das entidades federativas pressupõe repartição de competências legislativas, administrativas e tributárias (Moraes A. d., 2010). É aspecto determinante na organização do Estado Brasileiro estabelecido pela própria Constituição Federal (CF) que estruturou um sistema com diferentes tipos de competências: exclusivas, privativas e principiológicas com competências comuns e concorrentes (Silva, Curso de Direito Constitucional Positivo, 2017).

A repartição de competências da CF brasileira é regida pelo **princípio da predominância do interesse**, cabendo à União as matérias e questões do interesse geral, aos Estados os interesses regionais e aos Municípios os interesses locais. Com base nesse princípio, o método adotado pelos constituintes na repartição das competências foi enumerar os poderes da União e indicar os dos Municípios por meio do princípio de interesse local e descrevendo as competências comuns e, delegando os poderes remanescentes aos Estados. Há ainda a possibilidade da União delegar competências legislativas privativas por lei complementar. As competências administrativas e tributárias, também nomeadas como competências materiais

⁷⁷ Construir uma sociedade livre, justa e solidária; garantir o desenvolvimento nacional; erradicar a pobreza e a marginalização e reduzir a desigualdade sociais, regionais; promover o bem de todos, sem preconceito de origem, raça, sexo, cor, idade e quaisquer outras formas de discriminação.

podem ser Exclusivas ou Comuns. Serão classificadas como competências Comuns aquelas que concernem todos os quatro entes federativos e exclusivas as atribuições enumeradas e atribuídas especificamente à cada ente conforme a CF (Brasil, 1988). Ou seja, é de competência dos Estados todas as atribuições que não foram enumeradas e atribuídas pela CF à União e ou aos municípios, além das competências comuns. O quadro abaixo apresenta uma divisão esquemática simplificada proposta por José Afonso da Silva conforme a Tabela 8 a seguir.

Tabela 8 - Quadro esquemático para repartição de competências

Competência	Tipo	Forma	Aplicação
Administrativa (ou material)	Exclusiva	Enumeradas, estabelecida de modo explícito pela CF ou por meio do princípio da predominância do interesse. Não delegável.	União, Estados, Distrito Federal e Municípios
	Reservada ou remanescente	Compreende toda a matéria não atribuída pela CF.	Estados
	Comum, cumulativa ou paralela	Enumeradas, estabelecida de modo explícito pela CF.	União, Estados, Distrito Federal e Municípios
Legislativa	Privativa	Enumeradas, estabelecida de modo explícito pela CF. Delegável.	União
	Remanescente / Reservada	Compreende toda a matéria não atribuída pela CF.	Estados e Distrito Federal
	Concorrente	Pode ser estabelecida por mais de uma entidade federativa com primazia da União na definição de normas gerais.	União (normas gerais), Estados e Distrito Federal
	Suplementar	Estabelece desdobramentos de normas gerais.	Estados, Distrito Federal e Municípios
	Exclusiva	Enumeradas, estabelecida de modo explícito pela CF ou por meio do princípio da predominância do interesse local. Não delegável.	Municípios

Fonte: Elaborada pelo autor a partir da Legislação citada.

O levantamento apresenta apenas os elementos considerados relevantes para políticas climáticas associadas ao setor de energia. Atividades como o uso e mudança de uso solo e desmatamento (Agriculture, Forestry and Other Land Use - AFOLU), ainda que muito relevantes para políticas climáticas, ficaram fora da presente análise.

3.1.1 Competências exclusivas e privativas da União

As competências, administrativas e legislativas que não são delegáveis e foram atribuídas à União são apresentadas na Tabela 9.

Tabela 9 – Quadro de competências exclusivas e privativa da União relevantes à análise

Competência	Matéria relevante
Administrativa Exclusiva (CF art. 21) Não delegável	a) <u>Explorar</u> , diretamente ou mediante autorização, concessão ou permissão: <ul style="list-style-type: none"> - As jazidas de petróleo, gás natural, outros hidrocarbonetos e biocombustíveis (pesquisa, lavra, transporte de origem nacional e refino de petróleo e derivados de origem nacional e internacional)⁷⁸; - Serviços e instalações de energia elétrica e o aproveitamento energético dos cursos de água, em articulação com os Estados onde se situam os potenciais hidroenergéticos; - Serviços e instalações nucleares de qualquer natureza (pesquisa, a lavra, o enriquecimento e reprocessamento, a industrialização e o comércio de minérios nucleares e seus derivados). - Navegação aérea, aeroespacial e a infra-estrutura aeroportuária; - Serviços de transporte ferroviário e aquaviário entre portos brasileiros e fronteiras nacionais, ou que transponham os limites de Estado ou Território; - Serviços de transporte rodoviário interestadual e internacional de passageiros; - Portos marítimos, fluviais e lacustres.
	b) <u>Planejar</u> , promover e estabelecer diretrizes para: <ul style="list-style-type: none"> - A defesa permanente contra as calamidades públicas, especialmente as secas e as inundações; - O sistema nacional de viação; - Os planos nacionais e regionais de ordenação do território - Os planos nacionais e regionais de desenvolvimento econômico e social;
	c) <u>Gerenciar</u> e definir critérios de outorga de direitos de uso: <ul style="list-style-type: none"> - Recursos hídricos por meio de um sistema nacional de gerenciamento;
	d) <u>Estabelecer diretrizes</u> : <ul style="list-style-type: none"> - O desenvolvimento urbano; - Habitação; - Saneamento básico; - Transportes urbanos⁷⁹
	e) <u>Fiscalizar</u> : <ul style="list-style-type: none"> - As operações de natureza financeira, especialmente as de crédito, câmbio e capitalização, bem como as de seguros;
Legislativa Privativa (CF art. 22) Delegável por lei complementar ⁸⁰	f) <u>Legislar sobre</u> : <ul style="list-style-type: none"> - Direito processual agrário, marítimo, aeronáutico, espacial, águas e energia; - Desapropriação; - Águas; - Energia; - Sistema monetário e títulos e garantias; - Política de crédito, câmbio, seguros e transferência de valores; - Comércio exterior e interestadual; - Diretrizes da política nacional de transportes;

⁷⁸ Artigo 177 da CF e Emenda Constitucionais nº 9/95, nº 33/2001 e nº 49/2006

⁷⁹ A competência da união sobre habitação, saneamento, transporte urbano é de caráter normativo e não executivo.

⁸⁰ Não foram promulgadas leis complementares relativas ao artigo 22 da CF.

-
- Regime dos portos, navegação lacustre, fluvial, marítima, aérea e aeroespacial;
 - Trânsito e transporte;
 - Jazidas, minas, outros recursos minerais e metalurgia;
 - Atividades nucleares de qualquer natureza;
-

Fonte: Elaborada pelo autor a partir da Legislação citada.

O quadro acima, além de considerar a CF e respectivas Emendas Constitucionais, também considera a Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997 (Lei do Petróleo) e suas respectivas revisões, a Lei nº 11.909 de 4 de março de 2009 (Lei do Gás) e a Lei nº 12.351 de 22 de dezembro de 2010 que dispõe sobre o regime de partilha do Pré-sal flexibilizando a exploração, e produção de petróleo e gás natural. Notamos que o setor de energia composto pelo setor elétrico, o setor de petróleo, gás natural, e biocombustíveis em seus diferentes segmentos: exploração, produção, refino, transporte, geração, transmissão e, distribuição são competência da União, exceto os serviços de gás canalizado que ficam à encargo dos Estados conforme o 2º parágrafo do artigo 25 da CF⁸¹.

Além disto, o parágrafo primeiro do art. 20 da CF, indica que os estados, distrito federal, municípios e órgãos da administração direta da União possuem direito à participação no resultado, ou compensação financeira “da exploração de petróleo ou gás natural, de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica e de outros recursos minerais” conforme localização territorial dos recursos minerais, incluindo carvão mineral e toda a cadeia associada com nuclear.

A União, também é responsável pela regulação, planejamento e políticas públicas de todo setor de transporte e pela administração (direta ou indireta) dos seguintes segmentos: aéreo, marítimo com as respectivas infraestruturas portuárias, também dos modais ferroviário, aquaviário e rodoviário que transponham os limites estaduais ou do território nacional. Não sendo competência da União a administração dos transportes ferroviário, aquaviário e rodoviário que se restrinjam às fronteiras dos estados, ou dos municípios.

⁸¹ Cabe à União por meio do Ministério de Minas e Energia (MME) conjuntamente com agências, órgãos governamentais e empresas públicas, mistas, ou privadas realizar: o planejamento energético conjuntamente com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE); a pesquisa dos recursos energéticos conjuntamente pelas Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e empresas públicas como Petrobras, Eletrobrás, Eletronuclear; a exploração e produção por meio de empresas públicas e empresas privadas sob regime de concessões; a gestão (atividades como leilões, operação) por meio da ANP, ANEEL Câmara de Comércio de Energia Elétrica (CCEE) e pelo Operador Nacional do Sistema (ONS); políticas energéticas conjuntamente com o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE). Destaca-se o 4º parágrafo do artigo 176 da CF que isenta a concessão ou autorização para o aproveitamento do potencial de energia renovável de capacidade reduzida.

O planejamento do setor industrial e agropecuário e comercial também fica à encargo da União visto ser dela a responsabilidade de elaborar “os planos nacionais e regionais de desenvolvimento econômico e social” e “planos nacionais e regionais de ordenação do território”. A regulação e gestão dos recursos hídricos são de responsabilidade da União, assim como estabelecer políticas urbanas de ocupação do território, habitação, saneamento, trânsito e transporte urbano. Por fim cabe a União regular sobre a desapropriação e fazer o planejamento da defesa civil.

Além dos aspectos setoriais, destaca-se a competência da união “para operação de natureza financeira, especialmente as de crédito” que envolvem todas as obras de infraestrutura financiadas, sejam elas associadas a serviços de interesse geral (união), regional (estado), ou local (município).

3.1.2 Competências reservadas e concorrentes dos Estados e Distrito Federal

São reservadas aos Estados e Distrito Federal toda a matéria administrativa e legislativa que não é tratada pela Constituição Federal (CF) e matéria de predominância do interesse regional. O artigo 25 da CF descreve as atribuições dos Estados em três parágrafos:

- 1º § São reservadas aos Estados as competências que não lhes sejam vedadas por esta Constituição;
- 2º § Cabe aos Estados explorar diretamente, ou mediante concessão, os serviços locais de gás canalizado, na forma da lei, vedada a edição de medida provisória para a sua regulamentação;
- 3º § Os Estados poderão, mediante lei complementar, instituir regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões, constituídas por agrupamentos de municípios limítrofes, para integrar a organização, o planejamento e a execução de funções públicas de interesse comum.

O artigo 26 apresenta os bens dos Estados, que são:

- I. as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da União;
- II. as áreas, nas ilhas oceânicas e costeiras, que estiverem no seu domínio, excluídas aquelas sob domínio da União, Municípios ou terceiros;
- III. as ilhas fluviais e lacustres não pertencentes à União;
- IV. as terras devolutas não compreendidas entre as da União.

Além dos princípios e matérias especificadas, os Estados e Distrito Federal possuem a competência legislativa concorrente à União, nas quais a última apresenta preceitos gerais que serão especificados pela legislação Estadual. Sendo as matérias indicadas na Tabela 10.

Tabela 10 – Quadro de competências concorrentes dos Estados, DF e União

Competência	Matéria relevante
Legislativa Concorrente (CF art. 24) Diretrizes gerais da União Especificadas pelos Estados por lei complementar.	g) <u>Legislar sobre:</u> - Direito econômico e urbanístico; - Orçamento; - Produção e consumo; - Florestas, caça, pesca, fauna, conservação da natureza, defesa do solo e dos recursos naturais, proteção do meio ambiente e controle da poluição; - Proteção ao patrimônio histórico, cultural, artístico, turístico e paisagístico; - Responsabilidade por dano ao meio ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico; - Educação, cultura, ensino, desporto, ciência, tecnologia, pesquisa, desenvolvimento e inovação; - Previdência social, proteção e defesa da saúde.

Fonte: Elaborada pelo autor a partir da Legislação citada.

Faz-se a distinção conceitual das competências suplementares dos Estados-membros em dois tipos: competência complementar que dependerá de legislação prévia federal, e supletiva que será promulgada pelos Estados para regular uma matéria que não foi legislada pela União (Moraes A. d., 2010).

As funções públicas de interesse comum, são conforme o terceiro parágrafo do artigo 25 da CF. A promoção do ordenamento territorial deve ser feita por todos os entes federativos, na medida de suas competências estabelecidas no texto constitucional, e, no caso de regiões metropolitanas, há necessidade de integração entre as políticas públicas da União, dos Estados e dos Municípios, não havendo espaço para decisões isoladas em relação a cada território municipal envolvido

A promoção do ordenamento territorial deve ser realizada por todos os entes federativos, conforme a predominância do interesse (local, regional, nacional). Neste sentido, o Estatuto da Metrópole, Lei nº 13.089 também traz luz às atribuições dos Estados e DF, em especial em relação ao planejamento integrado dos municípios e ordenamento do território e serviços intermunicipais que ultrapassam os interesse locais se estendendo à regiões metropolitanas que integram diferentes sistemas, em especial aspectos de transporte e mobilidade, habitacional, saúde, defesa civil, setor de serviços e indústria e saneamento e tratamento de resíduos sólidos. O estatuto da metrópole também provê instrumentos de financiamento e implantação de infraestrutura urbana e preservação ambiental (Brasil, Estatuto da Metrópole, Lei nº 13.089 de 12 de Janeiro de 2015, 2015).

3.1.3 Competências administrativas e legislativas dos Municípios

A CF de 1988 ampliou as atribuições dos municípios e elevou a sua autonomia, dando poderes de auto-organização (mediante lei orgânica), auto-governo (eleição de prefeitos e câmaras municipais), ampliação das competências exclusivas e suplementares (legislação municipal) e autoadministração (administração própria e para prestar serviços de interesse local) (Silva, Curso de Direito Constitucional Positivo, 2017). A CF não enumera as competências privativas e exclusivas dos municípios de forma discricionária, como realizado para a União. A ordenação é realizada com base no princípio da predominância do interesse. No caso dos municípios, além das competências comuns descritas pelo artigo 23 da CF, encontramos no artigo 30 a enumeração das competências exclusivas do município, das quais se destacam os seguintes incisos:

- I. legislar sobre assunto de interesse local;
- II. suplementar a legislação federal e estadual no que couber;
- III. instituir e arrecadar os tributos de sua competência, bem como aplicar suas rendas
- V. organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local, incluído o de transporte coletivo, que tem caráter essencial; e
- VIII. promover, no que couber, adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano.

