



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE ARTES DE COMUNICAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO URBANO

ISABEL CRISTINA PEREIRA DE OLIVEIRA

**SISTEMA DE INDICADORES PARA IDENTIFICAÇÃO DAS PRINCIPAIS FONTES
DE EMISSÃO DOS GASES DO EFEITO ESTUFA NAS CIDADES:
uma proposta teórico-metodológica
(Tese de Doutorado)**

Recife

2013

ISABEL CRISTINA PEREIRA DE OLIVEIRA

**SISTEMA DE INDICADORES PARA IDENTIFICAÇÃO DAS PRINCIPAIS FONTES
DE EMISSÃO DOS GASES DO EFEITO ESTUFA NAS CIDADES:
uma proposta teórico-metodológica**

(Tese de Doutorado)

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano da Universidade Federal de Pernambuco, como um dos requisitos para a obtenção do título de Doutora em Desenvolvimento Urbano.

Orientador: Prof. Dr. Silvio Mendes Zancheti

Recife

2013

Catálogo na fonte
Andréa Marinho, CRB4-1667

O48s Oliveira, Isabel Cristina Pereira de
Sistema de indicadores para identificação das principais fontes de emissão dos gases do efeito estufa nas cidades: uma proposta teórico-metodológica / Isabel Cristina Pereira de Oliveira. - Recife: O Autor, 2013. 238 p.: il.: fig. e quadros; 30 cm.

Orientador: Silvio Mendes Zancheti.
Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco, CAC. Desenvolvimento Urbano, 2013.
Inclui bibliografia e apêndice.

1. Desenvolvimento Urbano. 2. Cidades. 3. Aquecimento Global. 4. Mudanças Climáticas. 5. Indicadores. I. Zancheti, Silvio Mendes (Orientador). II. Título.

711.4 CDD (22.ed.)

UFPE (CAC 2013-103)

ISABEL CRISTINA PEREIRA DE OLIVEIRA

**SISTEMA DE INDICADORES PARA IDENTIFICAÇÃO DAS PRINCIPAIS FONTES
DE EMISSÃO DOS GASES DO EFEITO ESTUFA NAS CIDADES:
uma proposta teórico-metodológica**

(Tese de Doutorado)

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano da Universidade Federal de Pernambuco, como um dos requisitos para a obtenção do título de Doutora em Desenvolvimento Urbano.

Aprovada em: 01/03/2013

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Silvio M. Zancheti (Orientador)
Prof^a. Dr^a. Virgínia Pontual (Representante)

Prof^a. Dr^a. Fátima Furtado (Examinadora Interna – MDU / UFPE)

Prof. Dr. Ruskin Freitas (Examinador Interno – MDU / UFPE)

Prof^a. Dr^a. Maria do Carmo Sobral (Examinadora Externa – UFPE)

Prof. Dr. Ronaldo Campos (Examinador Externo – UFT)

DEDICATÓRIA

Aos meus pais *Ailton* e *Ivanise* por seu amor e apoio em todos os momentos da minha vida.

Aos meus irmãos *Sandra*, *Jailton*, *Betânia* e *Valéria* por sempre estarem perto a me socorrer.

Ao meu companheiro e amado por todo sempre, *Tarcísio Augusto*, por ser uma luz a me guiar.

Aos meus filhos amados *Dandara Nirvana*, *Enzo Petrus* e *Luna Valentina*, sem vocês minha vida não teria sentido.

Amo a todos incondicionalmente!

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado força e coragem para chegar até aqui.

Ao meu orientador Silvio Mendes Zancheti por acreditar no trabalho proposto, por ser uma fonte de conhecimento ímpar sobre trabalho científico, pelas cobranças, e por me levar a fazer o meu melhor. Aprendi muito com você, obrigada!

Ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano (MDU) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) pelo conhecimento adquirido de forma multidisciplinar.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por ter financiado essa pesquisa e a minha vida durante o programa.

Ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) por ter fornecido as informações para o desenvolvimento dessa pesquisa.

A todos os professores que deram um pouco de si durante as disciplinas, em especial, Ronaldo Campos, Fátima Furtado, Ruskin Freitas e Norma Lacerda. Obrigada pelas partilhas e apoio em todos os momentos em que os solicitei!

A todos que nos dão ou deram apoio na Secretaria do MDU: Rebeca, Catarina, José e Jonas.

Aos professores que estiveram comigo nos processos de qualificação desse trabalho: Ruskin Freitas, Maria do Carmo Sobral, Fátima Furtado e Virgínia Pontual, as contribuições de vocês foram fundamentais para a conclusão dessa pesquisa.

Aos amigos do mestrado e doutorado no primeiro ano do curso. Guardo de todos e todas boas lembranças dos momentos vividos juntos!

Aos amigos do doutorado que se fizeram presentes em tanto momentos difíceis, por partilharem seus conhecimentos e dificuldades, aprendi muito com vocês! Obrigada por todo carinho, amizade e apoio, pois mesmo estando trabalhando sozinha, saber que vocês estavam presentes de alguma forma me ajudou a superar todos os obstáculos enfrentados. Obrigada de coração a vocês: Lourival Costa, Paula Maciel, Kainara Anjos e Cristiana Griz.

As amigas encontradas nas reuniões comunitárias de orientação com Silvio: Lúcia Hidaka, Elena Florissi e Onilda Bezerra, obrigada por tudo que fizeram por mim nesses anos, que eu possa retribuir com muito carinho tudo que eu recebi de vocês!

Aos amigos da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) que assumiram esta tese junto comigo me dando todo apoio necessário para a conclusão desse trabalho: Lídia Ramires,

Andréa Brandão, Márcia Magalhães e Anderson Moreira, vocês já são amigos-irmãos, obrigada por tudo!

A toda comunidade acadêmica do Campus Sertão da UFAL, professores, alunos e em especial a Direção Geral (Ricardo Silva) e a Direção Acadêmica (Ediméa Nunes e Gabriel Badué) pela compreensão e apoio nas minhas ausências por conta da tese.

Ao professor da UFAL Anderson Moreira por me ajudar com as demandas estatísticas exigidas nesse trabalho. Sem sua ajuda, o nível de sofrimento seria muito maior do que foi. Obrigada por tudo que você fez por mim!

Aos amigos do Mania de se Encontrar, pelos momentos maravilhosos de conversas, risadas e descontração, fazendo desses momentos de construção desse trabalho serem mais leves, em especial Ana Lúcia sobre as conversas que nortearam nossas teses.

A minha amiga de longa data, Patrícia Cabral, bom demais ter alguém que a gente possa partilhar tudo na vida! Obrigada irmã!

Aos meus compadres, Edneusa e Toinho, por todo carinho, amizade, apoio e principalmente disposição para imprimir tantas cópias fossem necessárias desse trabalho. Obrigada de coração por todo apoio!

A todos os meus familiares, amigos, colegas e alunos que estiveram comigo, direta ou indiretamente, ao longo dessa jornada. Cada um, à sua maneira, se fez presente em minha vida e contribuiu para que eu chegasse até aqui.

As pessoas que foram e são mães de Dandara e Enzo durante todas as minhas ausências, sem essas pessoas eu não conseguiria fazer nada do que me propus a fazer, nem estudar e muito menos trabalhar em outro Estado. Nada do que eu diga ou faça será capaz de pagar todo agradecimento que tenho por vocês: a minha sogra Adilene, minha irmã Betânia e minha prima Monaliza. Que Deus as abençoe imensamente! Obrigada por tudo!

Ao meu marido Tarcísio Augusto, por tudo que fizeste por mim, por seu amor, por sua força, por sua presença e por sempre acreditar em mim em todas as coisas que a gente fez juntos até hoje. Amo demais!

E finalmente, aos meus filhos, Dandara e Enzo. Primeiro quero pedir perdão por todas as minhas ausências, por não estar perto de vocês nos momentos difíceis e de carência. Por inúmeras vezes não poder brincar ou sentar para assistir um filme com vocês, e espero agora poder compensá-los de alguma forma. Por isso, quero agradecer porque mesmo ausente, o amor incondicional que vocês têm por mim é quase palpável. Agradeço a Deus todos os dias pela vida de vocês na minha vida. E saibam que eu os amo incondicionalmente também!

*O século XIX foi o século dos impérios.
O século XX foi o século dos Estados-Nação.
O século XXI será o século das cidades.*

Bredd.