Os municípios constituem a esfera governamental mais próxima dos cidadãos tendo como instrumento legal, complementar à CF, o Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257 de 10 de julho de 2001) que regulamenta a política urbana, a competência dos municípios (artigo 182 da CF), e os instrumentos de planejamento territorial; a saber plano diretor, ordenação do uso e ocupação do solo, zoneamento ambiental, gestão participativa e planos de desenvolvimento econômico e social. Também inclui impostos progressivos do uso do solo (IPTU), outorga para construção e alteração do uso do solo, contribuições de melhoria e incentivos. Destaca-se a emenda constitucional nº 39 de 19 de dezembro de 2002, que institui a iluminação pública como competência do município, permitindo instituir a contribuição para o Custeio dos Serviços de Iluminação Pública (COSIP).

O próprio Estatuto da Cidade relembra as competências da União em relação à política urbana que devem ser observadas pela administração municipal e câmara de vereadores, a saber legislar sobre normas gerais de direito urbanístico e sobre a cooperação entre diferentes entes

da federação no desenvolvimento urbano; instituir diretrizes para desenvolvimento urbano, inclusive habitação, saneamento básico, transporte e mobilidade urbana promover por iniciativa da União ou em conjunto com Estados, DF e municípios programas de habitação, saneamento, mobiliário urbano e demais espaços de uso público; e elaborar e executar planos nacionais e regionais de ordenação do território e de desenvolvimento econômico e social (Vargas & Rodrigues, 2016). Também é de responsabilidade dos municípios legislar sobre direito urbanístico (Silva, Curso de Direito Constitucional Positivo, 2017).

3.1.4 Competências comuns aos Municípios, Estados, Distrito Federal e União

Todos os entes da federação possuem competências administrativas comuns, apresentadas na Tabela 11 abaixo. Destaca-se que as competências legislativas não possuem sobreposição, e sim complementaridade, nas seguintes formas: exclusiva (interesse local dos Municípios), privativa (da União passíveis de delegação para os Estados e DF), delegada (aos Estados e DF), remanescentes ou reservadas (tudo que não é definido pela CF sendo atribuído aos Estados e DF), ou suplementares (diretrizes gerais dadas pela União com regulamentação feita pelos Estados e DF).

Tabela 11 - Quadro de competências comuns dos Estados, DF e União

Competência	Matéria relevante
Administrativa Comum (CF art. 23) Diretrizes gerais da União Especificadas pelos Estados por lei complementar.	<ul style="list-style-type: none"> - Cuidar da saúde e assistência pública; - Proteger paisagens naturais e preservar as florestas - Proteger o meio ambiente e combater poluição de todas as formas - Proporcionar os meios de acesso à cultura, à educação, à ciência, à tecnologia, à pesquisa e à inovação; - Fomentar a produção agropecuária e organizar o abastecimento alimentar; - Promover programas de construção de moradias e a melhoria das condições habitacionais e de saneamento básico; - Combater as causas da pobreza e os fatores de marginalização, promovendo a integração social dos setores desfavorecidos; - Registrar, acompanhar e fiscalizar as concessões de direitos de pesquisa e exploração de recursos hídricos e minerais em seus territórios; - Estabelecer e implantar política de educação para a segurança do trânsito.

Fonte: Elaborada pelo autor a partir da Legislação citada.

Com base no artigo 23 da CF percebemos que a preservação da vida e proteção do meio ambiente é de responsabilidade de todos os entes federativos, atividades como licenciamento ambiental, fiscalização de danos e impactos, promoção de programas são responsabilidade da União, Estados e Distrito Federal, e municípios. São regulada pelas leis federais 6.803/80,

6.938/81, Decreto 99.274/90 e Resoluções CONAMA 001/86 e 237/97 e as leis estaduais complementares estaduais (os municípios não tem a competência legislativa sobre licenciamento ambiental).

3.1.5 Competências e políticas climáticas

A fim de aproximarmos a análise das competências dos diferentes entes da federação para o debate sobre alterações climáticas, iremos vincular a repartição de competências conforme a classificação mais próxima à adotada pelo IPCC, a saber: (1) Energia, (2) Agropecuária, (3) Uso do Solo e Mudança do Uso do Solo (incluindo desmatamento), (4) Destinação e manejo de resíduos e (5) Processos Industriais e uso de Produtos. Notamos que a União tem competência administrativa exclusiva nos setores e segmentos econômicos apresentados na Tabela 11 (página seguinte).

Tabela 12 - Quadro de competências e atividades relevantes para análise

Setor	Atividade	Legislativa	Administrativa			
			Explorar	Diretriz	Planej.	Gestão
Energia	Setor Elétrico ⁸²	U*	U	U	U	U
	Indústria nuclear	U	U	U	U	U
	Indústria do Petróleo, GN e combustíveis líquidos ⁸³	U	U	U	U	U
	Gás Canalizado	U	E**	U	E	E
	Portos e aeroportos	U	U	U		U
	Transporte aéreo e marítimo	U	U	U	U	U
	Transporte terrestre e hidroviário interestadual e internacional ⁸⁴	U	U	U	U	U
	Transporte terrestre regional ⁸⁵	U	E	U	E	E
	Transporte urbano intermunicipal	U	E	U	E	E
	Transporte municipal e mobilidade urbana	U	M***	U	M	M
	EE ⁸⁶ setor agropecuário	U	- ⁸⁷	U	U;E;M; D†	U;E;M; D
	EE do setor industrial	U	-	U	U;E;M; D	U;E;M; D
	EE do setor residencial	U	-	U	U;E;M; D	U;E;M; D
	EE do setor de serviços ⁸⁸	U	-	U	U;E;M; D	U;E;M; D
	Geração Distribuída ⁸⁹	U	-	U	U;E;M; D	U;E;M; D
Resíduos e saneamento	Iluminação Pública	U	M	U	M	M
	Saneamento e tratamento de efluentes	U;E;M	U;E;M	U;E;M	U;E;M	U;E;M
Água	Destinação de resíduos sólidos	U;E;M	U;E;M	U;E;M	U;E;M	U;E;M
	Gestão dos recursos hídricos	U	U;E;M	U;E;M	U;E;M	U;E;M
Processos Industriais	Gestão dos recursos minerais e metalurgia	U	U;E;M	U;E;M	U	U;E;M
	Produção de bens e mercadorias	U; E	U;E;M	U;E;M	U	U;E;M
	Emissões estacionárias	U; E; M	U;E;M	U;E;M	U;E;M	U;E;M
Agropecuária	Produção de bens e mercadorias	U; E	U;E;M	U;E;M	U	U;E;M
	Tratamento de efluentes	U; E	U;E;M	U;E;M	U;E;M	U;E;M
	Tratamento de resíduos	U; E	U;E;M	U;E;M	U;E;M	U;E;M
Meio ambiente	Preservação Florestal	U; E; M	U;E;M	U;E;M	U;E;M	U;E;M
	Proteção ambiental e combate a poluição	U; E; M	U;E;M	U;E;M	U;E;M	U;E;M
Desen. Urbano	Habitação	U; M	U;E;M	U	U;E;M	U;E;M
	Defesa civil	U; E	U	U	U;E;M	U;E;M
	Saúde	U;E;M	U;E;M	U;E;M	U;E;M	U;E;M
	Ordenação do território	U; E; M	U;E;M	U;E;M	U;E;M	U;E;M
Operações financeiras	Política de crédito, seguros entre outras operações	U	U	U	U	U

*União; **Estados e DF; ***Municípios; †Distribuidoras

Fonte: Elaborada pelo autor a partir da Legislação citada.

⁸² Geração centralizada, transmissão, distribuição, operação e comercialização.

⁸³ Exploração, produção, transporte, refino, distribuição (exceto gás canalizado) e comercialização.

⁸⁴ Modais ferroviário, rodoviário, aquaviário e dutoviários.

⁸⁵ Modais ferroviário, rodoviário, aquaviário e dutoviários.

⁸⁶ Eficiência Energética

⁸⁷ Consumidores conectados à rede e produtores de equipamento elétricos.

⁸⁸ Setor público e comércio.

⁸⁹ Conforme resolução normativa da ANEEL 482.

3.1.6 Discussão sobre o resultado da análise de competência

A elaboração de políticas climáticas nacionais e os respectivos planos setoriais são de competência da União, uma vez que se enquadram dentro da matéria: “Elaborar e executar planos nacionais e regionais de ordenação do território e de desenvolvimento econômico e social” de caráter exclusivo, sem a possibilidade de delegação para outro ente federativo. Desta forma, cabe à Federação elaborar os planos nacionais conforme tem sido observado por meio da instituição da PNMC e os respectivos Planos Setoriais, o Plano Nacional de Adaptação (PNA), a NDC Brasileira, a estratégia de implantação da NDC Brasileira.

Fica à cargo da União planejar, gerir, fiscalizar e legislar o setor de energia e as emissões de GEE associadas, exceto pela distribuição de gás natural. Os municípios após a constituição de 1988 herdaram a competência, antes delegada às distribuidoras, os serviços de iluminação pública e potenciais ações de eficiência energética, conforme a emenda constitucional nº 39 de 2002. Medidas de eficiência energética são de competência compartilhada por também serem consideradas questões ambientais (Barandier, 2013),

Os estados podem legislar de forma complementar e todos os entes da federação tem competência para “Registrar, acompanhar e fiscalizar as concessões de direitos de pesquisa e exploração de recursos hídricos e minerais em seus territórios” sendo a relevância do tema conforme a realidade local, ou regional, determinante para criação de agências reguladoras. O setor de transporte brasileiro, compreendendo tanto transporte de cargas, quanto de passageiros responde por 46% de todas as emissões de GEE relacionadas ao setor de energia. Deve-se se notar que o transporte urbano, ainda que legislado pela União, tem a gestão deste serviço (contratação e fiscalização dos serviços prestados) a cargo dos municípios, e o transporte urbano intermunicipal a cargo do estado

Um importante subsídio para entendermos o papel do estado no planejamento energético e respectivo impacto na gestão de emissões de GEE pode ser obtidos no Plano Paulista de Energia que propõem as seguintes ações para fomentar redução de GEE no setor de energia pelo Estado (São Paulo, 2013):

- a) Simplificação do licenciamento ambiental de medidas que promovam redução de emissões de GEE (ex. produção de biocombustíveis, e empreendimentos de geração de energia renovável);
- b) Incentivo a Pesquisa e Desenvolvimento de tecnologias de baixo carbono (eficiência energética, geração de eletricidade a partir de fontes renováveis, produção de biocombustíveis);

- c) Promover financiamento de projetos de baixo carbono, por meio de agências de fomento estaduais e linhas de financiamento específico;
- d) Criar incentivos fiscais sobre produtos e serviços que promovam uma economia de baixo carbono (ex. redução do valor do ICMS⁹⁰ e impostos sobre bens de capital relativo a produção de biocombustíveis, eficiência energética e geração de energia renovável);
- e) Instituir programas de Eficiência Energética e Geração Distribuída nas edificações públicas do estado;
- f) Instituir programas de Eficiência Energética no setor industrial energo-intensivos;
- g) Criar programas de sensibilização (ex. disciplinas de uso racional de energia no ensino médio) e capacitação profissional (ex. cursos de formação em EE em institutos técnicos estaduais);
- h) Exigir o emprego de tecnologias de baixo carbono para programas habitacionais financiados pelo estado (uso de aquecedores solares, célula fotovoltaica, micro geradores eólicos);
- i) Criar programas de substituição de combustíveis fósseis (Gás Natural, GLP, óleo combustível e óleo diesel) na indústria por gás natural;
- j) Apoiar na disseminação e implantação de programas federais e municipais relacionados com Eficiência Energética;
- k) Instituir programas de etiquetagem veicular de eficiência energética; e
- l) Implantar sistemas de transporte urbano no nível metropolitano e municipal em parcerias com prefeituras (ex. investimentos em infra-estrutura de metro); e
- m) Investimentos em sistemas de transporte regionais (ex. ferroviário e hidroviário).

O planejamento do tratamento e disposição dos resíduos sólidos urbanos é competência dos municípios, que devem elaborar os planos de gestão integrada e assegurar a implantação dos mesmos por meio de contratação, ou implantação de infraestrutura. Os planos de gestão integrada devem promover a erradicação dos lixões, operacionalizar ou ampliar a coleta seletiva, realizar a compostagem e a efetiva integração dos catadores de materiais recicláveis. Ainda que o tratamento de resíduos também seja parte do sistema de saneamento básico, e que ambos sejam matérias do interesse comum e, portanto, responsabilidade de todos os entes da federação, as atividades e investimentos em infraestrutura de saneamento tem sido liderada pelos Estados.

⁹⁰ Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços (ICMS)

Do ponto de vista das competências legislativas, destaca-se que toda a matéria de competência da União é suscetível à regulamentação suplementar, exceção aos dispostos nos artigos. 49, 51 e 52. Assim, podemos concluir que as diretrizes postas pela PNMC e a NDC Brasileira deverão ser reguladas regionalmente e localmente pelos Estados, Distrito Federal e Municípios

Além de auxiliar os elaboradores e promotores de políticas públicas e programas de mitigação e adaptação às mudanças do clima, o resultado do estudo também servirá para nortear as ações de adequação legal dos agentes econômicos nos setores carbono intensivos, especialmente para o setor energético – o qual é, majoritariamente, regulado pela administração pública direta e indireta da União.

Neste contexto, o presente estudo serve como um mapa de competências por setor econômico, conforme classificação do IPCC. Intui-se que a avaliação empreendida tornará mais claro os papéis e responsabilidades das diferentes esferas governamentais, auxiliando, principalmente, os elaboradores de políticas climáticas subnacionais que ganharam proeminência no combate às alterações climáticas após o Acordo de Paris; afinal, este acordo climático global, direta e/ou indiretamente, convoca governos estaduais, municipais e setor privado a realizarem, conjuntamente, os esforços transnacionais acordados nas Conferências das Partes da Convenção Quadro das Nações Unidas.

O Brasil se apresenta hoje como um dos importantes protagonistas no âmbito das mudanças climáticas globais; afinal, sua matriz energética tem por base energias renováveis – que, usualmente, são vistas como estratégias de mitigação de GEE, todavia, detém, por outro lado, uma das mais altas taxas de desmatamento em nível mundial, o que eleva sensivelmente a contribuição do país no que se refere a emissão global de GEE. De fato, o Brasil, na sua posição de país em desenvolvimento e de pujante base industrial, necessita realinhar seu estilo de desenvolvimento econômico a fim de não ampliar a quantidade emitida de GEE na atmosfera. Neste sentido, há de se planejar e implementar práticas e políticas voltadas a uma nova economia, uma economia baseada em menor emprego de combustíveis fósseis, ou seja, uma “economia de baixo carbono”.

3.2 ESTUDO DE CASO CIOESTE

O racional e premissas adotados na modelagem energética são apresentados no Apêndice A e também podem ser observados no artigo “Impact of Brazil’s Biofuel Program

and Carbon Intensification of The Electrical Grid on Subnational GHG Emissions: Western Metropolitan Region of São Paulo (CIOESTE)” (Ribeiro G. C., 2017)

3.2.1 Modelagem energética

O desenvolvimento da modelagem urbana começou na década de 1960, com pesquisas iniciais sobre modelos matemáticos que poderiam simular padrões de uso do solo ao longo dos anos 50 (Batty, 2005). Nos últimos anos, com tecnologias que facilitam o georreferenciamento e computadores com processadores mais potentes, os modelos urbanos têm retomado a atenção de pesquisadores, aumentando a complexidade dos modelos e avançando a investigação multidisciplinar sobre interação econômica e espacial, e efeitos de vizinhança. Destaca-se que estes modelos são tradicionalmente empregados para modelar atividades que tenham forte correlação entre espaço e tempo, como, por exemplo, matrizes de deslocamento urbano, previsão do impacto de projetos de infra-estrutura no mercado imobiliário, estimativa de impactos atmosféricos em bacias; com pouca aplicação em aspectos relacionados com demanda energética (Grubler, 2012).

A modelagem de demanda energética, tem origem nas crises do petróleo durante a década de 1970 (Jebaraj, 2006), quando os fortes aumentos nos preços do petróleo afetaram as economias mundiais em diferentes setores, deixando claro como o nexu energético afeta diferentes setores da economia, interagindo com a demanda, oferta, progresso tecnológico, mercado e meio ambiente (Prasad, 2014). Desde então a modelagem energética tem sido um instrumento político central para o planejamento energético do lado da oferta, porém, do lado da demanda não é uma prática comum, deixando de considerar alternativas economicamente viáveis e ambientalmente atraentes (Lee, 2016).

Planejamento e modelagem de energia urbana são um tema muito mais recente. Com exceção de Ken Newcombe Honk Kong Analysis em 1978, a maior parte do debate sobre métodos de contabilidade de energia urbana começa no início do século 21. Disponibilidade e padronização de dados, definição de limites do sistema e definição de usuários de energia são algumas das questões para quantificar e prever a demanda de energia em nível urbano (Grubler, 2012).

Para a presente pesquisa iremos fazer uso da modelagem energética definida por sistemas de energia urbana espacialmente resolvidos, visto serem suficientes para construir um cenário de referência de uma Região Metropolitana de São Paulo, a partir da qual iremos simular cenários de emissões testando a influência de políticas nacionais nas metas de redução

adotadas por municípios atualmente. Além endereçar a primeira pergunta orientativa da presente pesquisa, o uso da modelagem energética por meio da ferramenta LEAP também é uma alternativa para elaboração de linhas de base e definição de planos de mitigação e potenciais de redução de GEE, em termos quantitativos, etapa necessária para proposição de compromissos de redução de emissões de GEE factíveis.

3.2.2 Fronteira do estudo (recorte especial)

A avaliação terá como objeto de estudo os municípios que compõem o Consórcio Intermunicipal da Região Oeste Metropolitana de São Paulo (CIOESTE) apresentados na Figura 16. O consórcio inclui 8 dos 39 municípios da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP): Barueri, Carapicuíba, Cotia, Itapevi, Jandira, Osasco, Pirapora do Bom Jesus e Santana do Parnaíba.

Figura 16 – Localização dos municípios integrante do CIOESTE (em destaque amarelo)

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do IBGE (IBGE, 2017).

3.2.3 Método e dados da modelagem

A demanda de energia foi modelada por meio do software *Long-range Energy Alternatives Planning System* (LEAP), tomando como referência o Plano Decenal de Expansão de Energia para 2024 (PDE 2024) e o Balanço de Energia Nacional de 2016 (BEN 2016), que juntos podem ser considerados como principais instrumentos para planejamento de energia nacional no Brasil (RUFFFATO, 2017). O modelo energético foi construído a partir de uma simplificação do modelo descrito pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) no PDE 2024, que envolve diversas análises setoriais que adotam abordagens *top-down* baseadas em indicadores macroeconômicos e *bottom-up* fundamentadas em modelos tecnológicos. No PDE 2024 as duas abordagens são consolidadas em um modelo multi-setorial que é calibrado por um processo iterativo e convergente (EPE, 2015).

O modelo foi elaborado considerando dados históricos e previsões de crescimento do PIB, da população e de índices relacionados com posse de equipamentos e número de habitantes por domicílios. Além do método e procedimentos explicitados no PDE 2024, foram consultadas notas técnicas da EPE como a “Projeção da demanda de energia elétrica para os próximos 10 anos (2016-2025)” e a “Caracterização do Cenário Macroeconômico para os próximos 10 anos (2016-2025)”, que abordam técnicas de parametrização e análise de correlação entre variáveis econômicas e as demandas energéticas setoriais. O modelo de demanda energético construído considerou apenas a abordagem *top-down*, relacionando a demanda energética dos diferentes setores com o produto interno bruto setorial, população, domicílio e número de veículos leves.

3.2.4 Emissões de GEE no Cenário Tendencial

Como primeiro resultado da modelagem, apresentamos a demanda energética dos 8 municípios que compõem o CIOESTE consolidada por setor e tipo de combustível, a cada dois anos. O intervalo de 2010 a 2014 apresentam valores históricos utilizados para calibração do modelo, enquanto que o período de 2016 a 2025 apresenta projeções. A Tabela 13 apresenta a demanda energética do CIOESTE por combustível enquanto que a Tabela 14 mostra a demanda energética por setor e a Tabela 15 as respectivas emissões de GEE.

Tabela 13 – Demanda energética do CIOESTE por combustível (10³ tep).

Setor	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022	2024	2025	% Δ
Eletricidade	446	470	500	533	567	614	675	743	778	74%
LPG	111	114	117	121	126	130	136	141	144	30%
Gás natural	39	39	39	40	42	44	47	50	51	33%
Diesel	304	329	361	390	414	442	475	510	529	74%
Biodiesel	12	19	20	22	23	25	26	28	29	136%
Gasolina	235	232	233	234	236	242	252	262.	268	14%
Etanol	182	210	237	269	307	339	364	390	404	121%
Óleo	3	3	3	3	3	3	3	3	3	-2%
Avgas	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	64%
Total	1.333	1.415	1.511	1.612	1.718	1.839	1.978	2.127	2.206	65%

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados SEADE (2017) e resultados da modelagem energética

Tabela 14 – Demanda energética do CIOESTE por setor (10³ tep).

Setor	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022	2024	2025	% Δ
Residencial	244	258	275	293	313	335	361	389	402	65%
Comercial	149	166	185	202	216	234	257	282	296	99%
Público	84	94	107	118	128	139	153	168	176	110%
Industrial	165	156	147	145	148	157	174	192	201	63%
Transportes	692	741	797	854	913	973	1.033	1.097	1.130	22%
Total	1.333	1.415	1.511	1.612	1.718	1.839	1.978	2.127	2.206	65%

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados SEADE (2017) e resultados da modelagem energética

Figura 17 –Demanda energética do CIOESTE (dados históricos e prevista até 2025)

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados SEADE (2017) e resultados da modelagem energética

Tabela 15 – Emissões de GEE do CIOESTE por setor (10³ ton CO₂e)

Setor	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022	2024	2025	% Δ
Residencial	487	479	468	454	434	438	470	505	518	6,4%
Comercial	247	243	235	218	191	186	209	235	247	-0,2%
Público	224	246	270	291	307	331	364	401	419	87,5%
Transportes	1.496	1.544	1.627	1.701	1.764	1.846	1.949	2.058	2.115	41,3%
Industrial	315	275	238	213	196	198	222	249	261	-17,0%
Total	2.768	2.786	2.839	2.877	2.892	2.999	3.214	3.448	3.560	28,6%

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados SEADE (2017) e resultados da modelagem energética

Considerando o cenário de referência, a demanda de energia total do CIOESTE deverá crescer 65% entre 2010 e 2025, com base no crescimento médio anual de 6,5%, com uma crescente participação do setor público e comercial, derivado do pressuposto de que esses setores terão o crescimento proporcional ao crescimento do PIB na região. A previsão de emissões de GEE é apresentada na Tabela 14.

Comparando os resultados da Tabela 15 podemos notar que as emissões de gases de efeito estufa não acompanham a demanda de energia, que é um resultado da redução progressiva do fator de emissão da rede elétrica que de acordo com o PDE, diminuirá de 2014 para 2019 devido a ampliação da capacidade de geração decorrente de grades hidrelétricas na região norte do país, o aumento da geração de eletricidade do bagaço de cana e eólicas também contribuem para a melhoria das condições hidrológica, uma vez que possuem regimes complementares ao hídrico (KHATIWADA, 2012).

Em 2010, a matriz de energia do CIOESTE tem participação de 40% de fontes de energias renováveis, das quais 17% da energia decorre do consumo de biocombustíveis, 23% da eletricidade adquirida da rede (SIN) composta por 85% de energias renováveis (Ribeiro G. C., 2017). A Figura 18 apresenta três circunferências, a mais interna mostra a participação de fontes renováveis e fósseis, a circunferência intermediária detalha os insumos energéticos (eletricidade, diesel, gasolina⁹¹, etanol hidratado, GLP, gás natural biodiesel e óleo residual), enquanto que a circunferência externa mostra as respectivas emissões de GEE correspondente a cada insumo, as seções em branco representam a proporção das emissões de CO₂ renováveis⁹².

⁹¹ As quantidades indicadas contêm misturas de etanol anidro que variam conforme a determinação da ANP, variações consideradas na presente modelagem conforme Apêndice A.

⁹² As emissões de CH₄ e N₂O associadas a queima de combustíveis não são consideradas renováveis e estão consideradas nas seções coloridas.

Figura 18 – Matriz energética do CIOESTE e respectivas emissões de GEE

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da EPE (2015)

3.2.5 Projeção das emissões de GEE no Cenário Alternativo

O Cenário de Referência considera elevada disponibilidade hídrica prevista no cenário de referência proposto pelo PDE 2024 e consequentemente um fator de emissão da rede com menor intensidade de carbono (0.0746 kg CO₂/KWh). O cenário de referência também considera que as misturas de biocombustíveis na gasolina e diesel não irão sofrer alteração adicional depois de 2014. O Cenário Alternativo, com fator de emissão da rede mais elevado (0.1354 kgCO₂ /KWh), considera baixa disponibilidade hídrica e o valor do fator de emissão da rede diminuirá até 2019, em conformidade com as referências da DPE e sofrerá uma inflexão aumentando até 2024 até alcançar o valor histórico mais alto que ocorreu em 2014. Este cenário pressupõe que as condições climáticas em 2024 poderão ser semelhantes às de 2014 (EPE, 2015). Neste cenário as emissões de GEE do CIOESTE aumentaram significativamente, conforme apresentado pela Tabela 16 que mostra a diferença de emissões entre o cenário de referência (disponibilidade hídrica e fator de emissão da rede com baixa intensidade de carbono) e o cenário alternativo (baixa disponibilidade hídrica, semelhante ao ano de 2014 e fator de emissão da rede com maior intensidade de carbono).

Tabela 16- Diferença entre as emissões de GEE dos dois cenários futuros (ton. CO₂e)

Setor	2018	2020	2022	2024	2025
Residencial	--	40.329	132.437	241.617	251.949
Comercial	--	37.946	125.356	230.068	241.428
Público	--	8.738	28.868	52.982	55.598
Industrial	--	19.080	63.404	117.055	123.197
Transportes	--	--	--	--	--
Total	--	106.093	350.065	641.722	672.172

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados SEADE (2017) e resultados da modelagem energética

A diferença entre as emissões de GEE do cenário de linha de base e o cenário de baixa disponibilidade hídrica apresenta uma variação de 19% das emissões de GEE projetadas para 2025, que em termos absolutos respondem por 672.172 ton. CO₂e por ano. Importante notar que os dois cenários possuem demanda energética igual e a variação é uma consequência exclusiva da maior participação de fontes não-renováveis na matriz elétrica brasileira, aspecto fora da competência dos estados e municípios.

3.2.6 Discussão sobre o resultado do estudo de caso

A comparação entre o cenário de referência e o cenário de baixa disponibilidade hídrica foi feita com o objetivo de destacar as vulnerabilidades que governos subnacionais estão expostos ao adotarem metas de redução de gases de efeito estufa sem a distinção da competência das emissões de GEE abarcadas nos compromissos de mitigação climática. A ordem de grandeza da variação entre os dois cenários projetados para 2025 é próxima a 20% das emissões totais projetadas, nível de compromisso semelhante aos propostos em políticas de climáticas da cidade de Atlanta⁹³ e do estado de São Paulo. Em termos absolutos a variação equivale ao dobro das estimativas de redução previstas pelo projeto MDL de captura e queima de metano do Aterro de Gramacho⁹⁴ (COMLURB, 2012).

Os resultados indicam que compromissos de mitigação estabelecidos por meio metas de redução de GEE globais sem distinção da competência das emissões de GEE, incorporam externalidades que podem inviabilizar o atendimento aos compromissos estabelecidos. Com o aumento da variação climática, o risco da complementação elétrica por termelétricas à

⁹³ Prevê a redução de 20% das emissões até 2020 em relação a 2009 (ACEEE, 2019)

⁹⁴ 313.751 ton. CO₂e por ano.

combustível fóssil deve-se tornar mais crítica, aumentando a probabilidade de secas e consequentemente reduzindo o potencial de geração elétrica a partir de fontes renováveis. Além disso, com o aumento da produção das reservas petrolíferas do Pré-sal, espera-se que o consumo de derivados do petróleo e gás natural torne-se mais barato aumentando a competitividade das plantas à base de combustíveis fósseis, gerando uma pressão ainda maior para intensificação do fator de emissão do Sistema Integrado Nacional (SIN) e das emissões de GEE geradas pelo setor de transporte.

O caso da cidade de São Paulo corrobora o resultado do modelo. A capital paulista possui uma meta de redução de GEE de 30% em relação ao ano de 2005 e que deveria ter sido alcançada em 2012, de acordo com a Lei municipal nº 14.933, promulgada em 5 de junho de 2009. No entanto, ao observarmos a nota técnica publicada no Diário Oficial da Cidade de São Paulo em 25 fevereiro 2016 (São Paulo, 2016) constatamos um aumento nas emissões até 2011, em relação ao ano base. Um dos principais motivos foi o aumento do fator de emissão do Sistema Interligado Nacional (SIN) que teve maior participação de fontes fósseis por conta das secas severas que atingiram o país nos últimos anos. Em 2006, o fator de eletricidade era 32 kg CO₂/MWh, sendo que em 2010 o mesmo subiu para 51 kg CO₂/MWh (MCTI, 2016), impactando diretamente as emissões de GEE geradas pelo consumo de eletricidade pelos diferentes setores⁹⁵ que subiram de 781.494 para 1.399.083 toneladas de CO₂, uma aumento de 63%, sendo que a demanda por eletricidade subiu apenas 13% no mesmo período (SVMA, 2013).

⁹⁵ Residencial, comercial, setor público, rural e industrial.

4 CONCLUSÃO

O presente capítulo está dividido em cinco sessões, a primeira apresenta a síntese da pesquisa desenvolvida, a segunda apresenta o principal resultado da presente pesquisa mostrando a inadequação das metas atualmente adotadas pelos municípios, a terceira destaca as lições apreendidas decorrentes da inovação dos municípios que propuseram voluntariamente compromissos locais de mitigação climática, a quarta sessão mostra a emergente autonomia e liderança dos governos subnacionais nos esforços de enfrentamento da crise climática e a última sessão apresenta propostas de pesquisa futura.