Sistema de indicadores para identificação das principais fontes de emissão dos gases do efeito estufa nas cidades: uma proposta teórico-metodológica

RESUMO

O presente trabalho tem como tema a discussão sobre cidades e mudanças climáticas. Constatou-se, a partir da literatura, que as cidades se apresentam como espaços significativos que propiciam e/ou potencializam as emissões dos gases do efeito estufa, contribuindo para a tese de que o aquecimento global também é originado a partir de fatores antrópicos. Para a identificação e mensuração de tais gases, as metodologias existentes (inventários nacionais e locais) se apresentam como entraves para operacionalização em larga escala, especialmente inventários no nível local, haja vista a exigência técnica, operacional e financeira necessária para o seu uso de modo geral. Em contrapartida, a utilização de indicadores para identificar, de forma indireta, as contribuições das cidades em emissões de gases podem vir a suprir tais necessidades de identificação das principais fontes de emissão de gases no nível local. O objetivo geral desse trabalho é propor um modelo teórico e metodológico de sistema de indicadores urbanos que possam identificar de forma indireta (a partir de dados secundários) as principais fontes de emissão dos gases do efeito estufa das cidades. Para isso, discutiu as relações entre os condicionantes urbanos (pressão) e a variação da temperatura local (estado), apresentando o potencial que tais condicionantes urbanos têm em emitir gases do efeito estufa, assim como de contribuírem para a elevação da temperatura local. A metodologia usada é a matriz analítica PER (Pressão – Estado – Resposta) com a proposição de indicadores de pressão. A relevância desse trabalho está no fato de que as cidades têm se apresentado como espaços significativos na efetivação de políticas públicas de mitigação e adaptação frente aos impactos causados pelas mudanças climáticas se comparadas com as indefinições políticas relacionadas ao tema na esfera global. Por isso, aprimorar metodologias que ajudem os gestores locais na tomada de decisão quanto às medidas de mitigação e adaptação, torna a pesquisa relevante. Como principal resultado, apresenta uma proposta teórico-metodológica de sistema de indicadores para identificação das principais fontes de emissão dos gases do efeito estufa nas cidades.

Palavras-chaves: Cidades; Teoria do aquecimento global; Mudanças climáticas; Indicadores.

Indicator System for identifying the major sources of greenhouse gases emission in cities: a theoretical and methodological proposal

ABSTRACT

The present work has as theme the discussion about climate change and cities. It was found from the literature that cities present themselves as significant spaces that promote and / or enhance the of greenhouse gases emission, contributing to the theory that global warming is also originated from anthropogenic factors. For the identification and measurement of such gases, existing methodologies (national and local inventories) are presented as barriers to large-scale operation, especially at the local level inventories, given the technical, operational and financial requirement necessary for their use in a general way. By contrast, the use of indicators to identify, indirectly, the contributions of cities to greenhouse gas emissions can come to meet such needs of identifying the major sources of greenhouse gas emissions at the local level. Thus, the general objective of this work is to propose a framework of urban indicators that can identify and assess the main sources of greenhouse gases emissions in the sphere of cities (starting from secondary data). For this, it was discussed the relation between urban elements (pressure) and local temperature elevation (state), showing the potential that such urban conditions have in emit greenhouse gases, as well as contributing to the rise of local temperature. The methodology used is the matrix analytic PER (Pressure – State – Response) with the proposition pressure indicators. The relevance of this work lies in the fact that cities have been presented as significant spaces in the effectiveness of public policies for mitigation and adaptation in the face of climate change impacts compared to the politics uncertainties related to the theme at the global level. In this sense, enhance methodologies to help local managers in decision making regarding mitigation and adaptation, it makes the research becomes relevant. As main result, proposes a theoretical-methodological system of indicators to identify the main sources of emissions of greenhouse gases in the cities.

Keywords: Cities; Theory of Global Warming; Climate Change; Indicators System.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Construção de um sistema de indicadores sociais	37
Figura 2	Cidades: matriz Pressão - Estado – Resposta	40
Figura 3	Caminhos teóricos e metodológicos da pesquisa	44
Figura 4	Ciclo do carbono	70
Figura 5	Emissões mundiais de gases do efeito estufa de origem antropogênica	74
Figura 6	Registro da temperatura ao longo de 140 anos	77
Figura 7	Indicadores da influência humana sobre a atmosfera na era industrial	78
Figura 8	Imagens de satélite do Polo Norte em 1979 e 2005	82
Figura 9	Estrutura de governança integrada das mudanças climáticas	92
Figura 10	Aspectos relacionados à transformação da paisagem urbana	112
Figura 11	Organograma do IPCC	134
Figura 12	Número de cidades participantes da CCP	137
Figura 13	Árvore de decisão para escolha do nível de precisão para estimativas de inventários	144
Figura 14	Árvore de decisão para escolha e identificação de categorias-chave	146
Figura 15	Metodologia da campanha cidades pela proteção do clima	151
Figura 16	Página de internet do <i>software</i> HEAT	155
Figura 17	Utilização da energia solar em Betim	157
Figura 18	Aterro Bandeirantes em São Paulo	161
Figura 19	Modelo teórico que culminou na proposição do sistema de indicadores	172
Figura 20	Proposição do sistema de indicadores	179

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Emissões globais de gases do efeito estufa	73
Tabela 2	Concentração de gases nos últimos 50 anos em Mauna Loa	77
Tabela 3	Cálculo das medições diretas de emissão de gases	142
Tabela 4	Emissões no ano-base de Betim	156
Tabela 5	Emissões no ano-base do Rio de Janeiro	158
Tabela 6	Emissões no ano-base de Volta Redonda	159
Tabela 7	Emissões no ano-base de São Paulo	160
Tabela 8	Emissões no ano-base de Goiânia	162
Tabela 9	Emissões no ano-base de Palmas	163
Tabela 10	Emissões no ano-base de Porto Alegre	164

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Síntese do contexto e caracterização do problema da pesquisa	25
Quadro 2	Matriz de relação entre os gases do efeito estufa e os condicionantes urbanos	46
Quadro 3	Conferência das Partes – de 1995 a 2011	88
Quadro 4	Relação entre os gases de efeito estufa e os condicionantes urbanos	101
Quadro 5	Critérios de pesquisa de fatores de emissão do EFDB	147
Quadro 6	Setores inventariados pela metodologia do ICLEI comparados aos setores inventariados pelo IPCC	153
Quadro 7	Quadro comparativo entre as cidades inventariadas no Brasil	166
Quadro 8	Matriz analítica dos condicionantes urbanos, os gases do efeito estufa e os indicadores propostos	175
Quadro 9	Sistema de indicadores das principais fontes de emissão de gases do efeito estufa nas cidades	180
Quadro 10	Relação das variáveis explicativas para alguns indicadores e os principais problemas encontrados	189
Quadro 11	Alternativas para superação dos problemas relacionados à disponibilidade dos dados	192

LISTA DE SIGLAS

AIA	Avaliação de Impacto Ambiental
AIDS	Síndrome de Imunodeficiência Adquirida
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP	Agência Nacional de Petróleo
BEN	Balanco Energético Nacional
CCP	Cidades pela Proteção do Clima
CDP	Carbon Disclosure Project
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
CIDA	Agência Canadense de Desenvolvimento Internacional
CNUMAD	Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e para o Desenvolvimento
COMPESA	Companhia Pernambucana de Saneamento
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
COPs	Conferência das Partes
COPPE	Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia
CRER	Centro de Referência em Energia Renovável
DA	Dados da Atividade
DENATRAN	Departamento Nacional de Trânsito
EFDB	Emission Factor Database
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPA	Environmental Protection Agency
EPI	Environmental Performance Index
EUA	Estados Unidos da América
FASE	Federação dos Órgãos para Assistência Social e Educacional
FBMC	Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas
FE	Fatores de Emissão
PNMC	Plano Nacional de Mudanças Climáticas
GEE	Gases do Efeito Estufa
GNV	Gás Natural Veicular
GRS	Grupo de Resíduos Sólidos

HEAT	Harmonized Emissions Analysis Tool
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICLEI	Conselho Internacional pelas Iniciativas Ambientais Locais
IDS	Índice de Desenvolvimento Sustentável
IMT	Instituto Mauá de Tecnologia
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IPEADATA	Banco de Dados do Instituto de pesquisa Econômica Aplicada
LED	Light Emission Diode
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
OECD	Organization for Economic Co-operation and Development
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONG	Organização não-Governamental
ONU	Organização das Nações Unidas
PEA	População Economicamente Ativa
PER	Pressão – Estado – Resposta
PIB	Produto Interno Bruto
PNSB	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
PNUMA/UNEP	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PPM	Partes por milhão
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
SCU	Sistema Clima Urbano
SNIC	Sindicato Nacional das Indústrias do Cimento
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UNFCCC	Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas
UNFPA	United Nations Population Fund
UN-HABITAT	Programa das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos
WMO	Organização Meteorológica Mundial

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	19
1 INDICADORES SOCIAIS E AMBIENTAIS.....	32
1.1 ORIGEM, SIGNIFICADO E FUNÇÃO DOS INDICADORES.....	32
1.2 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL.....	34
1.3 METODOLOGIA DA PESQUISA	42
1.3.1 Abordagem teórico-conceitual	43
1.3.2 Abordagem teórico-metodológica.....	44
2 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, AQUECIMENTO GLOBAL E MUDANÇAS CLIMÁTICAS.....	50
2.1 TEORIA DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	50
2.1.1 Desenvolvimento Urbano Sustentável	56
2.1.2 Governança Ambiental Global e Local.....	63
2.2 TEORIA DO AQUECIMENTO GLOBAL.....	68
2.2.1 Ciclo do Carbono	69
2.2.2 Efeito Estufa.....	73
2.2.3 Indicadores de Elevação de Temperatura no Planeta.....	81
2.3 A POLÍTICA DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS.....	87
2.3.1 O Brasil e as Mudanças Climáticas.....	94
3 CIDADES, CLIMA E VARIAÇÃO DA TEMPERATURA.....	99
3.1 RELAÇÃO ENTRE CIDADES E GASES DO EFEITO ESTUFA	99
3.2 O CLIMA URBANO	105
3.3 INFLUÊNCIAS DAS CIDADES PARA A ELEVAÇÃO DA TEMPERATURA	112
3.3.1 Fatores que influenciam a existência de ilhas de calor	115
3.3.2 Impactos do aquecimento nas cidades.....	119
3.4 O PAPEL DAS CIDADES NO COMBATE AO AQUECIMENTO	126
4 MENSURAÇÃO DOS GASES DO EFEITO ESTUFA.....	134

4.1 INVENTÁRIOS DE EMISSÃO DE GASES DO EFEITO ESTUFA.....	134
4.1.1 Metodologia adotada pelo IPCC	139
4.1.2 Metodologia adotada pelo ICLEI	150
4.2 RESUMO DOS INVENTÁRIOS DE CIDADES BRASILEIRAS	156
5 COMPOSIÇÃO DO SISTEMA DE INDICADORES	171
5.1 MATRIZ ANALÍTICA DOS CONDICIONANTES URBANOS QUE FAVORECEM A ELEVAÇÃO DA TEMPERATURA	171
5.2 SISTEMA DE INDICADORES PARA IDENTIFICAÇÃO DAS PRINCIPAIS FONTES DE EMISSÃO DE GASES DO EFEITO ESTUFA NAS CIDADES.....	178
5.2.1 Escopo dos Indicadores: relevância, validade e confiabilidade	185
5.2.2 Avaliação do sistema de indicadores: dificuldades e potencialidades	189
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	200
REFERÊNCIAS	207
APÊNDICE	218

Introdução



Todo aquele que se dedica ao estudo da ciência chega a convencer-se de que nas leis do Universo se manifesta um Espírito sumamente superior ao do homem, e perante o qual nós, com os nossos poderes limitados, devemos humilhar-nos.

Albert Einstein.

INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem como tema a discussão sobre a relação entre cidades e mudanças climáticas. Discute as principais metodologias para a mensuração dos gases do efeito estufa existentes como medidas a serem utilizadas para propostas de mitigação e adaptação em relação aos impactos causados pelas mudanças climáticas, especialmente nos espaços urbanos.

No Brasil, ainda são incipientes estudos voltados para a relação entre as cidades e os efeitos do aquecimento global, a exemplo das mudanças climáticas, e um fator que contribui para isso é a ausência de informações que compreendam a cidade como um todo e não apenas algumas partes, como é o caso do setor energético e do setor de transportes. Levando-se em consideração que “a mudança climática produz impactos em todos os lugares, embora haja o trabalho atual de identificar a forma como ela se manifestará em cada lugar e região” (MARANDOLA Jr., 2009, p. 35), a proposta dos indicadores aqui apresentada ganha relevância, pois poderá cooperar para a identificação dos condicionantes urbanos¹ que contribuem para as emissões de gases do efeito estufa e, conseqüentemente, para a elevação da temperatura nas cidades.

Nesse sentido, a investigação sobre o tema é de fundamental importância, pois estimula o diálogo entre os planejadores urbanos e os gestores ambientais. Esse diálogo pode gerar uma nova perspectiva no que se refere às soluções para redução dos gases do efeito estufa na esfera local, adaptação no que se refere às mudanças climáticas e aos desafios e ações necessárias para combater o aquecimento global.

O ponto de partida para essa investigação foi a dificuldade encontrada na utilização dos métodos de mensuração existentes no nível local já que as cidades vêm apresentado mais ações e propostas de implementação para a redução dos gases do efeito estufa em seus respectivos espaços geográficos se comparadas com ações de adaptação e mitigação aos impactos no nível global. Tais dificuldades denotam a necessidade de proposição de

¹ Condicionantes urbanos: nesse trabalho, a partir de seu referencial teórico, algumas características que permeiam a cidade se apresentaram como condicionantes em emissões de gases do efeito estufa, atuando como pressão ambiental que favorecem à elevação da temperatura, a saber: nível de consumo de combustíveis fósseis, nível de consumo energético, tipo predominante do sistema de transporte, nível de impermeabilização do solo, nível de produção de resíduos, nível de concentração populacional, dentre outros.

metodologias alternativas e/ou mais simples para identificação das fontes e mensuração dos gases no nível local.

A temática da mudança climática já vem sendo discutida, em nível governamental, ao longo dos últimos 20 anos e tem como base o documento da Convenção sobre Mudança do Clima aberto para assinatura em 1992 na Convenção Mundial sobre Desenvolvimento e Meio Ambiente² e, os dados apresentados nos relatórios do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), mais especificamente, o relatório publicado em 2007, quando afirma que as contribuições antrópicas estão interferindo no balanço do sistema energético do planeta levando às mudanças climáticas globais para níveis perigosos no que se refere à sustentação da vida no planeta, ou seja,

O maior aumento observado nas temperaturas médias mundiais desde meados do século XX se deve muito provavelmente ao aumento observado nas concentrações dos gases do efeito estufa de origem antropogênica. [...]. As influências humanas apresentadas agora se estendem a outros aspectos climáticos como o aquecimento dos oceanos, das temperaturas médias continentais, temperaturas extremas e mudanças no vento (IPCC, 2007, p. 10, tradução livre).³

Em relação à elevação do nível médio global da temperatura, o principal objetivo da Convenção do Clima é “alcançar [...] a estabilização das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera num nível que impeça uma interferência antrópica perigosa no sistema climático” (Art. 3.1). A partir desse objetivo, surgiu a necessidade de se mensurar as emissões globais e compará-las com o ano base (1990), identificando, dessa forma, redução ou expansão dos gases do efeito estufa nos Estados-Parte da Convenção.

Uma questão preponderante na discussão sobre aquecimento global é a sua mensuração, ou seja, como quantificar as emissões globais e como torná-las comparáveis entre si? Essa discussão é importante porque todos os países contribuem de formas diferentes, seja em intensidade, seja em quantidade, seja pelo tipo de gases emitidos. Países mais

² Na Convenção, 175 países assinaram a Convenção do Clima com o propósito de chegar a um acordo internacional sobre os limites de emissões aceitáveis para evitar os impactos irreversíveis causados por mudanças climáticas e estabelecer critérios de emissões e estratégias de mitigação e adaptação, principalmente para os países desenvolvidos (Convenção do Clima, 1992). Disponível em: http://www.mct.gov.br/upd_blob/0005/5390.pdf Acesso em: 11 de jun. 2012.

³ La mayor del aumento observado en las temperaturas medias mundiales desde a mediados del siglo XX se debe *mul probablemente* al aumento observado de las concentraciones de gas de efecto invernadero de origen antropogénico. [...]. Las influencias humanas apreciables ahora se extienden a otros aspectos climáticos como el calentamiento de los oceanos, las temperaturas medias continentales, temperaturas extremas y pautas del viento (IPCC, 2007, p. 10).

industrializados contribuem de maneira diferenciada se comparados com países cuja produção é mais voltada para o setor agrícola. O mesmo problema se aplica às cidades.

Para atenuar tal discussão sobre intensidade e quantidade de emissões, os países mais pobres ou em processo de desenvolvimento não são obrigados a terem limitações no seu processo produtivo e nem são obrigados a limitar suas emissões, salvo por decisões próprias (Protocolo de Kyoto. BRASIL, 1998). Para isso, uma vez que existem metas de redução das emissões dos gases, o Protocolo de Kyoto estimula o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis. O Brasil, por exemplo, mesmo sem a obrigação de redução, apresenta metas de redução de tais emissões entre 36,15 a 38,9% até 2020 em relação ao que emitia em 1990 (UNEP, 2009).

A relevância dessa questão deve-se ao fato de que até o momento os países não chegaram a um acordo internacional que definam as diretrizes em relação ao atual modo de produção e, principalmente, às limitações das emissões nacionais. Com o atual processo de discussão em estado de morosidade, as cidades passaram a ter iniciativas locais abrindo a pauta de discussões sobre a quem compete tornar factíveis as diretrizes para o enfrentamento das consequências trazidas pelas mudanças climáticas, haja vista que serão nas cidades que os impactos serão mais percebidos.

Ao pensar em mudanças climáticas globais, entende-se que é preciso entender, primeiramente, como tais mudanças poderão afetar as populações concentradas nas cidades, haja vista que nesses espaços os impactos se tornam mais relevantes, não só pela concentração populacional, mas também porque os condicionantes urbanos levam à formação de ilhas de calor e que, por conseguinte, trazem consequências negativas originadas por eventos atmosféricos extremos.