4.1 SÍNTESE

Na seção “Mudanças climáticas e compromissos governamentais” mostramos que os efeitos das alterações climáticas vêm se intensificando de forma inequívoca. Ainda que o sistema climático da terra seja complexo e não possa ser modelado por hipóteses simplificadoras, a série histórica da temperatura média da superfície da terra mostra um aumento progressivo com inflexão da curva de temperatura histórica na década de oitenta, e desde então, observa-se uma constante intensificação da taxa de aquecimento conforme mostra a Figura 19. Este gráfico ilustra a mudança na temperatura global da superfície em relação às temperaturas médias de 1951-1980. Dezoito dos dezenove anos mais quentes ocorreram desde 2001, com exceção de 1998. O ano de 2016 é o mais quente de que há registo (NASA, 2018).

Figura 19 – Variação da temperatura média da superfície da terra desde 1880

Fonte: NASA (2019)

Por meio de um breve levantamento dos acordos climáticos internacionais, observamos que nos últimos 30 anos de negociações climáticas multilaterais⁹⁶, se alcançou um compromisso comum e global para mitigação das emissões de GEE na cidade Quioto que não foi renovado em 2009 em Copenhague (durante a COP 15), momento em que era buscada a definição dos termos de compromisso para o segundo (2013-2020) e terceiro período (pós-2020) e era necessária a participação dos USA e dos países não Anexo I. Buscando superar o impasse das negociações, as partes negociaram um novo tratado que foi aceito em 2015 na cidade de Paris e que hoje vigora.

O acordo de Paris flexibiliza os compromissos de mitigação e adaptação e convoca governos subnacionais (estados, DF e municípios no caso do Brasil) a participarem dos esforços e mecanismos internacionais a fim de manter o aquecimento global em até 1,5 ° C acima da temperatura média da superfície terrestre. Este novo acordo não possui um sistema de monitoramento homogêneo e exige esforços adicionais para definir sistemas de verificação dos diferentes compromissos. Neste sentido, torna-se premente o estabelecimento de critérios transparentes e verificáveis de cumprimento das metas de redução propostas por governos subnacionais que, na visão do autor, serão requisitos para acesso a instrumentos de implementação, como por exemplo financiamento climático, capacitação técnica e acordos de transferência de tecnologia.

Ao avaliarmos a governança climática no âmbito federal no Brasil, notamos um processo histórico iniciado ainda no governo de abertura ao regime militar no final da década de oitenta quando se criou a primeira comissão temática no Brasil sobre mudanças do clima. Durante os mais de trinta anos seguintes, o Brasil estruturou uma complexa e multisetorial governança centralizada no âmbito federal que resultou na criação de políticas e planos setoriais sobre mudança do clima, articulados com políticas e leis de conservação ambiental e energética já vigentes no país. Quando fizemos o levantamento das esferas subnacionais, percebemos ações de estado e municípios voluntárias e pouco articuladas com o nível federal, implantadas por meio de lideranças locais e regionais sensibilizadas ao tema, por agências internacionais (ex. Consulado Britânico e o governo do Estado de São Paulo) e pelas redes transnacionais (ex. ICLEI e a Cidade do Rio de Janeiro). Também é possível constatar que os estados e municípios

⁹⁶ Os acordos no âmbito da UNFCCC exigem consenso entre todos 197 países que participam da convenção.

que se engajaram na pauta, fizeram uso do arcabouço regulatório e metodológico disponível que foi elaborado para entes com soberania sobre o território, onde aspectos de competência e competência não são relevantes. Como resultado, observa-se uma inadequação dos compromissos assumidos e dificuldade de atendê-los vis-à-vis a repartição de competências prevista pela Constituição Federal.

Na seção “Emissões de GEE”, após estabelecermos os fundamentos necessários sobre instrumentos de monitoramento das emissões de GEE, discutimos a variação do perfil de emissões de GEE de acordo com a região, esfera governamental e período histórico. Como resultado desta avaliação percebemos a singularidade do perfil de emissões de GEE do Brasil, que destoa do perfil global por conta da forte presença das emissões de GEE associadas ao desmatamento, e como este perfil mudou drasticamente em menos de uma década dando proeminência as emissões do setor de energia, perfil mais próximo da média mundial. Além disso, também foi possível mostrar como as emissões do setor de energia ganham destaque à medida que nos aproximamos dos centros urbanos onde as emissões de GEE do setor de energia respondem por 60 a 80% das emissões totais de GEE.

Fechamos a seção “Emissões de GEE” com um breve resumo de como funciona o sistema europeu de comercialização de emissões para destacar dois aspectos: a importância de inventários de emissões como instrumentos de gestão das metas e apresentar o conceito de unidades de redução transferíveis, necessários na conclusão da seção seguinte “Compromissos de mitigação climática”. Nesta última seção do levantamento bibliográfico, introduzimos o tema sobre metas de redução de GEE, tomando como exemplo os compromissos assumidos pelos países integrantes do Anexo I no âmbito do protocolo de Quioto, para em seguida apresentamos a meta voluntária proposta pelo Brasil na PNMC e a sua posterior revisão prevista pela NDC Brasileira. Dado o contexto global, mais uma vez nos voltamos para uma análise doméstica, onde levantamos os entes subnacionais que possuem políticas climáticas com metas de redução. A análise mostra que nenhum dos governos subnacionais faz distinção entre emissões sob-competência e fora-de-competência, recomendação preconizada pelas boas práticas internacionais apresentadas na última seção do levantamento bibliográfico, onde resumimos as etapas recomendadas pela publicação *Mitigation Goal Standard*. A metodologia proposta pela iniciativa *GHG Protocol* tem por público alvo, países, governos subnacionais, setor empresarial e organizações da sociedade civil. Nela são apresentados 6 passos, que envolvem a elaboração de um inventário com emissões históricas, identificação de oportunidades de mitigação, definição da fronteira da meta, escolhas do tipo de meta, definição do período de compromisso, dos mecanismos de flexibilização e por último a determinação do

nível do compromisso para emissões sob-competência da entidade e fora-de-competência da mesma. A última categoria, deve ser considerada por existirem atividades que são realizadas dentro da fronteira da meta, no entanto estão fora da competência do ente, como por exemplo o consumo de eletricidade realizado pelos diferentes setores econômicos dentro de um município (residencial, comercial, serviços públicos, industrial e agrícola), cujas emissões ocorrem dispersas em todo países e são reguladas e administrada pela União.

Assim, concluímos o levantamento bibliográfico e iniciamos a análise das competências dos entes da federação prevista na constituição federal do Brasil em confronto às categorias de atividades adotadas pelo IPCC, consolidados em uma tabulação dos diferentes setores energéticos e respectiva competência administrativa e legislativa. Não foram tratadas as competências tributárias por conta da limitação do tempo de pesquisa.

A segunda etapa da análise é um estudo de caso a partir da modelagem da demanda energética de uma região metropolitana da grande São Paulo na qual projetamos as emissões de GEE associadas à demanda energética dos municípios que compõem o CIOESTE para 2025. Modelada a projeção da demanda energética da região, comparamos dois cenários fora-da-competência de entes subnacionais: o primeiro, indicado como mais provável pelo PDE, onde há disponibilidade hídrica e baixa participação de termoeletricas baseadas em fontes energéticas fósseis; e um segundo cenário, semelhante ao observado no ano de 2014, em que há escassez hídrica e restrição da capacidade das hidroelétricas resultando em um fator de emissão da rede mais carbono intensivo. Os resultados apontam para uma variação entre os dois cenários de aproximadamente 20% das emissões de GEE geradas pela mesma demanda energética.

4.2 INADEQUAÇÃO DAS MÉTRICA

A partir da análise das publicações internacionais que sistematizaram o processo de elaboração de metas de redução (subseção 2.3.3) e pelos resultados obtidos pelo estudo de caso (seção 3.2) concluímos que as metas de mitigação climática adotadas pela maioria dos governos subnacionais no Brasil não são adequadas, por não fazerem distinção entre os compromissos de mitigação propostos para fontes de emissão de GEE sob competência e fora-de-competência da autoridade subnacional. Quando simulamos um cenário de baixa disponibilidade hídrica, semelhante ao observado em 2014 no Brasil, em que o planejador da oferta energética do País (União) recorre a fontes não-renováveis para complementar a geração elétrica do SIN, observa-se um aumento de 20% das emissões totais GEE dos municípios do CIOESTE em relação à um cenário tendencial (reservatórios das hidrelétrica cheios).

As metas atuais incorporam a externalidade associada ao despacho das térmicas, refletida no fator de emissão da rede, gerando um impacto da ordem de 20% das emissões totais do município. A variação observada supera a grande parte das metas de reduções subnacionais trazendo ingerências para os gestores públicos, municipais e estaduais, para cumprirem com seus compromissos.

Essa etapa é preconizada pela metodologia *Mitigation Goal Standard* durante a definição da fronteira da meta (passo 2 descrito na seção 2.3.3) e estabelecimento do nível de compromisso (passo 6 descrito na seção 2.3.3) e por meio da Tabela 12 é possível identificar as atividades que são de competência exclusiva ou comum dos entes da federação. As competências legislativas concorrentes e suplementares podem ser tratadas de forma discricionária considerando a regulamentação da atividade caso a caso.

Importante destacar, que a definição da competência deve considerar o tipo de competência legislativa descrita na Tabela 8. As atividades econômicas sob competência, **privativas da União**, ou **reservadas aos Estados e DF**, ou ainda **exclusivas aos Municípios** tem competência claramente definidas. No entanto, a competência das atividades emissoras de GEE, cujas competências legislativas são concorrentes ou suplementares, só poderão ser definidas em uma análise caso a caso, considerando as normas gerais aplicadas pela União e a respectiva regulação complementar. Quando tratamos de uma atividade sob **administração pública direta**⁹⁷ é necessário observar a competência legislativa prevista para a atividade em questão e grau de liberdade que a administração direta detém na seleção de uma tecnologia de baixo carbono, por exemplo: hoje a escolha de tecnologias eficientes para iluminação pública (lâmpadas LED) são prerrogativas do ente responsável pela administração direta do serviço (Municípios), porém caso a União estabeleça uma resolução, por meio da ANEEL, que a partir de uma data todas as lâmpadas destinadas para iluminação pública no território nacional

⁹⁷ São exemplos de administração pública direta dos Estados: edificações públicas (com potencial para medidas eficiência energética e geração distribuída), infraestrutura de transporte de passageiros e carga (rodovias e hidrovias estaduais); empresas de saneamento e tratamento de água e efluentes; distribuição de gás canalizado. São exemplos de administração pública direta dos municípios: edificações públicas, iluminação pública; coleta, disposição e tratamento de resíduos; e transporte urbano municipal. Destaca-se que a participação da esfera governamental em infraestrutura é dependente da capacidade de investimento do ente, assim, existem companhias municipais de saneamento como por exemplo a SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto da Estância de Atibaia) que originalmente foi criada pelo município de Atibaia e hoje é operada por meio de uma Parceria Público-Privada.

deverão ter um nível mínimo de eficiência energética, a competência desta medida de mitigação deixará de estar sob competência municipal.

Além de ser possível afirmar que as metas atualmente empregadas por governos subnacionais são inadequadas, os resultados da pesquisa também apontam para algumas recomendações propositivas, tais como as seguintes recomendações:

- a) Governos subnacionais não devem estabelecer compromissos de mitigação por meio de globais⁹⁸ sem diferenciar as fontes de emissão de GEE;
- b) As metas de redução em governos subnacionais devem ser estabelecidas considerando a competência das fontes emissoras de GEE, para tanto é necessário definir a fronteira da meta⁹⁹;
- c) Ao proporem metas de mitigação, governos subnacionais são fortemente recomendados a fazerem uma análise de competência em relação as suas fontes de emissões de GEE, que podem estar sob competência, ou fora de competência; e
- d) Caso não possam realizar a análise de competência, por falta de detalhamento do inventário, ou do conhecimento sobre as oportunidades de mitigação, recomenda-se que se amplie o nível de detalhamento do Inventário de GEE (*Tier*) e se realize uma análise de oportunidades de mitigação de GEE antes de se estabelecer compromissos de redução;
- e) Recomenda-se que compromissos de governos subnacionais sejam estabelecidos por meio de metas setoriais progressivas acompanhado por metas indicativas globais que desempenham um papel de salvaguarda frente a eventuais emissões fugitivas;
- f) Recomenda-se que os compromissos climáticos de mitigação sejam estabelecidos por metas de curto prazo e longo prazo, associadas ao sucesso de implantação de programas setoriais de mitigação. A ambição das metas de longo prazo deve ser definida após a verificação do cumprimento das metas de curto prazo; e
- g) A internalização dos processos e capacidades técnicas necessários de contabilização de emissões de GEE e modelagem de cenários futuros são práticas necessárias para definição de compromisso climáticos e indicam um nível de engajamento necessário

⁹⁸ Para esclarecer a terminologia adotada, considera-se metas globais aquelas que se incluem todas as fontes de emissões

⁹⁹ Metas globais incluem todos os setores do IPCC e/ou que cobrem todas as fontes contempladas pelo Inventário de GEE, ou seja, a fronteira da meta coincide com a fronteira do Inventário de GEE.

para a definição de compromissos vinculantes (ex. exigência de cumprimento de compromisso para desembolsos de financiamentos climáticos).

Destaca-se que a análise de competência das fontes emissoras de GEE é mais ampla que o procedimento de as classificar em: emissões diretas (escopo 1), emissões indiretas associadas ao consumo de eletricidade (escopo 2) e outras emissões indiretas (escopo 3). Pois exige uma análise do contexto local. No entanto, a distinção entre emissões diretas e indiretas seria o requisito mínimo para se estabelecer um compromisso climática efetiva.

As iniciativas de vanguarda, lideradas por alguns governos subnacionais são em uma rica experiência que deve ser aproveitada e aprimorada. No entanto, elaboradores de política pública devem considerar que o contexto atual está se alterando e compromissos de mitigação deverão ser vinculantes e trazer ônus e sanções econômicas, caso não sejam cumpridos.

4.3 VANGUARDA CLIMÁTICA

Ainda que o engajamento de governos subnacionais na pauta de mitigação climática venha ocorrendo desde o início da década de 1990, nota-se que estas ações foram realizadas a partir da reprodução e adaptação de estruturas desenhadas para governos nacionais que possuem critérios claros para determinação da competência das fontes de emissão de GEE, que são delimitados pelas fronteiras geográficas do país¹⁰⁰. Com o reconhecimento da importância dos governos subnacionais para enfrentamento das alterações climáticas, a comunidade internacional, incluindo o IPPC e a CQNUMC, estão avançando com a elaboração de instrumentos necessários para incluir os governos subnacionais na governança climática global (HSU, 2019).