Paralelamente à discussão sobre “responsabilidade comum, porém diferenciada” (Convenção do Clima. BRASIL, 1992), sobre níveis e limitações de emissões no nível nacional, observou-se que os eventos atmosféricos extremos tornaram-se mais evidentes em quantidade e intensidade, trazendo prejuízos econômicos, mas principalmente prejuízos sociais e perdas humanas, uma vez que os primeiros a sofrerem com tais impactos são as populações mais pobres, residentes em regiões periféricas e/ou em áreas de risco localizadas em cidades.

Dessa maneira, a discussão que vem à tona a partir das observações desses impactos no âmbito local é se, as cidades em função de suas especificidades, contribuem para as emissões de gases do efeito estufa e, conseqüentemente, para as mudanças climáticas globais.

Na teoria do aquecimento global, apenas recentemente, foi colocado em xeque o papel das cidades dentro desse contexto. O papel das cidades ganhou proporções relevantes e vem se definindo como mais atuante e com mais apresentação de respostas às questões postas do que a discussão na esfera global. Tal discussão tem levado a definir o século XXI como o século das cidades. E é nesse aspecto que se debruça o objeto de estudo desse trabalho, ou seja, entender como as cidades contribuem para as emissões de gases do efeito estufa. Além disso, discute as metodologias de mensuração existentes, identificando principalmente suas dificuldades para implementação na escala local.

Da mesma forma em que a discussão sobre as contribuições das cidades para a teoria do aquecimento global vem se ampliando, a busca por soluções alternativas não só para identificação e mensuração dos gases, mas também nas soluções para tornar as cidades mais sustentáveis vêm se destacando. E nesse aspecto, os exemplos vêm de todos os cantos do planeta. Nesse caso, as ações de mitigação e adaptação advindas da campanha “Cidades pela proteção do clima”⁴ são salutares.

As cidades que participam da campanha “Cidades pela Proteção do Clima” (ICLEI) se utilizam de um instrumento de monitoramento baseado no modelo de inventário utilizado pelo IPCC direcionado especificamente para a mensuração de gases nas cidades. Tal metodologia é capaz de apontar as principais fontes de emissão e, além disso, propõe medidas mitigadoras e adaptativas. No entanto, sua implementação implica em altos custos operacionais e é de difícil operacionalização.

Existe um esforço global em inventariar as emissões de gases do efeito estufa através do estudo e análise de variáveis oriundas de vários centros de pesquisas espalhados em todo o mundo. Entretanto, essas experiências globais usam dados de abrangência nacional/regional. Os inventários nacionais operacionalizados pelo IPCC, por exemplo, são os métodos mais aceitos pela comunidade científica por serem capazes de tornar os resultados encontrados comparáveis entre os países.

⁴ Campanha organizada pelo ICLEI (Conselho Internacional pelas Iniciativas Ambientais Locais) para combater as mudanças climáticas nas cidades.

E, por apresentarem dados de emissão no âmbito nacional, apresentam uma lacuna que vale a pena ser investigada, ou seja, em relação às cidades como fonte de emissão, seria possível identificar e aferir tais emissões nesses espaços?

De acordo com a literatura sobre a metodologia dos inventários nacionais do IPCC para a identificação e mensuração dos gases do efeito estufa existem cinco setores a serem inventariados: energia, processos industriais, uso e ocupação do solo, agropecuária e resíduos. Com exceção da agropecuária, todos os outros setores estão relacionados, direta ou indiretamente, às cidades.

Entretanto, vale ressaltar que, de acordo com a metodologia de mensuração utilizada nos inventários nacionais, dois subsetores estão diretamente relacionados às cidades: o sistema de transporte e o sistema energético. Entretanto, tais setores são tratados, metodologicamente, de maneira isolada, sem interação com o contexto urbano, havendo a necessidade de se pensar como são as contribuições desses dois subsetores de forma integrada.

Como os resultados encontrados são apresentados no nível nacional, torna-se impossível saber quais as reais contribuições das cidades, pois, aspectos como localização, tamanho e sua base produtiva podem influenciar em mais ou menos emissões e, principalmente, na busca de alternativas de convivência e /ou mitigação referente aos efeitos trazidos pelas mudanças climáticas.

O grande entrave para o entendimento dessa questão é a busca de metodologias que possam ser amplamente utilizadas e que apresentem resultados claros, quantificáveis e aceitáveis pela comunidade científica e sociedade em geral. Com esse objetivo, a Organização das Nações Unidas (ONU) juntamente com um estudo do Banco Mundial adotou a metodologia do IPCC utilizada no inventário nacional na proposição de um inventário local. E que, mesmo sendo aceitável, apresenta alguns problemas metodológicos. A partir do resultado desse inventário local é possível comparar emissões entre as cidades e, a partir de então, direcionar políticas de controle e mitigação dos gases emitidos. A diferença é que a mensuração é dada através de um índice *per capita*, de modo que, dependendo das características da cidade e de sua população residente, as emissões podem acabar sendo dissolvidas pelo seu quantitativo populacional (UN-HABITAT, 2010). Além disso, a metodologia ainda não se encontra disponível para a comunidade científica.

Dentre os problemas encontrados, os mais importantes referem-se ao fato de que os dados que vêm sendo utilizados para a concepção dos inventários são de difícil acesso, não apresentam séries históricas e muitas vezes não estão disponibilizados, ficando a cargo de cada município definir que tipo de dados utilizar e como utilizar.

Essa questão contribui para que, em muitos casos, os resultados encontrados nos inventários locais sejam proporcionalmente maiores do que dos inventários nacionais. Esse problema metodológico já é amplamente conhecido. De acordo com Krug (2009) se todas as cidades fizessem seus inventários não poderiam jamais ser apresentados em conjunto como inventário nacional em função dos problemas metodológicos encontrados relacionados à disponibilização, ou não, dos dados.

Claro que diferenças ocorrem, e são aceitáveis quando mínimas, no entanto, em relação aos inventários locais quando comparados aos inventários nacionais, as diferenças são gritantes. No entanto, mesmo apresentando problemas, a utilização de um inventário local já denota a importância que a cidade se apresenta dentro do contexto das mudanças climáticas globais e que os problemas encontrados devem ser o ponto de partida para a busca de alternativas mais viáveis de identificação da fonte e mensuração dos gases no nível local.

No Brasil, os inventários locais das cidades de São Paulo e Rio de Janeiro, por exemplo, foram responsáveis por 18,3 e 28%, respectivamente, das emissões registradas no inventário do país. Num universo de mais de 5.500 municípios brasileiros, as duas cidades contribuíram com cerca de 46% das emissões totais mensuradas no inventário nacional (DODMAN, 2009).

Além dos problemas metodológicos identificados, outro fator que se torna relevante refere-se aos bancos de dados utilizados para a concepção dos inventários. Embora exista uma metodologia básica a ser seguida, cada país ou cidade pode se utilizar dos dados disponíveis, ajustados, aproximados ou originados de projeções. Essa flexibilização na utilização dos dados contribui para a formatação e construção dos inventários nacionais e locais, porém, têm levado a resultados distorcidos ou até superestimados.

O Brasil usa a metodologia definida pelo IPCC que foi concebida de acordo com a realidade da produção norte-americana e europeia que tem o uso do petróleo como sua principal fonte energética. Tomando como base uma metodologia que utiliza intensivamente a

matriz energética petrolífera, o Brasil, em termos quantitativos ocupa o 4º lugar no ranking⁵ dos países com maiores emissões do planeta. Ou seja, características como manutenção de reservas florestais, agropecuária e uso e ocupação do solo (mais de 80% das cidades brasileiras são de pequeno porte, até 20.000 habitantes) não apresentam um peso significativo e que leve a um quadro de emissões mais próximo da realidade nacional.

Outra questão importante deve-se à disponibilização de dados para uso nos inventários. No Brasil, os bancos de dados ambientais são ainda recentes, datando de 10 anos ou menos. Além disso, nem todos os dados que poderiam estar relacionados às mudanças climáticas estão sendo produzidos ou encontram-se indisponíveis. Isso ocorre porque o tema é ainda muito recente, ficando para os pesquisadores a função de buscar e utilizar *proxies*⁶, assim como, fazer projeções para as informações disponibilizadas, levando muitas vezes a obtenção de resultados superestimados. A ausência de séries históricas dos dados disponibilizados levam os pesquisadores a utilizarem dados de épocas diferenciadas, dificultando a operacionalização dos métodos.

No entanto, mesmo apresentando problemas metodológicos, o procedimento utilizado nos inventários é o que mais se aproxima da realidade quando se discute emissões de gases, permitindo aos gestores globais a definição de políticas e o estabelecimento de diretrizes. Assim, o IPCC realiza inventários em que as emissões de carbono são mensuradas e comparadas com as emissões anteriores comprovando, dessa maneira, o aumento da concentração dos gases do efeito estufa, assumindo a postura de que o aquecimento está, direta ou indiretamente, relacionado, também, às atividades humanas.

Condon (2008) afirma que embora exista um esforço global em mensurar as emissões de gases do efeito estufa, há uma necessidade cada vez mais crescente em desenvolver instrumentos para medir a influência que o contexto urbano exerce como contribuição para as mudanças climáticas, pois poucas pesquisas dão valor ao entendimento de como políticas de uso e ocupação do solo urbano ou políticas de transporte, por exemplo, poderiam ser usadas para a redução das emissões dos gases do efeito estufa.

⁵ Em 2000 o Brasil ocupava o 4º lugar no ranking global em função das emissões atmosféricas originadas, principalmente, do desmatamento (CARVALHO, 2002). Em 2008 passou a ocupar a 14ª posição no ranking global, haja vista que após o inventário nacional de 2004 algumas medidas de redução foram tomadas, apresentando uma perspectiva de redução de 2008 para 2009 de 0,3% (Disponível em: http://www.silvaporto.com.br/admin/downloads/Grafico_GEE_2009.pdf) Acesso em: 06 de junho de 2012.

⁶ Dados aproximados, indiretos.

Para esse trabalho, a síntese e a caracterização do problema da pesquisa foram dispostos no Quadro 1.

Quadro 1: Síntese do contexto e caracterização do problema da pesquisa

OBJETO DE ESTUDO TEÓRICO		
PRESSÃO	EFEITOS	IMPACTOS
Aquecimento global	Mudanças climáticas globais	Cidades
Ilhas de calor urbano	Mudanças climáticas locais	
METODOLOGIAS DE MENSURAÇÃO		
NÍVEL	INSTRUMENTO	DIFICULDADES
Nacional	Inventário Nacional (IPCC)	Necessidade de grande número de especialistas em várias áreas; Utilização de fatores de emissão global; Produção de dados no nível nacional; Técnica/operacional/financeira.
Municipal	Inventário Local (ICLEI)	Necessidade de especialistas na equipe de produção dos inventários locais; Utilização dos fatores de emissão do IPCC (global); Necessidade de existência de bancos de dados no nível local; Produção de dados locais; Técnica/operacional/financeira.
	Índice per capita de emissões (ONU/Banco Mundial)	Não disponibilização do método para a comunidade científica; Utilização dos fatores de emissão do IPCC (global).
PROBLEMA	Inexistência de metodologias que possam ser amplamente utilizadas no nível local.	
PROPOSIÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA	Indicadores indiretos (a partir de dados secundários) para identificação das principais fontes de emissão dos gases do efeito estufa nas cidades.	

Fonte: autoria própria

Nessa perspectiva, um olhar e um movimento em direção às cidades destaca a sua importância como ambiente propício para o estabelecimento de políticas de redução de emissões, além de medidas de adaptação em caso da efetivação de mudanças nos climas locais. No entanto, a opção com vias ao monitoramento e medidas de adaptação requer altos

investimentos em mudanças tecnológicas, em infraestrutura e opção por um crescimento econômico mais limitado. A identificação indireta das principais fontes de emissão dos gases do efeito estufa através de indicadores poderia vir a compensar tais dificuldades. Para isso, a presente proposta busca apresentar uma matriz analítica na qual relaciona os condicionantes urbanos e suas contribuições para a concentração dos gases do efeito estufa que favorecem para a variação da temperatura nas cidades. Nesse sentido, explicitar quais variáveis podem se apresentar como explicativas para a composição do clima urbano e para a teoria do aquecimento global configuram-se como a contribuição teórica desse trabalho.

O presente trabalho tem como objeto empírico a proposição de um modelo teórico e metodológico de um sistema de indicadores indiretos para identificação das principais fontes de emissão dos gases na esfera da cidade. Procurou-se estabelecer relações entre os condicionantes urbanos (pressão) e a temperatura local (estado) com a finalidade de extrair desses condicionantes suas contribuições para a emissão dos gases do efeito estufa e para a variação da temperatura.

Para isso, a pesquisa se propõe a responder a seguinte questão: quais indicadores urbanos seriam os mais adequados para a identificação das principais fontes de emissão dos gases do efeito estufa nas cidades?

Embora essa seja a questão central que norteia a pesquisa, outra questão se torna preponderante. Dessa maneira, é importante entender: quais condicionantes urbanos contribuem para a concentração dos gases do efeito estufa e elevação da temperatura nas cidades?

Portanto, as questões postas delinearão o objetivo geral dessa pesquisa que é propor um modelo teórico e metodológico de sistema de indicadores urbanos que possam identificar de forma indireta as principais fontes de emissão dos gases do efeito estufa das cidades. Para isso, tem como objetivos específicos:

- a) Analisar as relações entre os fatores naturais e antrópicos que contribuem para a formação do clima urbano e para as emissões dos gases do efeito estufa em termos locais;

- b) Verificar se as variáveis explicativas relacionadas aos condicionantes urbanos podem ser utilizadas como medidas para os indicadores indiretos de identificação das fontes de emissão nas cidades.

A composição do sistema de indicadores foi em função da utilização de dados secundários de base estatística. A justificativa para a utilização desse tipo de dados deve-se ao fato de que a mensuração direta torna-se mais difícil e custosa no nível local, sendo, portanto, fundamental para fins dessa pesquisa a identificação indireta das fontes de emissão dos gases do efeito estufa. Além disso, a utilização de indicadores facilita o fornecimento de dados e informações que poderiam ajudar a reestruturar a compreensão de um tema tão complexo como é o aquecimento global, redefinindo, dessa forma, a busca de estratégias mais adequadas de mitigação e adaptação. Por outro lado, a existência de indicadores indiretos das fontes de emissão de gases do efeito estufa nas cidades, poderia vir a ser utilizado como um instrumento de monitoramento com vistas à quantificação de tendências e impactos nesses espaços.

A importância na utilização desse tipo de indicadores indiretos está no fato de que a governança global, voltada para as mudanças climáticas, requer a disponibilidade de dados e informações que possam apresentar um diagnóstico mais próximo da realidade para nortear a efetivação de políticas, tanto locais, como regionais e globais.

A tese está estruturada em cinco capítulos descritos a seguir:

O capítulo 1 intitulado de “Indicadores Sociais e Ambientais” apresenta a teoria que define os indicadores sociais e ambientais utilizadas como base para a concepção do sistema de indicadores proposto. Além disso, apresenta a metodologia utilizada na pesquisa que está dividida entre a abordagem teórico-conceitual, onde são apresentados os principais conceitos que deram origem à proposição dos indicadores e a abordagem teórico-metodológica, onde são apresentados os caminhos percorridos para apresentar as relações existentes entre os condicionantes urbanos e a variação da temperatura local.

O capítulo 2 denominado de “Desenvolvimento Sustentável, Aquecimento Global e Mudanças Climáticas” refere-se ao marco teórico da tese. Nele são apresentados os principais conceitos e teorias que dão fundamentação teórica ao trabalho, a saber: a teoria do Desenvolvimento Sustentável e a Teoria do Aquecimento Global, assim como as políticas

voltadas para as Mudanças Climáticas. Nesse contexto são apresentados os objetivos da Convenção do Clima e seus órgãos reguladores e o papel do Brasil face às mudanças climáticas globais.

O capítulo 3 chamado de “Cidades, Clima e Variação da Temperatura” tem por objetivo contextualizar o problema da pesquisa a partir de sua caracterização. Para isso, faz um breve levantamento sobre clima urbano, o papel das cidades para elevação da temperatura e os impactos decorrentes desse aquecimento e apresenta como as cidades são substanciais para combater o aquecimento a partir de ações no nível local.

Já o capítulo 4 intitulado por “Mensuração dos Gases do Efeito estufa” refere-se às metodologias utilizadas para a mensuração das emissões de gases do efeito estufa no nível nacional e municipal (IPCC e ICLEI). Nele são apresentados os métodos, sua fundamentação teórica e as principais dificuldades para a efetivação das metodologias em larga escala. Apresenta, também, um resumo dos inventários municipais de algumas cidades brasileiras a partir da metodologia utilizada pelo ICLEI.

E o capítulo 5 denominado de “Composição do Sistema de Indicadores” é destinado a expor a proposição teórica e metodológica do sistema de indicadores, onde é apresentada a matriz analítica dos principais indicadores selecionados, assim como sua relação causal entre os condicionantes urbanos presentes nas cidades (pressão) e o aquecimento local (estado). Nesse capítulo também são apresentados os indicadores de pressão mais relevantes no contexto da cidade que atuam como força motriz para a elevação da temperatura local além de apresentar as principais dificuldades encontradas na utilização dos dados disponíveis para a concepção do sistema de indicadores.

Por fim, nas “Considerações Finais” são apresentados os principais resultados encontrados na pesquisa retomando-se o problema inicial da mesma a fim de identificar limitações, fragilidades e contribuições do modelo teórico-metodológico para a identificação das principais fontes de emissão de gases no nível local, assim como apontar as contribuições dos condicionantes urbanos para a teoria do aquecimento global.