Neste sentido, as incompatibilidades identificadas entre a competência das fontes de emissão e a forma das metas de redução de estados e municípios podem ser entendidas como uma consequência de ações de vanguarda (*early movers*) implementadas antes do estabelecimento de um quadro regulatório, procedimental e metodológico. Esta percepção é respaldada tanto por uma análise cronológica, quanto institucional. Os primeiros inventários de GEE realizados por estados e municípios no Brasil e no Mundo, datam do final da década de noventa, enquanto que o arcabouço metodológico para elaboração de inventários subnacionais

¹⁰⁰ No âmbito da Convenção do Clima, apenas duas exceções vêm sendo discutidas a mais tempo, as emissões de GEE decorrentes da aviação internacional e do comércio marítimo internacional, visto ambas ultrapassarem o critério fronteiriço e serem tratadas por meio de políticas setoriais lideradas pelas respectivas entidades de representação internacional dos dois setores (ICAO e IMO).

só foi consolidado ao final de 2015 por entidades da sociedade civil. Da mesma forma, orientações para elaboração de compromissos climáticos por entes subnacionais, só foram publicadas cinco anos após a promulgação do compromisso de redução do Estado de São Paulo e Município de São Paulo. Institucionalmente, a questão ainda não está definida, visto as metodologias propostas para inventários locais e regionais não terem sido oficializadas pelo IPCC, órgão responsável para definição de metodologias para monitoramento das emissões de GEE no âmbito da CQNUMC, e a inclusão de estudos específicos sobre o papel de cidades e governos regionais só terem sido incluídas como pauta dos relatórios do IPCC após a 43ª reunião do IPCC realizada em abril de 2016 em resposta ao pedido de um relatório especial para cidades feito por redes transnacionais e lideranças subnacionais (IPCC, 2016) (GTLRG, 2016).

4.4 LIDERANÇA DE GOVERNOS SUBNACIONAIS

A governança brasileira sobre mudanças do clima definida pela PNMC domesticamente e os compromissos da NDC Brasileira internacionalmente foi severamente fragilizada pela entrada do novo governo em 2019. No entanto, considerando que a instância governamental sobre a temática foi extinta (referimo-nos à Secretaria de Mudança do Clima e Florestas do MMA), anteriormente, responsável pela elaboração e coordenação das principais estratégias de mitigação e adaptação, percebe-se que a ação federal no Brasil sobre o tema está intensamente reduzida. Destarte que na nova lista de atribuições do Ministério do Meio Ambiente não há referências a ações contra o desmatamento, apenas atribuições relacionadas à exploração sustentável das florestas (Decreto 9.672).

Neste sentido o papel dos governos subnacionais ganha proeminência como atores que poderão manter o compromisso do Brasil frente a sociedade civil e aos países com quem estabeleceu compromissos por meio de tratados internacionais. Atualmente estados e municípios poderão desempenhar um papel fundamental em sustentar o processo, já em marcha, de implantação de políticas climáticas dando continuidade ao processo histórico de negociações do estado Brasileiro. Um exemplo emblemático neste sentido, foi a reação dos estados americanos frente a saída dos EUA do Acordo de Paris conduzida pelo governo estadunidense de Donald Trump: quatorze estados americanos (*The U.S. Climate Alliance*), conjuntamente 383 cidades (*U.S. Climate Mayors*), se comprometeram a manter os compromissos do Acordo de Paris, independentemente da posição do governo federal estadunidense (BLOOMBERG, 2017).

Até o momento, a maioria dos estados e municípios no Brasil ainda não definiu compromissos de mitigação climática, o que propicia uma oportunidade para capacitação desses entes sobre as etapas recomendadas para definição de metas de redução de GEE, utilizar as lições apreendidas a partir das experiências subnacionais já postas em práticas e elaborar planos setoriais que resultem em políticas climáticas mais eficazes e alinhadas com a realidade regional e local (AYLETT, 2014).

É crítico e premissa da presente pesquisa, que as políticas bem-sucedidas de contenção de desmatamento sejam respeitadas e ampliadas. Governos Estaduais tem especial relevância na gestão de reservas florestais e de áreas de proteção ambiental e podem desempenhar papel fundamental em conter retrocessos ambientais neste setor.

4.5 PROPOSTAS DE PESQUISA FUTURAS

Ao concluirmos a presente pesquisa, ficou clara a amplitude do voo percorrido e o vasto campo para aprofundamentos e pesquisas futuras. Abaixo listamos alguns dos pontos de interesse:

- Aprofundar a presente análise (recorte no setor de energia) dos instrumentos disponíveis pelas esferas subnacionais para implantar políticas de mitigação em cada nível governamental (ex. planos de mobilidade metropolitanos, plano estadual de energia, código de edificações);
- Ampliar a presente análise para os setores não contemplados: processos industriais (IPPU), agropecuária e mudança e uso do solo com ênfase em preservação florestal (FOLU);
- Avaliar o papel e instrumentos de política pública disponíveis para consórcios de municípios e regiões metropolitanas;
- Avaliar as estratégias internacionais para mobilização de capital para investimentos em mitigação climática no nível local e regional e os requisitos para acessá-los;
- Aprofundamento dos conceitos econométricos e de modelagem energética para simular o impacto de políticas públicas no setor energético com propósito de avaliar potencial de oportunidades de mitigação em governos subnacionais e quantificar nível de compromissos exequíveis;

- Aperfeiçoamento e sistematização dos procedimentos de *down-scaling* das premissas e parâmetros de modelagem adotados no PDE para modelagens energéticas de entes subnacionais;
- Realizar uma análise de custo-benefício entre investimentos de eficiência energética e de geração centralizadas do ponto de vista do poder público e capacidade de mobilização de capital privado; e
- Avaliar governança multinível, que envolvendo diferentes entes da federação, como estratégia de continuidade para compromissos climáticos.

O arcabouço teórico da sociologia política foi um campo inexplorado na presente dissertação que seria fundamental para entender como os governos subnacionais podem fortalecer a governança climática e as instituições governamentais e da sociedade civil que atuam na agenda climática de maneira suplantando eventuais narrativas partidárias que interrompam uma política de Estado. Esta temática é de crescente relevância visto os recentes e profundos retrocessos observados no nível federal do Brasil, que acompanham um fenômeno mais amplo observado em países centrais como Estados Unidos da América, Turquia e Rússia.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEEE. Community-Wide Energy Efficiency Goals. State and Local Policy Database - American Council for Energy-Efficient Economy, Julho 2019. Disponível em: <<https://database.aceee.org/city/community-wide-energy-efficiency-goals>>.

ANDERTON, K.; SETZER, J. Subnational climate entrepreneurship: innovative climate action in California and São Paulo. Regional environmental change, 2018.

ANDRADE, T. A.; LOBÃO, W. J. A. Elasticidade renda e preço da demanda residencial de energia elétrica no Brasil.. IPEA, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Rio de Janeiro, p. 25. 1997.

ANEEL. Banco de dados - Resultado Leilões de Geração 2005 a 2016. Agência Nacional de Energia Elétrica. Brasília. 2017.

ANP - AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. Panorama do abastecimento de combustíveis. ANP - AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. Rio de Janeiro. 2016.

API. Compendium of Greenhouse Gas Emissions Estimation Methodologies for the Oil and Natural Gas Industry. [S.l.]. 2009.

ARANHA, R. C.; SIMÕES, A. F. Gestão dos resíduos sólidos e mudanças climáticas – análise panorâmica focada na coleta seletiva de lixo no condomínio Ecolife Independência. Forum Internacional de Resíduos Sólidos-Anais. [S.l.]: [s.n.]. 2017.

ASLAM, A. M. E. A. Equal per capita entitlements: a key to global participation on climate change?. In: WRI In: Building on the Kyoto Protocol: Options for protecting the climate. [S.l.]: WRI, 2002. Disponível em: <http://pdf.wri.org/opc_chapter8.pdf>.

AYLETT, A. Progress and challenges in the urban governance of climate change: Results of a global survey. [S.l.]. 2014.

AZEVEDO, T. R.; C., A. Relatório SEEG. Emissões de GEE no Brasil: PERÍODO 1970 - 2016. [S.l.]. 2018.

BAKHTIARI, F. International cooperative initiatives and the United Nations Framework. Climate Policy, 2018.

BANCO MUNDIAL. World Banda Open Data. World Bank, 2017. Disponível em: <<http://data.worldbank.org/>>. Acesso em: 02 Junho 2017.

BARANDIER, H. Planejamento e controle ambiental-urbano e a eficiência energética. Rio de Janeiro. 2013.

BATTY, M. Agents, cells, and cities: new representational models for. *Environment and Planning*, 2005.

BETSILL, M. M. . A. B. H. Cities and the multilevel governance of global climate change., v. 12, p. 141-159, April 2006. Disponível em: <<https://heinonline.org/HOL/P?h=hein.journals/glogo12&i=152>>.

BETSILL, M. M. . A. B. H. Revisiting the urban politics of climate change., v. 22, p. 136-154, February 2013. ISSN 0964-4016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/09644016.2013.755797>>.

BETSILL, M. M. A. B. H. Transnational Networks and Global Environmental Governance: The Cities for Climate Protection Program, v. 48, n. 2, p. 471–493, 06 May 2004. Disponível em: <<https://academic.oup.com/isq/article-abstract/48/2/471/1893410?redirectedFrom=fulltext>>.

BID. Documento-base para subsidiar os diálogos estruturados sobre a elaboração de uma estratégia de implementação e financiamento da contribuição nacionalmente determinada do Brasil ao acordo de Paris. Brasília. 2017.

BIDERMAN, R. F. Limites e alcances da participação pública na implementação de políticas subnacionais em mudanças climáticas e o município de São Paulo. São Paulo: Tese de Doutorado. EAESP-FGV, 2011.

BRASIL. Constituição Federal. Brasília: [s.n.], 1988.

BRASIL. Estatuto da Cidade, Lei nº 10.257 de 10 de julho de 2001. Brasília. 2001.

BRASIL. LEI Nº 12.114. Presidência da República. Brasília. 2009.

BRASIL. Second National Communication of Brazil to the United Nations Framework Convention on Climate Change. Brasília. 2010.

BRASIL. Compromisso voluntário do Brasil. Governo do Brasil, 17 novembro 2011. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/noticias/meio-ambiente/2011/11/o-compromisso-voluntario-do-brasil>>.

BRASIL. Estatuto da Metrópole, Lei nº 13.089 de 12 de Janeiro de 2015. Brasília. 2015.

BRASIL. Third National Communication Of Brazil To The United Nations Framework Convention. MCTI. Brasília. 2016.

BRASIL. DECRETO Nº 9.578, DE 22 DE NOVEMBRO DE 2018. Casa Civil da Presidência da República, 22 novembro 2018. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2018/Decreto/D9578.htm#art25>.

BRASIL. MMA. Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima. Ministério do Meio Ambiente. Brasília. 2016. (978-85-7738-273-6).

BRAZIL, M. C. T. I. Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. [S.l.]. 2016.

BRET-ROUZAUT, N.; FAVENNEC, J.-P. Petróleo & Gás Natural: como produzir e a que custo. Rio de Janeiro: Synergia, 2011.

CARGIL. Cargill comemora 15 anos de operação em Santarém. Disponível em: <https://www.cargill.com.br/pt_BR/2018/santarem>.

CCEE. 26º Leilão de Energia Nova A-6. Rio de Janeiro. 2017.

CDP. CDP Database, 2019. Disponível em: <<https://data.cdp.net>>.

CDP. CDP Open Data Portal - Cities. CDP, 19 July 2019. Disponível em: <<https://www.cdp.net/en/cities>>.

CDP. Explore city, state and regional mitigation actions to tackle climate change. CDP Database, 2019. Disponível em: <<https://data.cdp.net/browse?category=Mitigation%20Actions>>.

CETESB. Inventário de emissões antrópicas de gases de efeito estufa diretos e indiretos. CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. São Paulo. 2011.

CETESB. Legislação Federal - PROCLIMA. PROCLIMA - Programa Estadual de Mudanças Climáticas do Estado de São Paulo, 2018. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/proclima/legislacao/federal/>>. Acesso em: 04 jan. 2018.

CHECCO, G. B. A política climática da cidade de São Paulo (2001 - 2016): análise da ação pública. PROCAM IEE USP. [S.l.]. 2018.

CLIMATE ANALYTICS & NEWCLIMATE INSTITUTE. Climate Action Tracker, 2019. Disponível em: <<https://climateactiontracker.org/>>.

CNI. Mudança do clima e indústria brasileira. Brasília. 2018. Confederação Nacional da Indústria.

COLE, J. C. Genesis of the CDM: the original policymaking goals of the 1997 Brazilian proposal and their evolution in the Kyoto protocol negotiations into the CDM. International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics, 2012. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10784-010-9132-8>>.

COMLURB. Atividade de projeto MDL “Gramacho Landfill Gas Project”. [S.l.]. 2012.

DIAS, S. E. A. Public policy, mitigation and adaptation to climate change in south america, 2009. Disponível em: <<http://www.iea.usp.br/publicacoes/textos/public-policy-mitigation-and-adaptation-to-climate-change-in-south-america>>.

DO CLIMA. Plano Nacional sobre Mudança do Clima Brasil. Comitê Interministerial Sobre Mudança. Plano nacional sobre mudança do clima. [S.l.]. 2008.

E. U. EU-ETS Handbook. [S.l.]. 2015.

E. U. EU Emissions Trading System (EU ETS). European Commission, 24 Julho 2019. Disponível em: <https://ec.europa.eu/clima/policies/ets_en#Legislative_history>.

EEA. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016. Technical guidance to prepare national emission inventories. European Environment Agency. [S.l.]. 2016.

ELETROBRÁS/PROCEL. Avaliação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil, Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso, ano base 2005, Classe Residencial, Relatório Brasil. PROCEL. Rio de Janeiro. 2005.

ENERGY AND MINING STATE SECRETARIAT SÃO PAULO. Energy Balance of the State of São Paulo 2017: Year 2016. Energy and Mining State Secretariat São Paulo. São Paulo. 2017.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA.. Consumo de Energia no Brasil-Análises Setoriais.. EPE. Rio de Janeiro. 2014.

EPE. Projeção da Demanda de Energia Elétrica: para os próximos 10 anos (2013-2022). Estudos de Demanda de Energia–Nota Técnica DEA 22 (2012). Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro. 2012.

EPE. Anuário estatístico de energia elétrica 2013. Rio de Janeiro. EPE, EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Rio de Janeiro. 2015.

EPE. Brazilian Energy Balance 2015 - Base Year 2014. Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro. 2015.

EPE. Plano Decenal de Expansão de Energia 2024. inistério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa. Brasília:, p. 466. 2015.

EPE. Projeção da demanda de energia elétrica: para os próximos 5 anos (2016-2020). EMPRESA, DE PESQUISA ENERGÉTICA. Rio de Janeiro. 2015.

EPE. Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2017 - Ano Base 2016 v3 Dados preliminares. Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro. 2017.

EPE. Balanço Energético Nacional 2017: Ano base 2016. Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro, p. 292. 2017.