Na pesquisa também são apresentados dois apêndices. No Apêndice A é apresentado a operacionalização do sistema de indicadores proposto. Entretanto, como há uma deficiência em relação à disponibilização de dados em geral e mais, especificamente sobre dados relacionados às mudanças climáticas, a operacionalização do sistema proposto no trabalho

teve um caráter experimental, pois não se tinha ideia se os dados necessários para a amostra seriam encontrados. Por esse motivo, a análise experimental se apresenta mais como uma descrição de como os dados foram trabalhados no sentido de se buscar ressonâncias empíricas para as questões teóricas postas, haja vista que o número amostral se apresentou de forma reduzida e os resultados se apresentaram como insignificantes estatisticamente.

E no Apêndice B são apresentadas as estatísticas disponíveis e utilizadas na operacionalização do sistema de indicadores empregadas na abordagem experimental (Apêndice A).

Capítulo 1

*Para investigar a verdade, deves duvidar,
tanto quanto possível, de todas as coisas.*

René Descartes.



1 INDICADORES SOCIAIS E AMBIENTAIS

Esse capítulo tem por objetivo apresentar a fundamentação teórica para a concepção e o desenvolvimento de indicadores sociais e ambientais. Além disso, se apresenta como embasamento teórico para a concepção do sistema de indicadores proposto nesse trabalho. Está dividido em três partes: (1.1) origem, significado e função dos indicadores, onde são apresentadas as origens que definiram a utilização e função dos indicadores sociais; (1.2) indicadores de sustentabilidade ambiental, onde são apresentadas as necessidades de utilização de indicadores em aspectos ambientais, assim como na dificuldade de produção de indicadores que representem tal aspecto e (1.3) metodologia utilizada para o desenvolvimento dessa pesquisa, onde são apresentados os caminhos teóricos e metodológicos que definiram a concepção do sistema de indicadores.

1.1 ORIGEM, SIGNIFICADO E FUNÇÃO DOS INDICADORES

Na década de 1960 insatisfações identificadas em relação à qualidade das informações disponíveis para a tomada de decisão dos agentes governamentais levou a uma onda de mudança conceitual denominada de movimento dos indicadores sociais. Esse movimento surgiu devido à grande ênfase que era dada às informações econômicas como medidas de bem-estar social. Assim, os indicadores sociais passaram a abarcar uma variedade de informações referentes aos indicadores de bem-estar socioeconômico, que iam desde medidas específicas como a qualidade da habitação, às informações mais agregadas que mensuravam a qualidade de vida (CARLEY, 1985).

Levando em consideração que os indicadores ajudam os tomadores de decisão no planejamento de políticas públicas, eles são usados para apresentar medidas e parâmetros que indicam determinadas situações. Segundo Bellen (2005)

O termo indicador é originário do latim *indicare*, que significa descobrir, apontar, anunciar, estimar. Os indicadores podem comunicar ou informar sobre o progresso em direção a uma determinada meta, como por exemplo, o desenvolvimento sustentável, mas também podem ser entendidos como um recurso que deixa mais perceptível uma tendência ou fenômeno que não seja imediatamente detectável (HAMMOND *et al*, 1995 *apud* BELLEN, 2005, p. 41).

Jannuzzi (2006) define indicadores como

Uma medida em geral quantitativa dotada de significado social abstrato, usado para substituir, quantificar ou operacionalizar um conceito social abstrato, de interesse teórico (para a pesquisa acadêmica) ou programático (para formulação de políticas). É um recurso metodológico, empiricamente referido, que informa algo sobre um aspecto da realidade social ou sobre mudanças que estão se processando na mesma (JANNUZZI, 2006, p. 15).

Bellen aponta os indicadores “como uma medida que resume informações relevantes de um fenômeno particular ou substituto dessa medida” (BELLEN, 2005, p. 41). Os indicadores como metodologia para mensuração são utilizados com o objetivo de “agregar e quantificar informações de modo que sua significância fique mais aparente” (BELLEN, 2005, p. 42). Já Carley (1985) diz que os indicadores procuram medir características observáveis de um fenômeno ou estabelecem valores para características não observáveis de um fenômeno, ou seja, eles são substitutos e são medidas.

Como substitutos, os indicadores sociais não representam a si mesmos. Ao contrário, traduzem conceitos sociais abstratos ou não-mensuráveis em termos operacionais [...]. E, enquanto medidas, os indicadores sociais referem-se às informações que, em termos conceituais são quantificáveis (CARLEY, 1985, p. 2)

De acordo com Jannuzzi (2006), a função dos indicadores é prestar informações para o planejamento de políticas públicas, possibilitar o monitoramento do estado do bem-estar das populações e permitir o aprofundamento das pesquisas acadêmicas sobre mudanças e fenômenos sociais. Desse modo, podem ser entendidos como uma informação quantificada que ajuda na explicação de como o ambiente (ou qualquer outra coisa) se altera ou sofre mudanças ao longo do tempo, possibilitando identificar tendências, por esse motivo deve ter a capacidade de tornar um fenômeno, perceptível e detectável.

Sobre essa questão, Bellen destaca que:

A crescente utilização de indicadores mostra que eles são importantes ferramentas para a tomada de decisão e para melhor compreender e monitorar as tendências e, portanto, úteis na identificação dos dados mais relevantes e no estabelecimento de sistemas conceituais para compilação e análise de dados (BELLEN, 2005, p. 49).

Quanto às suas funções, os indicadores podem ser classificados como sistêmicos ou de *performance* (desempenho). Os indicadores sistêmicos ou descritivos se apresentam como medidas individuais para diferentes características, tanto de ecossistemas quanto dos sistemas sociais. Já os indicadores de *performance* se apresentam como medidas comparativas e estão relacionados a uma avaliação do desempenho de uma atividade frente aos seus objetivos estabelecidos, por isso incorporam indicadores descritivos a um objetivo político específico (BELLEN, 2005). No caso dessa pesquisa, a proposta ora estabelecida terá como base os indicadores sistêmicos já que relacionará características urbanas (pressão) com as emissões de gases do efeito estufa que geram os efeitos das ilhas de calor com a elevação da temperatura no nível local (estado).

O importante na utilização dos indicadores é que sua utilização permite uma visão mais específica da realidade e sua interpretação permite a observação e análise de tendências (diagnóstico) que levam a tomada de decisões mais específicas e precisas, por isso, os indicadores vêm sendo utilizados pelos gestores em diversas áreas da sociedade, inclusive em relação às questões ambientais.

1.2 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL

Segundo Bellen (2005), o bojo da discussão sobre desenvolvimento econômico na Conferência de Estocolmo tinha como principais preocupações: o crescimento populacional, o processo de urbanização e a industrialização, ou seja, três questões que norteiam a cidade. Tal forma de crescimento econômico apresentava-se diretamente como pressão ambiental em escala global. Dessa maneira, o conceito de desenvolvimento sustentável se legitima a partir da percepção da relação entre problemas do meio ambiente e o processo de desenvolvimento adotado pela industrialização. Para o autor,

As ameaças sobre a sustentabilidade de um sistema começam a requerer atenção mais urgente na sociedade à medida que o sistema ambiental não é capaz de responder adequadamente à carga que recebe. Se a taxa de mudança ultrapassa a habilidade do sistema de responder, ele acaba deixando de ser viável (BELLEN, 2005, p. 28).

Essa questão pode ser levada também em relação ao aquecimento global e às mudanças climáticas. Na medida em que o nível de emissão de gases vai se elevando (necessidade de mensuração), o sistema climático requer ações conjunturais que possam minimizar os efeitos negativos dessa pressão. Assim, uma forma de identificar e medir as principais fontes de emissão dos gases do efeito estufa é através do uso de indicadores. Há uma expressão em inglês que diz que o que é mensurado pode ser gerenciado (what gets measured gets managed) como afirma Connor Riffle, coordenador da “Cidades pela proteção do clima” (CDP Cities). Dessa maneira, o uso de indicadores voltados para essa questão pode ajudar os gestores públicos e privados na tomada de decisões quanto às estruturas urbanas necessárias.

Dentre os diversos indicadores sociais existentes, uma dimensão que vem se tornando relevante são os indicadores ambientais ou de sustentabilidade. Assim, os indicadores ambientais ou de sustentabilidade surgem da necessidade de se buscar ferramentas de acompanhamento e/ou tomada de decisão no que diz respeito à mensuração da evolução dos processos de desenvolvimento sustentável em relação a uma situação de referência (RIBEIRO e HELLER, sd). Tais indicadores têm por objetivo avaliar, objetiva ou subjetivamente, a qualidade de vida, principalmente nas grandes cidades.

Para Jannuzzi,

Estas condições ambientais referem-se à qualidade do ar e da água encanada, à existência de sistemas de tratamento de esgotos e lixo, no nível de poluição sonora e visual, à existência de parques e áreas verdes, consumo residencial de energia etc. Isto é, os indicadores dizem respeito à disponibilidade de recursos naturais, à forma de uso dos mesmos e aos resíduos gerados no seu consumo (JANNUZZI, 2006, p. 114).

A partir dos princípios adotados pelo desenvolvimento sustentável, a questão ambiental ganhou relevância nos centros de decisão implicando na adoção de novas práticas e na reorientação das políticas públicas, com o objetivo de adequá-las a esta nova ótica de desenvolvimento, de modo que a sustentabilidade se tornou a nova meta a ser alcançada nesse milênio. Para isso, os indicadores de sustentabilidade devem ser capazes de identificar e caracterizar as populações e atividades humanas, relacionando-as às pressões que elas exercem sobre o meio ambiente e aos resultados decorrentes dessas pressões, mensurando

suas consequências socioeconômicas, tanto para as gerações presentes como para as gerações futuras.

De acordo com a Agenda 21 Brasileira (BRASIL, 2000)

É preciso desenvolver Indicadores de Desenvolvimento Sustentável que sirvam de base para tomada de decisões em todos os níveis e que contribuam para uma sustentabilidade auto-regulada dos sistemas integrados de meio ambiente e desenvolvimento (Capítulo 40).

Para compor esse arcabouço de indicadores ambientais, a identificação das principais fontes de emissão dos gases do efeito estufa nas cidades contribuirá sobremaneira para a composição de um diagnóstico da pressão que a cidade exerce no meio ambiente urbano, assim como na implementação de políticas públicas mais específicas, devido ao processo de monitoramento e de avaliação.

Entretanto, de acordo com Bellen (2005, p. 53), quando se trata de indicadores ambientais ou de sustentabilidade, o grande desafio é apresentar indicadores “de uma maneira simples, que defina a própria ideia, apesar da incerteza e da complexidade”. O mesmo se aplica à teoria do aquecimento global. Embora, sua identificação e mensuração sejam de extrema complexidade, existe a necessidade de se apresentar um quadro atual de sua existência (no contexto cidade) e que a partir desse quadro seja possível tomar decisões políticas.

Por outro lado, Walker e King (2008) questionam que, em se tratando de redução de gases do efeito estufa, quais limites de emissões deveriam ser adotados, ou seja, qual seria a quantidade de emissões que ficariam no nível “ótimo” e que dessa forma, não comprometesse o equilíbrio energético da terra? Para os autores, “essa é a primeira e mais importante questão a ser respondida. A menos que especifiquemos nosso objetivo, não teremos ideia de quais soluções tecnológicas ou políticas nos permitirão atingi-lo” (WALKER & KING, 2008, p. 89).

Como existem muitas variáveis envolvidas no conceito teórico que envolve o aquecimento global é indispensável a utilização de um sistema de indicadores que possa agregar o máximo possível de informações para que estas representem a realidade. Nesse sentido, Carley (1985, p. 52) define sistema de indicadores, “como um grupo de indicadores organizados em torno das partes que compõem o sistema social”.

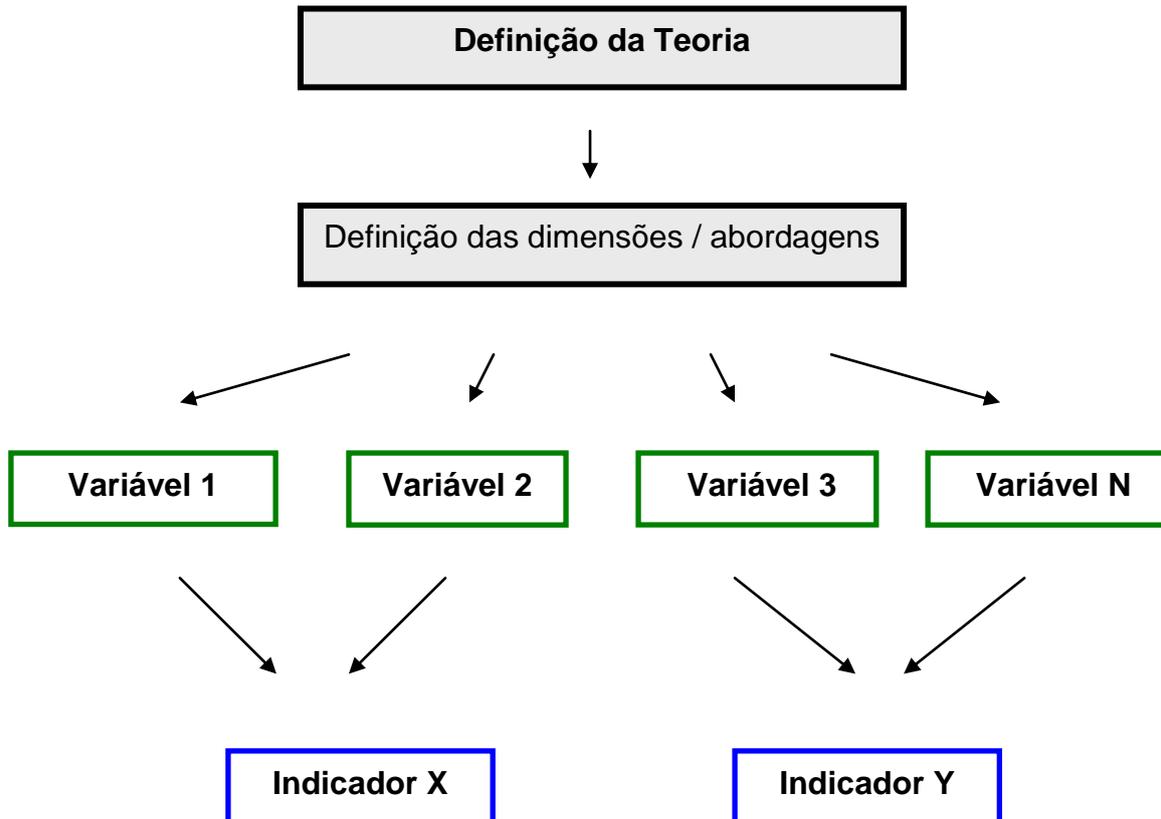
Segundo Wong (2006, p. 105-106) desde o início do movimento dos indicadores sociais, diferentes sugestões têm sido apresentadas para o processo de desenvolvimento dos indicadores. Tal discussão vem sendo largamente difundida com a utilização de quatro passos metodológicos para o desenvolvimento do indicador. Segundo a autora, essa abordagem metodológica tem sido muito utilizada em processos de regeneração urbana sustentável, são eles:

- Consolidação conceitual (teoria a ser representada na análise);
- Estruturação analítica (quadro analítico das variáveis que serão compiladas e analisadas);
- Identificação dos indicadores (transformação dos fatores identificados no passo 2 em indicadores mensuráveis específicos);
- Síntese dos indicadores (operacionalização).

A utilização da abordagem dos quatro passos apresentada por Cecília Wong é mantida em grande parte, principalmente, pela sua simplicidade. Como o procedimento dos quatro passos parte do geral para o específico, é sugerido como a base para o processo de desenvolvimento de indicadores aqui proposto.

De acordo com Jannuzzi (2006, p. 17-18), os passos metodológicos são (Figura 1):

Figura 1 – Construção de um sistema de indicadores sociais



Fonte: Adaptado de Jannuzzi, 2006.

De acordo com Wong (2006), os princípios básicos que orientam tais passos metodológicos devem ser reanalisados a partir de duas questões básicas, ou seja, que passos metodológicos devem ser envolvidos no processo de desenvolvimento dos indicadores? E, quais procedimentos específicos devem ser feitos em cada um desses passos? Essas questões referem-se aos conceitos específicos que orientam o escopo dos indicadores.

Para Jannuzzi, a definição do conceito abstrato (teoria) a ser mensurado é de vital importância, pois é a partir dele que são definidas as dimensões e abordagens (recortes), tornando o objeto de estudo claro e passível de ser mensurado de forma quantitativa. De posse dessas informações, a busca de dados torna-se mais direcionada e específica. Por fim, a formulação de indicadores deve traduzir em termos tangíveis o conceito abstrato que deu origem à formulação dos indicadores, ou seja, é preciso retornar à teoria para que os indicadores formulados respondam quantitativamente à teoria inicial (JANNUZZI, 2006).

Carley (1985) também define quatro áreas para o desenvolvimento de um sistema de indicadores que devem ser abordadas, ou seja, a definição da ideia (teoria), a determinação da estrutura do sistema baseada em teoria ou prática, seleção e operacionalização dos indicadores e por fim o processo de mensuração. No caso dessa pesquisa a estrutura utilizada foi caracterizada por Carley como ‘Desenvolvimento por áreas de interesse social’ que consiste em observar o objeto de estudo do geral para o particular, identificando áreas de interesses sociais ou metas sociais, depurando-as para que gerem subáreas de interesse ou objetivos, para finalmente chegar à proposição dos indicadores seguindo uma lógica sequencial, dispostos em forma de matriz na qual os elementos se relacionam entre si.

Para o autor,

Essa estrutura lógica [...] facilita a construção de modelos causais entre áreas de interesse ou subáreas de interesse e qualquer indicador específico; segundo – e talvez mais importante – faz com que os juízos de valor do(s) membro(s) específico(s) da sociedade que estrutura(m) o sistema sejam expostos a um exame crítico. A desvantagem desse método para a abordagem dos indicadores é que ele pode ser difícil e demorado [...] (CARLEY, 1985, p. 60).