EPE. Relatório Síntese do Balanço Energético Nacional – BEN 2019. Empresa de Planejamento Energético. Rio de Janeiro. 2019.

ESPARTA, A. R. J.; NAGAI, K. M. Experiências e lições do mdl no setor de energia. In: FRANGETTO, F. W. O. A. P. B. O. V. A. G. O. L. Legado do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. [S.l.]: IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2018. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/181228_livro_md1.pdf>.

FIESP. Physical Productivity Of Work In The Transformation Industry. Federation of Industries of the State of São Paulo. São Paulo. 2017.

FONG, W. K. . S. M. . M. D. M. . S. S. . M. A. . &. D.-B. C. Global protocol for community-scale greenhouse gas emission inventories (GPC). New York, NY, USA. 2015.

FONG, W. K. Global protocol for community-scale greenhouse gas emission inventories. [S.l.]: WRI, C40, and ICLEI, 2014.

FÓRUM CLIMA. Observatório de Políticas Públicas de Mudanças Climáticas, Junho 2019. Disponível em: <<http://forumempresarialpeloclima.org.br/observatorio-de-politicas-publicas-de-mudancas-climaticas/>>.

FRANGETTO, F. W. O.; VEIGA, A. P. B. O.; LUEDEMANN, G. O. Legado do MDL: impactos e lições aprendidas a partir da implementação do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo no Brasil como subsídios para novos mecanismos. Brasília: IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2018. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/181228_livro_md1.pdf>.

GIZ. ProteGEER. ProteGEER, Julho 2019. Disponível em: <<http://www.protegeer.gov.br>>.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energia e meio ambiente no Brasil. Estudos Avançados 21, São Paulo, 2007.

GONZALEZ MIGUEZ, J. D. O Protocolo de Quioto e sua regulamentação no Brasil. IPEA - Boletim regional, urbano e ambiental, 2010. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/5615/1/BRU_n4_protocolo_quioto.pdf>.

GOUVELLO, C. . B. S. S. F. . N. A. . S. R. . A. F. J. . &. A. J. W. S. Estudo de baixo carbono para o Brasil. Brasília. 2010.

GREENPEACE. Avaliação do Estudo de Impacto Ambiental do Terminal Graneliro da Cargill em Santarém. [S.l.]. 2010.

GREENPEACE. Ações efetivadas e promessas nos primeiros 100 dias de governo bolsonaro, 2019. Disponível em: <<https://www.greenpeace.org.br/hubfs/atos-medidas-bolsonaro-100dias.pdf>>.

GRUBLER, A. . B. X. . B. T. . D. S. . F. D. J. . I. T. .. & S. N. Urban energy systems., 2012. Disponível em: <<http://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/10067/1/GEA%20Chapter%2018%20Urban%20Energy%20Systems.pdf>>.

GTLRG. C40, ICLEI and UCLG support proposed IPCC Special Report on Cities and Climate Change. The Global Taskforce of Local and Regional Governments, 2016. Disponível em: <<https://www.global-taskforce.org/c40-iclei-and-uclg-support-proposed-ipcc-special-report-cities-and-climate-change>>.

HARALD FUHR, T. H. A. K. K. The role of cities in multi-level climate governance: local climate policies and the 1.5 °C target. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, v. 30, p. 1-6, February 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cosust.2017.10.006>>.

HERZOG, T.; BAUMERT, K. A.; PERSHING, J. Target--Intensity: An analysis of greenhouse gas intensity targets. [S.l.]. 2006.

HSU, A. E. A. A research roadmap for quantifying non-state and subnational climate mitigation action. *Nature Climate Change*, 2019.

I4CE. Supporting cities and subnational governments on climate: Public and private financial institutions demonstrate concrete support for climate action and set priority areas of work. [S.l.]: Institute for Climate Economics houses the Secretariat of the Climate Action in Financial Institutions Initiative. 2018.

IBGE. https://downloads.ibge.gov.br/downloads_estatisticas.htm. www.ibge.gov.br, 2017. Disponível em: <https://downloads.ibge.gov.br/downloads_estatisticas.htm>. Acesso em: 20 Outubro 2017.

ICLEI. Guia de Ação Local pelo Clima. [S.l.]. 2016.

IEA SP. Animal Production Bulletin of the State of São Paulo. Institute of Agricultural Economics. São Paulo. 2016.

IETA. Brazil - The World's Carbon Markets: A Case Study Guide to Emissions Trading. [S.l.]. 2013.

INEA RJ. Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) do Estado do Rio de Janeiro - 2015. Instituto Estadual do Ambiente. [S.l.]. 2019.

IPCC. IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories.. Kanagawa, Japan. 2006.

IPCC. Volume 2: Energy. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Intergovernmental Panel on Climate Change. [S.l.]. 2006.

IPCC. Volume 3: Industrial Processes. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. [S.l.]. 2006.

IPCC. Volume 4: AFOLU. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. [S.l.]. 2006.

IPCC. Volume 5: Waste. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. [S.l.]. 2006.

IPCC. 2013 Revised Supplementary Methods and Good Practice Guidance Arising from the Kyoto Protocol. [S.l.]. 2014.

IPCC. Summary for policymakers. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 2014.

IPCC. Forty-third session of the IPCC - Sixth assessment report (AR6) products. Nairobi. 2016.

IPCC. IPCC Special Report on Global Warming of 1.5°C. [S.l.]. 2018.

IPCC. 19 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines. [S.l.]. 2019.

IPCC. IPCC - Frequently Asked Questions. IPCC, 29 Junho 2019. Disponível em: <<https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/faq/FAQ.pdf>>.

IPCC, 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change., 2013.

IPCC-FORSTER, P. E. A. Changes in atmospheric constituents and in radiative forcing. In: _____ Climate change. [S.l.]: [s.n.], 2007. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4-wg1-chapter2-1.pdf>>.

IPEA. Mudança do Clima no Brasil: aspectos econômicos, sociais e regulatórios. Brasília: [s.n.], 2011. 31 - 42 p. ISBN 978-85-7811-108-3.

IPEA. Mudanças climáticas e os desafios brasileiros para implementação da nova agenda urbana. In: MARCO AURÉLIO COSTA O ESTATUTO DA CIDADE E A HABITAT III: Um balanço de quinze anos da política urbana no Brasil e a Nova Agenda Urbana. Brasília: [s.n.], 2016. Cap. 12, p. 361. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=28583>.

JEBARAJ, S. . & I. S. A review of energy models. Renewable and sustainable energy reviews, 2006. Disponível em: <https://ac.els-cdn.com/S1364032104001261/1-s2.0-S1364032104001261-main.pdf?_tid=bcf5d862-ce89-445c-9f09-c208b4a2b399&acdnat=1551738808_061a4b17cf5de320a3244408e72095f9>.

KAHN, S.; BRANDÃO, I. The contribution of low-carbon cities to Brazil's greenhouse gas emissions reduction goals. COPPE, UFRJ. Rio de Janeiro. 2015.

KHATIWADA, D. E. A. Power generation from sugarcane biomass—A complementary option to hydroelectricity in Nepal and Brazil. Energy, 2012. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S036054421200206X>>.

LA ROVERE, E. L. . B. D. C. . P. J. A. O. . & W. W. Brazil beyond 2020: from deforestation to the energy challenge. Climate Policy, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/14693062.2012.702018> >.

LA ROVERE, E. L. E. A. Implicações econômicas e sociais de cenários de mitigação de gases de efeito estufa. In: –, F. B. D. M. C. Projeto IES-Brasil. Rio de Janeiro: Coppe/UFRJ, 2016.

LEE, N. C. Decision support methodology for national energy planning in developing countries: An implementation focused approach. [S.l.]: [s.n.], 2016. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/85506/2/145321.pdf>>.

LEVIN, K. E. A. Mitigation goal standard. An accounting and reporting standard for national and subnational greenhouse gas reduction goals. [S.l.]. 2014.

LUCON, O.; GOLDEMBERG, J. São Paulo—The “Other” Brazil: Different Pathways on Climate Change for State and Federal Governments. The Journal of Environment & Development, 2010. Disponível em: <<https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1070496510378092>>.

LUCON, O.; ROMEIRO, V.; FRANSEN, T. Bridging the Gap Between Energy and Climate Policies in Brazil—Policy Options to Reduce Energy Related GHG Emissions. World Resources Institute. Washington. 2015. (978-1-56973-871-9).

MACEDO, L. S. V. D. Participação de cidades brasileiras na governança multinível das mudanças climáticas. PROCAM/IEE-USP. São Paulo. 2017.

MACROTRENDS. Cattle Futures - Price & Chart. Macrotrends. Disponível em: <<https://www.macrotrends.net/futures/cattle>>.

MACROTRENDS. Soybeans Futures - Price & Chart. Macrotrends. Disponível em: <<https://www.macrotrends.net/futures/soybean>>.

MANKIN, N. G. Introdução à economia. 6. ed. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2016.

MARIOTTI, A. Leituras do direito constitucional. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2009.

MCKINSEY & COMPANY. Caminhos para uma economia de baixa emissão de carbono no Brasil. [S.l.]. 2009.

MCTIC. Trajetórias de mitigação e instrumentos de políticas públicas para o alcance das metas brasileiras no Acordo de Paris. [S.l.]. 2017.

MCTIC. Relatório das Estimativas Anuais de Emissões de Gases de Efeito Estufa (4ª edição). [S.l.]. 2019.

MCTIC. Sala de Imprensa. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, 22 Maio 2019. Disponível em: <http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/salaImprensa/noticias/arquivos/migracao/2016/10/MCTIC_reforca_parceria_com_os_estados_para_reduzir_emissoes_de_gases_do_efeito_estufa.html?searchRef=sirene&tipoBusca=expressaoExata>.

MELLO, N. G. R. D. Análise pelos fatores responsáveis pela redução de desmatamento na Amazônia legal entre os anos de 2005 e 2013, São Paulo, 2016.

MENDES, T. D. A. Desenvolvimento sustentável, política e gestão da mudança global do clima: sinergias e contradições brasileiras. Tese de Doutorado em Desenvolvimento Sustentável. ed. Brasília: [s.n.], 2014.

MINISTÉRIO DA FAZENDA. Projeto PMR Brasil. Secretaria de Política Econômica, 2017. Disponível em: <http://www.spe.fazenda.gov.br/pmr_brasil>. Acesso em: 2 jan. 2018.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Governo do Brasil. Infraestrutura - Governo do Brasil, 08 abr. 2015. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2015/04/governo-firma-parceria-com-bid-para-projeto-de-mobilidade-urbana>>. Acesso em: 02 jan. 2018.

MIRANDA, M. M. D. Fator de emissão de gases de efeito estufa da geração de energia elétrica no Brasil: implicações da aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-22012013-112737/publico/DissertacaoMarianaMaiaDeMiranda.pdf>>. Tese de Doutorado.

MMA. Discussões para implementação da NDC do Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Brasília. 2017.

MMA. Educa Clima - Legislação. Educa Clima, 2018. Disponível em: <<http://educaclima.mma.gov.br/legislacao/#roll3>>.

MME. Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro: Boletim de Janeiro 2009. Brasília. 2009.

MME. Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro: Boletim de Janeiro 2018. Brasília. 2018.

MME/FDTE. Balanço de Energia Útil 2005.. Ministério de Minas e Energia. Brasília. 2005.

MORAES, A. D. Direito Constitucional. 26. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MORAES, F. T. Ministério do Meio Ambiente vai enxugar área de mudanças climáticas. Folha de São Paulo, 4 Janeiro 2019. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2019/01/ministerio-do-meio-ambiente-vai-enxugar-area-de-mudancas-climaticas.shtml>>.

MOTTA, R. S. . C. L. C. . & C. L. Curvas de custos marginais de abatimento de gases de efeito estufa no Brasil: resenha e oportunidades de mitigação. Radar IPEA, 2012. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/5220/1/Radar_n22_Curvas.pdf>.

MOTTA, R. S. D.; HARGRAVE, J.; LUEDEMANN, G. As metas do acordo de Copenhague e as decisões de Cancun. In: MOTTA, R., et al. Mudança do Clima no Brasil: aspectos econômicos, sociais e regulatórios. Brasília. [S.l.]: IPEA, 2011.

MULLER, S. A. H. J. M. . S. J.; AND GUTIÉRREZ, M. J. Forging low emission development paths in Latin America: Multi-level dynamics in the world's most urbanized region. [S.l.]. 2017.

NASA. Global climate change: Vital signs of the planet. National Aeronautics and Space Administration, 2018. Disponível em: <<https://climate.nasa.gov/>>. Acesso em: 08 Abril 2018.

NASA. Global Temperature. NASA: Global Climate Change, 2018. Disponível em: <<https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/>>. Acesso em: 30 Julho 2019.

NDC PARTNERSHIP. NDC Partnership. Disponível em: <<https://ndcpartnership.org/climate-watch/ndcs>>.

NOBRE, C. A. E. A. Vulnerabilidades das megacidades brasileiras às mudanças climáticas: Região Metropolitana de São Paulo. São Paulo. 2010.

OECD, T. O. F. E. C.-O. A. OECD.Stat. Disponível em: <<http://www.oecd.org/>>. Acesso em: 01 Junho 2017.

PBMC. Impactos, vulnerabilidades e adaptação às mudanças climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 2 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2014. (978-85-285-0207-7).

PETROBRAS. Registro de Emissões. [S.l.]. 2019.

PMR. PMR - Partnership for Market Readiness, 2014. Disponível em: <<https://www.thepmr.org/country/brazil-0>>. Acesso em: 2019.

PRASAD, R. D. . R. C. B. A. A. R. Multi-faceted energy planning: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 38, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.021>>.

RANSOM P., C. G. . R. G. Terminal Evaluation of the UN Environment / GEF Project: Mitigation Options of GHG Emissions in Key Sectors in Brazil. United Nations. [S.l.]. 2018.

RATHMANN, R. RATHMANN, RÉGIS et al. Modelagem integrada e impactos econômicos de opções setoriais de baixo carbono.. Brasília. 2018.

RIBEIRO, G. . C. H. . S. A. . M. S. . M. F. Impact of brazil's biofuel program and carbon intensification of the electrical grid on subnational ghg emissions: western metropolitan region of são paulo. 6th ELAEE/IAEE Latin American Conference. [S.l.]: [s.n.]. 2017.

RIBEIRO, G. . C. H. . S. A. Políticas climáticas nacionais: compromissos e competências. 7th ELAEE/IAEE Latin American Conference. [S.l.]: [s.n.]. 2019.

RIO DE JANEIRO. Decreto nº 43.216 de 30/09/2011. Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2011.

ROCHEDO, P. R. . S.-F. B. . S. R. . V. E. . S. A. . L. A. F. . R. R. The threat of political bargaining to climate mitigation in Brazil. *Nature Climate Change*, 2018. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/s41558-018-0213-y.pdf>>.

RUFFATO-FERREIRA. A foundation for the strategic long-term planning of the renewable energy sector in Brazil: Hydroelectricity and wind energy in the face of climate change scenarios. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 31 October 2017. 1124 –1137.

SÃO PAULO. Plano Paulista de Energia - PPE 2020. CEPE - Conselho Estadual de Política Energética. São Paulo. 2013.

SÃO PAULO. Diário oficial do Município de São Paulo, São Paulo, 25 fevereiro 2016. Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/infraestrutura/arquivos/CLIPPING%20DIARIO%20OFICIAL/2016/Fevereiro/25_02_16/pg_0012_gabinete_prefeito_25_02_16.pdf>.

SCHAEFFER, R. Mudanças climáticas e segurança energética no Brasil. COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro. 2008.

SEADE. Informações dos Municípios Paulistas. Secretaria de Planejamento e Gestão do Estado de São Paulo, 2017. Disponível em: <<https://www.seade.gov.br/>>. Acesso em: 01 Junho 2017.

SEADE, FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS. Informações dos Municípios Paulistas. Fundação Sistema Estadual De Análise De Dados - SEADE, 2017. Disponível em: <<http://www.imp.seade.gov.br>>. Acesso em: 18 September 2017.

SEEG. Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa. Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa. Disponível em: <<http://seeg.eco.br/>>.

SEESP – SECRETARIA DE ENERGIA DO ESTADO DE SÃO PAULO. Plano Paulista de Energia 2020. São Paulo.. SEESP. São Paulo. 2012.

SEM. Anuário de Energéticos por Município no Estado de São Paulo - 2017 ano base 2016. SEM - Secretaria De Energia E Mineração SP. São Paulo. 2017.

SEMSP - SECRETARIA DE ENERGIA E MINERAÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Dados Energéticos. Secretaria de Energia e Mineração do Estado de São Paulo, 2017. Disponível em: <<http://dadosenergeticos.energia.sp.gov.br/portalcev2/index.asp>>. Acesso em: 18 September 2017.

SETO, K. C. Chapter 12 - Human settlements, infrastructure and spatial planning. In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. IPCC Working Group III Contribution to AR5. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.

SILVA, J. A. D. Curso de direito constitucional positivo. São Paulo: Malheiros, 1992.

SILVA, J. A. D. Curso de Direito Constitucional Positivo. 40. ed. São Paulo: Malheiros, 2017.

SMA, PREFEITURA JOÃO PESSOA. Inventáriode Emissões de Gases de Efeito Estufa do Municípiode João Pessoa. [S.l.]. 2018.

SPERANZA, J. . R. V. . B. L. . & B. R. Monitoramento da implementação da política climática brasileira: implicações para a contribuição nacionalmente determinad. [S.l.]. 2017.

SVMA. 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. Prefeitura do Município de São Paulo. São Paulo. 2013.

THE CLIMATE GROUP, CDP. Global States and Regions Annual Disclosure Update 2018. [S.l.]. 2018.

TOLMASQUIM, M. T. The energy sector in Brazil: policy and Perspectives. Estudos Avançados, São Paulo, 2012. 247-260.

TORRES, R. R. . L. D. M. . M. J. A. Socio-climatic hotspots in Brazil. Climatic Change, 2012. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-012-0461-1>>.

TOWNSHEND, T. GLOBE climate legislation study. Globe Legislators Organization (GLOBE). London. 2011.

TREASURY, H. M. Stern review on the economics of climate change. London: HM Treasury, 2006.

TUFFANI, M. Ministério do Meio Ambiente perde órgãos de água, clima e combate a desmatamento. Direto da Ciência, 2019. Disponível em: <<http://www.diretodaciencia.com/2019/01/03/ministerio-do-meio-ambiente-perde-orgaos-de-agua-clima-e-combate-a-desmatamento/>>.

TUFFANI, M. Ministério do Meio Ambiente perde órgãos de água, clima e combate a desmatamento, 3 Janeiro 2019. Disponível em: <<http://www.diretodaciencia.com/2019/01/03/ministerio-do-meio-ambiente-perde-orgaos-de-agua-clima-e-combate-a-desmatamento/>>.

TÜV RHEINLAND. VALIDATION REPORT For the CDM Project Activity - Sento Sé Wind Power Project In Brazil. [S.l.]. 2014.

UN. United Nations Framework Convention on Climate Change. United Nations. [S.l.]. 1992.

UNEP. Climate commitments of subnational actors and business: A quantitative assessment of their emission reduction impact. United Nations Environment Programme. Nairobi. 2015. (978-92-807-3465-2).

UNEP DTU PARTNERSHIP. CDM Pipeline Analysis, 2019. Disponível em: <<http://cdmpipeline.org/>>. Acesso em: 30 Maio 2019.

UNFCCC. Revision of the “Guidelines for the preparation of national communications by Parties included in Annex I to the Convention, Part II: UNFCCC reporting guidelines on national communications. [S.l.]. 2015.

UNFCCC. Kyoto protocol reference manual on accounting of emissions and assigned amount. [S.l.]. 2009.

UNFCCC. 18ª Conferência das Partes. Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Doha. 2012.

UNFCCC. Doha amendment to the Kyoto Protocol. [S.l.]. 2012.

UNFCCC. Doha amendment to the Kyoto Protocol. [S.l.]: [s.n.]. 2012.

UNFCCC. Report of the Conference of the Parties on its nineteenth session, held in Warsaw from 11 to 23 November 2013. Warsaw. 2013.

UNFCCC. 21ª Conferência das Partes. Acordo de Paris à Convenção-Quadro das Nações Unidas. Convenção Quadro Das Nações Unidas Para Mudança Do Clima. Paris. 2015.

UNFCCC. Report on the 2018 Forum of the Standing Committee on Finance-Climate finance architecture: enhancing collaboration, seizing opportunities. United Nations Framework Convention on Climate Change. [S.l.]. 2018.

UNFCCC. CDM Registry Issuance Report as at 30 April 2019, 2019. Disponível em: <<https://cdm.unfccc.int/Registry/index.html>>. Acesso em: 30 Maio 2019.

UNFCCC. Kyoto Protocol. United Nations Framework Convention on Climate Change, 2019. Disponível em: <http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php>. Acesso em: 03 jan. 2018.

UNFCCC. Modalities and procedures for the effective operation of the committee to facilitate implementation and promote compliance. [S.l.]. 2019.

UNFCCC. National Reports from non-Annex I Parties. United Nations Climate Change, 29 Junho 2019. Disponível em: <<https://unfccc.int/national-reports-from-non-annex-i-parties>>.

UNFCCC. UNFCCC. Kyoto Protocol base year data (for the first commitment period of the Kyoto Protocol), 22 Junho 2019. Disponível em: <<https://unfccc.int/process/transparency-and-reporting/reporting-and-review-under-the-kyoto-protocol/first-commitment-period/kyoto-protocol-base-year-data-for-the-first-commitment-period-of-the-kyoto-protocol>>.

UN-HABITAT. Urbanization and development: emerging futures: world cities report. Nairobi. 2016.

USA. Federal Greenhouse Gas Accounting and Reporting Guidance. USA. [S.l.]. 2016.

VARGAS, B. R.; RODRIGUES, J. W. XXV Encontro Nacional do CONPEDI - Constituição e Democracia I. DIREITO E DESIGUALDADES: Diagnósticos e Perspectivas para um Brasil Justo. Florianópolis: CONPEDI. 2016.

WRI. Climate Data Explorer. Disponível em: <<http://cait.wri.org/>>.

WRI; WBCSD. GHG protocol corporate accounting and reporting standard. [S.l.]. 2004.

APÊNDICE A – QUADRO REGULATÓRIO SOBRE CLIMA NO BRASIL

Inicialmente dividido nos seguintes cinco planos: Plano de Ação para a Prevenção e Controle o Desmatamento na Amazônia Legal - PPCDAm; Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado - PPCerrado; Plano Decenal de Expansão de Energia - PDE; Plano para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura; e Plano de Redução de Emissões da Siderurgia. Sendo que posteriormente, foram incorporados mais quatro setores: Plano Indústria, Plano de Mineração de Baixa Emissão de Carbono (PMBC), Plano Setorial de Transporte e de Mobilidade Urbana para Mitigação da Mudança do Clima (PSTM), e Plano Setorial da Saúde para Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima.

Além dos desdobramentos da PNMC e das mudanças governamentais na liderança das negociações climáticas nacionais, outras regulações relevantes ao tema foram criadas, destacando-se a lei nº 12.114 promulgada em 9 de dezembro de 2009 que institui o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima¹⁰¹ (Fundo Clima) “vinculado ao Ministério do Meio Ambiente, com a finalidade de assegurar recursos para apoio a projetos ou estudos e financiamento de empreendimentos que visem à mitigação da mudança do clima e à adaptação à mudança do clima e aos seus efeitos” (BRASIL, 2009). A lei que institui o Fundo Clima também altera a redação da lei 9.478 (lei do petróleo) que hoje em sua redação atual indica no artigo 50-F que recursos do fundo especial deverão ser aplicados em medidas de mitigação e adaptação. Outro marco de grande importância na gestão climática federal é a portaria nº 150 do MMA, de 10 de maio de 2016, que institui o Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (PNA) que “visa orientar iniciativas para a gestão e diminuição do risco climático no longo prazo” (Brasil. MMA, 2016). Também deve ser considerado o quadro regulatório para conservação florestal: lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (novo código florestal); lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006 (proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica); lei nº 11.284, de 2 de março de 2006 (gestão de florestas públicas para a produção sustentável); lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000; os planos de ação para a prevenção e controle do

¹⁰¹ Em sua redação inicial a lei do Fundo Clima alterava os artigos 6º e 50º da lei 9.478 (lei do petróleo) direcionando parcelas específicas dos recursos obtidos por meio de participação especial para programas relacionados com gestão, conservação e recuperação ambiental com destaque em medidas de mitigação de emissões de GEE. Estes artigos foram posteriormente excluídos da Lei do Petróleo por meio do Lei nº 12.734, de 2012. A lei atualmente em vigor ainda indica em seu artigo 50-F que recursos do fundo especial deverão ser aplicados em medidas de mitigação e adaptação, porém sem vincular valores.

desmatamento nos biomas da Amazônia e do Cerrado (PPCDAm e PPCerrado) e Estratégia Nacional para REDD+ instituída pelo Decreto no 8.576, de 26 de novembro de 2015

O planejamento energético conta com as seguintes regulações pertinentes às mitigação climática: lei nº10.438 de 26 de abril de 2002 que cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa) e a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE); lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001 que trata da Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia (Lei de Eficiência Energética) e a respectiva regulamentação pelo Decreto Decreto nº 9.864, de 27 de junho de 2019¹⁰² e os programas associados: Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE (1984); Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) 1985; Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural – Conpet (1991); A Lei de Eficiência Energética e o CGIEE: Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (2001); Programa de Eficiência Energética (PEE) da ANEEL (2007); O Plano Nacional de Eficiência Energética – PNEF, Redução da Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão de Energia Elétrica (TUST) para empreendimentos de fontes renováveis e cogeração qualificada (Lei Federal No13.203/2015), Redução das alíquotas do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) favorecendo produtos com eficiência energética e geração solar.

No âmbito das políticas relacionadas com disposição, tratamento de resíduos sólidos e efluentes, destacamos: a lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS – e respectivo Decreto, nº7.404 de 23 de dezembro de 2010 que a regulamenta; a Política Nacional de Saneamento Básico - PNSB, Lei nº11.445, de 5 de janeiro de 2007 e Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010; resolução nº 481 do CONAMA, de 03 de outubro de 2017 que dispõem sobre compostagem, (GIZ, 2019). Também são relevantes a legislação que lei nº 10.303, de 31 de outubro de 2001 que dispõe sobre o mercado de valores mobiliários e cria a Comissão de Valores Mobiliários; Financiamento do Programa ABC, Programa Inova Sustentabilidade e Inova Energia da FINEP, Programa Bolsa Verde (PBV), a Iniciativa PMR do Banco Mundial para precificação de carbono ((PMR, 2014; SPERANZA, 2017; CETESB, 2018)

¹⁰² Substituiu o decreto 4.059, de 19 de dezembro de 2001

APÊNDICE B – PREMISSAS DE MODELAGEM

O presente apêndice apresenta as premissas adotadas para modelagem da demanda energética da região do CIOESTE. A modelagem da demanda energética possibilitará a projeção das emissões de GEE em um cenário Business as Usual (BAU) e avaliar cenários futuros com diferentes ofertas de fontes de energia do sistema integrado nacional (SIN). Como resultado será possível avaliar o impacto que metas de redução de GEE coerentes com a realidade dos municípios e com eventuais políticas setoriais.

1 Produto Interno Bruto

O Produto Interno Bruto “é o valor de mercado de todos os bens e serviços finais produzidos em um país em dado período” (Mankin, 2016, p. 468), sendo definido como a soma dos dispêndios de um país relativos ao Consumo, Investimentos, Compras do Governo e Exportações Líquidas. A Tabela 17 apresenta o valor do PIB dos oito municípios que compõem o CIOESTE e também os valores respectivos ao Estado de São Paulo e Brasil.

Tabela 17: PIB Nominal (mil reais).

Município	2010	2011	2012	2013	2014
Barueri	30.018.705	34.462.704	39.566.466	43.865.631	46.151.952
Carapicuíba	3.000.085	3.420.202	3.772.660	4.401.712	4.719.835
Cotia	6.796.203	7.971.332	8.639.952	9.534.416	10.118.348
Itapevi	5.220.158	5.916.312	7.088.169	7.852.450	8.867.669
Jandira	2.049.050	2.240.429	2.414.877	2.637.676	2.941.506
Osasco	43.499.785	47.614.554	50.059.468	54.335.845	58.566.199
Pirapora Do Bom Jesus	359.141	439.976	424.249	438.911	360.672
Santana Do Parnaíba	4.603.219	5.734.692	6.211.289	7.017.109	8.065.197
Total CIOESTE	95.546.346	107.800.201	118.177.129	130.083.749	139.791.379
Variação		12,83%	9,63%	10,08%	7,46%

Fonte: IBGE por meio da plataforma de dados SEADE (SEADE, 2017).

Foram empregados dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para população, PIB, valor adicionado ao PIB por cada setor econômico e os dados da Secretária de Energia e Mineração do Estado de São Paulo para consumo de eletricidade nos diferentes setores econômicos. Os dados do IBGE de cada município foram obtidos pela plataforma de dados da Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE) devido a maior flexibilidade e facilidade de processamento dos dados. Foram utilizados dados históricos do

período de 2010 até 2014 e para referência também incluímos os valores do estado de São Paulo e do Brasil. O valor adotado para elasticidade demanda energética e PIB foi um e meio. O crescimento econômico é a principal premissa e seguimos os valores utilizados pelo PDE 2024, que apresenta valores para 2015, 2019 e 2014 à preços correntes de 2010. As taxas de crescimento propostos são otimistas quando comparados com a realidade, principalmente por terem sido propostos antes da recessão econômica no país.

Os valores apresentados na Tabela 17 correspondem aos bens e serviços produzidos por cada um dos municípios à preços correntes, ou seja, de acordo com o valor nominal da moeda em cada um dos anos. Para avaliarmos a variação do PIB reflete um crescimento econômico na região, é necessário expurgarmos o efeito da inflação calculando o PIB Real.

Para tanto iremos adotar um ano de referência (“n”) e a partir dos valores fornecidos pelo Banco Mundial da taxa de inflação anual iremos determinar um deflator para cada ano a fim de trazê-los todos aos preços correntes do ano de referência. As equações que definem as grandezas mencionadas são apresentadas, a seguir:

$$\text{Deflator do PIB} = \frac{PIB_{Nominal}}{PIB_{Real}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{Taxa de Inflação}_{n+1} = \frac{\text{Deflator PIB}_{n+1} - \text{Deflator PIB}_n}{\text{Deflator PIB}_n} \times 100 \quad (2)$$

Temos disponíveis os valores da taxa de inflação em cada ano e queremos calcular o deflator para trazer o PIB Nominal à preços correntes de 2010. Para tanto, iremos isolar o Deflator do PIB nominal¹⁰³ da Equação 2 obtendo-se:

$$\text{Deflator PIB}_{n+1} = \frac{\text{Taxa de Inflação}_{n+1} \times \text{Deflator PIB}_n}{100} + \text{Deflator PIB}_n$$

E aplicar esta fórmula para cada ano conforme a Tabela 18

¹⁰³ Ao adotarmos 2010 como ano de referência, igualamos o Deflator do PIB nesse ano à 100. O Deflator PIB_{n+1} na Equação 2 corresponde ao deflator do PIB nominal dos demais anos (2011 a 2014).

Tabela 18: Cálculo dos deflatores do PIB a preços correntes de 2010.

	2010	2011	2012	2013	2014
Taxa de inflação (%)	8,42%	8,32%	7,94%	7,50%	7,85%
Deflator	100,00	108,32	116,92	125,70	135,56

Fonte: Banco Mundial (Banco Mundial, 2017).

Uma vez com os deflatores do PIB para preços correntes de 2010 podemos calcular o PIB real para cada município durante o período de 2011 a 2013 por meio da Equação 1, resultando na Tabela 19

Tabela 19 – PIB Real (mil reais).

Município	2010	2011	2012	2013	2014
Barueri	30.018.705	31.816.057	33.839.907	34.897.921	34.045.401
Carapicuíba	3.000.085	3.157.539	3.226.633	3.501.844	3.481.731
Cotia	6.796.203	7.359.154	7.389.469	7.585.239	7.464.109
Itapevi	5.220.158	5.461.954	6.062.279	6.247.127	6.541.508
Jandira	2.049.050	2.068.370	2.065.365	2.098.440	2.169.892
Osasco	43.499.785	43.957.879	42.814.229	43.227.647	43.203.150
Pirapora Do Bom Jesus	359.141	406.187	362.846	349.182	266.061
Santana Do Parnaíba	4.603.219	5.294.282	5.312.313	5.582.560	5.949.539
Total - CIOESTE	95.546.346	99.521.422	101.073.042	103.489.960	103.121.392
Variação CIOESTE	3,83%	4,16%	1,56%	2,39%	-0,36%

2 População

A caracterização da população destes municípios é apresentada na Tabela 20.

Tabela 20 – Caracterização da população do CIOESTE.

Município	2010	2011	2012	2013	2014
Barueri	240.459	242.926	245.417	247.935	250.477
Carapicuíba	369.368	372.099	374.850	377.622	380.414
Cotia	200.647	205.294	210.047	214.911	219.888
Itapevi	200.415	203.974	207.596	211.282	215.034
Jandira	108.195	109.721	111.269	112.839	114.431
Osasco	666.621	667.884	669.148	670.416	671.686
Pirapora Do Bom Jesus	15.702	15.997	16.298	16.605	16.918
Santana Do Parnaíba	108.474	111.424	114.455	117.568	120.765
Total	1.909.881	1.929.319	1.949.080	1.969.178	1.989.613

Fonte: IBGE por meio da plataforma de dados SEADE (SEADE, 2017).

Semelhantemente aos valores projetados para o PIB, o crescimento populacional e de domicílios só foi possível ser reproduzido calculando-se uma taxa de crescimento geométrico a partir dos valores fornecidos para os anos de 2015, 2019 e 2024, conforme mostrado na Tabela 21, a seguir.

Tabela 21 – Estimativa da população Brasileira a partir do cálculo da taxa geométrica (base 2015, 2019 e 2024).

Comportamento		Unidade	2014	2015	2019	2024
<i>Taxa de Crescimento Geométrico</i>	População	mil	203.434	205.266	212.759	217.762
	Crescimento anual	%	0,900%	0,900%	0,900%	0,466%

Fonte: Elaborado pelo autor com base no IBGE e plataforma de dados SEADE (SEADE, 2017).

O texto do PDE 2024 dá a entender que o cálculo do número de domicílios teria sido obtido a partir de uma hipótese sobre o número de habitantes por domicílio que seria 3,1 em 2015 reduzindo-se até 2,8 em 2024 (MME/EPE, 2015, página 24). No entanto ao tentarmos reproduzir este procedimento não foi possível obter resultados semelhantes por conta do truncamento realizado nos números possuir poucas casas decimais. Assim foi necessário calcular a taxa de crescimento de domicílios a partir dos valores fornecidos para em seguida obtermos o número de habitantes com o nível de precisão necessária, conforme mostrado pela Tabela 22.

Tabela 22 - Estimativa para a população Brasileira e de domicílios

Comportamento		Unidade	2014	2015	2019	2024
<i>Taxa de Crescimento Geométrico</i>	Número de domicílios	mil	64.719	66.201	72.478	77.192
	Crescimento anual	%	2,29%	2,29%	2,29%	1,27%
Número de habitantes por domicílio			3,1434	3,1006	2,9355	2,8210

3 Modelagem da demanda

A abordagem *top-down* foi feita a partir do cálculo (Equação 3, a seguir) do Fator de Intensidade (FI) para cada setor, a partir do histórico do consumo energético do setor dividido pelo respectivo Fator de Atividade (FA).

$$FI_{Setor} = \frac{\text{Consumo Energético}_{Setor}}{FA_{Setor}} \quad (\text{equação 3})$$

Os FA adotados para cada setor foram:

- Setor residencial: número de domicílios
- Setor de serviços: PIB Serviços
- Setor industrial: PIB Indústria
- Setor de transportes de passageiros: Número de veículos leves (calculado a partir do crescimento populacional e taxa de motorização)
- Setor de transportes de cargas: PIB total da região

3.1 SETOR RESIDENCIAL

O setor residencial toma como fator de atividade o número de consumidores residenciais e a intensidade elétrica média e intensidade energética para uso térmico (intensidade energética total subtraída da intensidade elétrica) de cada residência sem diferenciação de classe social. O primeiro é calculado a partir da projeção de crescimento da população e do número médio de habitantes por domicílio, enquanto que o segundo parâmetro foi calculado a partir dos valores de consumo elétrico indicado no estudo. O estudo indica dois cenários, sem conservação de energia (linha de base) e com conservação. Os valores obtidos com conservação derivam da análise paralela (bottom-up) realizada pelo estudo e apresentada de maneira consolidada no PDE 2024 (Página 378).

No setor residencial brasileiro, os insumos energéticos são eletricidade, gás de petróleo liquefeito (GPL), gás natural e em áreas rurais, lenha e carvão vegetal. Os último três combustíveis são mais usados para cocção e aquecimento de água (EPE, 2014). Em áreas urbanas, especialmente em São Paulo, o uso da lenha e carvão vegetal estão perdendo sua

participação na matriz energética desde a década de 1980 devido o aumento médio da renda da população e a ampla penetração do GLP (SEMSP, 2012). O consumo de lenha e carvão não são significativos em municípios do CIOESTE, portanto, estes não foram incluídos nesta análise.

Para determinar o consumo de electricidade, foi estimado a partir da intensidade elétrica multiplicado pelo número de domicílios, obtido pela divisão da população pelo número médio de pessoas por domicílio. A projeção dos domicílios é estimada pela multiplicação da taxa de crescimento populacional conforme o PDE e a nota técnica emitida pela EPE (EPE, 2012).

O GPL e o Gás Natural são utilizados no sector residencial para cocção e aquecimento de água. De acordo com o PDE espera-se que o gás natural desloque o uso de LPG, devido à expansão da rede de distribuição de gás natural.

3.2 COMERCIAL

A demanda de energia do setor comercial engloba os seguintes insumos energéticos: eletricidade, GLP, gás natural e diesel. Eletricidade corresponde a aproximadamente 93% do consumo total de energia final no sector comercial, enquanto que o uso de energia para aquecimento direto decorre, principalmente, pelo uso de fornos em atividades como padarias, lavanderias, restaurantes e hotéis. Diferentemente de outras regiões do Brasil, municípios do CIOESTE não tem madeira, carvão, e óleo combustível como entradas de energia para o setor comercial, portanto, estes não foram incluídos no modelo.

Para a demanda de energia do setor comercial, utilizou-se a correlação entre o consumo de energia e o valor adicionado pelo PIB do setor. O consumo de gás natural representa hoje aproximadamente 2% da demanda de energia do setor comercial e se espera um crescimento mais intenso nos próximos anos do que os demais insumos energéticos devido a expansão da rede de distribuição de gás natural, portanto a proporção de crescimento adotada não foi baseada no histórico.

3.3 SETOR PÚBLICO

Instalações de demanda de energia do setor de serviços públicos e os parâmetros são semelhantes para o comercial e também tomo o valor adicionado ao PIB pelo setor como fator de atividade. Não há consumo de gás natural no setor público. O uso de óleo de combustível ainda que ocorra em algumas regiões do Brasil, foi desconsiderado no modelo, visto não ter histórico de consumo deste combustível na região do CIOESTE.

3.4 INDUSTRIAL

O setor industrial na região CIOESTE faz uso dos seguintes insumos energéticos: electricidade, óleo Diesel, GPL, gás natural e óleo combustível. Os principais segmentos industriais na região CIOESTE são farmacêuticos, empresas de tecnologia da informação, indústria química, autopeças, impressão gráfica, plástico, produtores de alimentos e fornecedores de materiais elétricos. Os segmentos acima mencionados são responsáveis por mais de 70% do valor adicionado pela indústria na região.

Semelhantes para o comercial e para os setores público, a projeção da demanda de energia da indústria foi estimada a partir do valor adicionado ao PIB pelo setor. Visto a intensidade energética do setor industrial na região do CIOESTE ser menor que a média brasileira, foi feita uma revisão dos valores, quando comparados ao do CIOESTE por meio de um método iterativo.

3.5 TRANSPORTES

No PDE, as projeções de energia do setor de transporte são estimadas por segmento (transporte de mercadorias e passageiros) e pelo modal (estrada, ferrovia, hidrovía e aéreo). Essa estrutura não é reproduzível com os dados publicamente disponíveis pela EPE mesmo considerando as notas técnicas e estudos de referência complementares. Por isso foi necessário realizar simplificações e adotar suposições adicionais.

Na primeira versão do nosso modelo energético, o setor de transporte aéreo é bastante simplificado não considerando as diferentes tecnologias, e considera-se que todos os combustíveis são consumidos proporcionalmente ao crescimento econômico da região. Não foi feita a diferenciação tecnológica que diferencia o uso do querosene de aviação em aeronaves com turbinas a gás, do uso de gasolina de aviação utilizada por helicópteros e aviões turbo-hélice. Tampouco foi feita a parametrização mais usual, que considera o número de aeroportos e taxa de operação média (voos por hora), ou o fator de atividades: toneladas-quilômetros transportadas, e passageiro-quilômetros (SIMÕES, 2003). De forma semelhante, estimou-se o transporte fluvial, variando apenas o insumo energético (óleo combustível).

Toda a demanda por óleo diesel no setor de transporte foi alocada para o segmento de transporte rodoviário de cargas, por veículos pesados, também tendo como um fator de atividade o PIB. Esta simplificação é razoável para o Brasil, visto o histórico de planejamento energético diferenciar o uso de combustíveis líquidos como estratégia de subsídio para escoamento de mercadorias.

Uma excessão seria os SUVs e pick-ups que são utilizado no transporte individual de passageiros. Porém consideramos que a simplificação não gera grandes distorções visto representarem menos que 4,5% da demanda energética do segmento de transporte de passageiros.

Consequentemente, o modelo considera que todo óleo diesel consumido no setor de transportes tem como uso final: caminhões, ônibus e trens e pode ser previsto com base em actividades económicas. Por outro lado, todo etanol, gasolina e gás natural veicular são consumidos pelo segmento de transporte individual de passageiros por veículos leves.

O fator de atividade para transporte individual é o tamanho da frota de veículos, estimada a partir da população e do número médio de veículos por pessoas (taxa de motorização), ambos dados disponíveis no SEADE.

4 Aderência de modelo

Como dito anteriormente, consideramos 2010 como um ano de base para avaliar a aderência do modelo desenvolvido para a região CIOESTE. Em seguida, comparamos a demanda de energia de 2010 a 2014 gerada a partir do nosso modelo com a demanda de energia calculada a partir de dados históricos. A Tabela 23 mostra os resultados.

Tabela 23 - Variação entre o modelo e dados históricos.

	Setor	2010	2011	2012	2013	2014
Modelo	Residencial	244	250	258	267	275
	Comercial	149	157	166	175	185
	Público	84	89	94	100	107
	Industrial	165	160	156	151	147
	Transportes	692	716	741	768	797
	Total	1.333	1.372	1.415	1.462	1.511
Dados históricos	Residencial	235	240	247	257	254
	Comercial	129.	138	146	153	164
	Público	93	93	95	90	94
	Industrial	178	185	178	181	180
	Transportes	689	738	753	748	744
	Total	1.325	1.394	1.419	1.429	1.437
Variação %	Residencial	-3,6%	-4,1%	-4,4%	-3,8%	-8,4%
	Comercial	-	-13,9%	-13,4%	-14,9%	-12,8%
		14,9%				
	Público	10,0%	4,5%	0,2%	-10,9%	-13,2%
	Industrial	7,5%	13,5%	12,4%	16,5%	18,5%
	Transportes	-0,4%	3,0%	1,6%	-2,7%	-7,1%
	Total	-0,6%	1,6%	0,3%	-2,3%	-5,1%

Há uma variação significativa, acima de 10%, nos setores que tiveram como fator de atividade o PIB e valor adicionado. O modelo de demanda de energia para o setor industrial apresenta uma variação mais intensa, enquanto que o setor residencial e de transporte parecem mais estável. Ao comparar a demanda de energia total, observa-se uma variação menor, com valor máximo de aproximadamente 5%.

5 Fatores de emissão de GEE

Foram adotados os mesmos fatores de emissão e conversão da terceira comunicação nacional, a qual toma como referência: o Balanço Energético Nacional (EPE, 2018), dados do Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicação (MCTIC) e determinadas publicações do IPCC., no caso: “*2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*” e “*The 2019 Refinement to the 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*”.