De acordo com o autor, é importante ressaltar que tais categorias de estruturação de um sistema de indicadores não são mutuamente excludentes e, que os sistemas de bases teóricas podem combinar-se com as demais categorias ao longo da pesquisa de indicadores, como apresentado na estruturação de sistemas de Jannuzzi e Wong.

Em relação à ponderação dos indicadores podem ser usados métodos estatísticos e não-estatísticos. Isso ocorre porque existem muitas dificuldades quando se trata da agregação de vários indicadores em um mesmo sistema, ou seja:

Um índice composto exige que medidas diferentes sejam transformadas numa escala comum, para que possam ser somadas. Por vezes, esse procedimento é acompanhado de uma ‘atribuição de peso’ aos indicadores, numa tentativa de expressar a contribuição diferencial de cada indicador incluído no indicador composto [...]. Existem dificuldades associadas à agregação de indicadores e à escolha de um esquema de ponderação. Quando nenhum esquema de ponderação diferencial é utilizado, isto é, quando a cada indicador se atribui um peso igual, a escolha prévia dos indicadores torna-se extremamente importante e, na verdade, isso simplesmente transfere a atribuição de peso para a escolha dos indicadores (CRAIG e DRIVER, 1972 *apud* CARLEY, 1985, p. 89)

Em se tratando de indicadores ambientais, uma vez que há uma relação entre as atividades humanas e os efeitos dessa pressão sobre o meio ambiente trazendo prejuízos para a sociedade como um todo, um sistema de indicador ambiental que se destaca nessa temática é o sistema desenvolvido pela Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), ou seja, o modelo pressão-estado-resposta (PER). O interessante desse sistema é que ele assume uma relação de causalidade na interação dos diferentes elementos da metodologia (BELLEN, 2005). Essa relação causal permite que a interpretação dos dados encontrados aponte para direcionamentos mais específicos quando da tomada de decisão. E é nessa perspectiva de causalidade que o sistema de indicadores aqui proposto vai se fundamentar, ou seja, nos condicionantes urbanos encontrados nas cidades que exercem pressão sob a composição do clima urbano e que, por conseguinte, alteram a temperatura que levam a formação de ilhas de calor urbano.

No entanto, como desenvolver indicadores que apontem as principais fontes de emissão de gases nas cidades? A esta questão não se responde de maneira muito simples, haja vista a imensidão de variáveis que contribuem, direta ou indiretamente, para tais emissões e para a elevação da temperatura nesses espaços.

Entretanto, torna-se necessário identificar as variáveis explicativas mais relevantes que possam compreender a dimensão da cidade. Nesse caso, é imprescindível a utilização de indicadores, uma vez que a partir deles é possível agregar variáveis e identificar as principais fontes de emissão com a utilização de dados secundários mais relevantes. Segundo Oliveira (2008), a utilização de indicadores indiretos (*proxies*), quando passíveis de datação e mensuração, pode ser utilizada e interpretada como variações de parâmetros de elevação de temperatura, logo de mudanças climáticas.

Os resultados encontrados podem contribuir para monitorar e avaliar a pressão ambiental das cidades em relação às emissões de gases e, conseqüentemente, elevação da temperatura que contribui, também, para o aquecimento global.

De acordo com a OECD (2003) o modelo PER destaca as relações de causa e efeito e ajuda os tomadores de decisão a ver questões econômicas e ambientais de forma interligada.

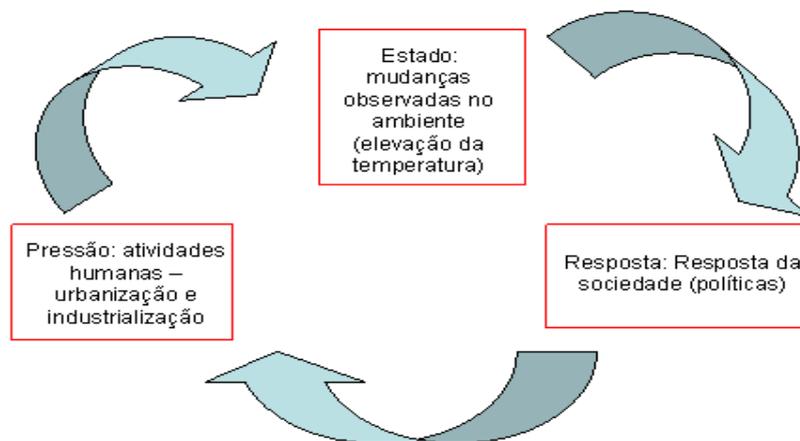
Segundo Pires,

Os dados de um parâmetro indicador devem vir acompanhados de perguntas sobre o estado, as pressões e as respostas do meio. Devem responder sobre as características, propriedades e qualidades do meio e estar intimamente associados aos objetivos e ao objeto do planejamento (2009, p. 5).

Por essa razão são de grande importância, principalmente, para os tomadores de decisões políticas que envolvem a questão em estudo, pois, além de criar cenários, podem ser acompanhados ao longo do tempo. A autora segue afirmando que, “são indicativos de mudanças e condições no ambiente e, se bem conduzidos, permitem representar a rede de causalidade presente num determinado meio” (PIRES, 2009, p. 5).

No caso das cidades, a relação de causa e efeito se dá pelas pressões urbanas e industriais com potencial de emissão de gases do efeito estufa e, conseqüentemente, pela variação da temperatura nesses espaços (Figura 2).

Figura 2 – Cidades: matriz Pressão – Estado – Resposta



Fonte: adaptado de PIRES (2009)

De acordo com a OECD (2003, p. 21) “as atividades humanas exercem pressão sobre o meio ambiente e afetam a qualidade e a quantidade de recursos naturais (estado); a sociedade responde a estas mudanças através de políticas e ações (resposta da sociedade)”.

Levando em consideração que muitas das mudanças ambientais estão sendo originadas nas cidades, a identificação dos fatores urbanos que exercem pressão sobre o meio ambiente

torna-se relevante no sentido de buscar medidas mitigadoras e adaptativas no caso da efetividade de mudanças climáticas globais. Dessa forma, considerando os impactos originados nesses espaços e que tais mudanças, muitas vezes, ultrapassam as fronteiras nacionais, precisam ser consideradas no âmbito global. De acordo com Dias (2002) “de todas essas alterações, há um consenso de que o efeito estufa, pela sua possibilidade de modificar o clima global e causar modificações profundas nas dinâmicas ecológicas, sociais, políticas, dentre outras, é o componente mais dramático” (DIAS, 2002, p 58).

Nesse sentido, a busca de um diagnóstico que revele quais condicionantes urbanos contribui para as emissões de gases do efeito estufa através de um sistema de indicadores torna-se relevante, haja vista que, “as relações entre o ser humano e o ambiente urbano são extremamente complexas e é impossível separar um do outro, com suas centenas de processos e atores. Daí a necessidade de visualizá-lo como um sistema (DIAS, 2002, p. 39). Isso ocorre porque as relações sociais, ambientais, econômicas e culturais dentro do contexto urbano, ocorrem de forma simultânea e interligada, sendo difícil determinar onde começa uma e termina outra.

1.3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Aqui são apresentadas as bases teórico-conceituais que definem os indicadores sociais e ambientais que nortearam a construção do sistema de indicadores proposto, fundamentado na metodologia adotada por Cecília Wong e Paulo Jannuzzi (2006). No entanto, em se tratando de proposição de indicadores ambientais e que estes apresentam uma relação de causa e efeito (pressão e estado) o modelo de sistema de indicadores utilizado é o referenciado por Carley (1985), ou seja, caracterizado por áreas de interesse social, a exemplo do sistema utilizado pela OECD (pressão – estado – resposta), sendo objeto de interesse dessa tese os indicadores de pressão que os condicionantes urbanos presentes na cidade exercem sobre a composição do clima urbano (temperatura) a partir das emissões atmosféricas.

1.3.1 Abordagem teórico-conceitual

O referencial teórico para a apropriação da base conceitual que fundamenta essa tese partiu dos conceitos abordados no documento que discute a teoria do aquecimento e suas implicações no clima global, ou seja, a Convenção do Clima (1992). As mudanças climáticas como teoria norteadora do objeto de pesquisa levou a busca e a elucidação dos principais componentes que provocam o efeito estufa. Embora, este seja um fenômeno natural de significativa importância para a manutenção da vida na terra, uma corrente teórica defende que está havendo, também, interferência de origem antrópica que vem afetando a composição do clima global, propiciando efeitos negativos para os ecossistemas naturais e, principalmente, para os seres vivos (IPCC, 2007).

Tendo em vista que tais efeitos negativos se rebatem, principalmente, nas populações urbanas e tendo como pano de fundo as cidades, onde tais populações estão espacialmente concentradas, adotou-se nessa tese a teoria do aquecimento global e a teoria da formação de ilhas de calor urbano que refletem em elevação da temperatura em nível global e local.

Para isso, se buscou nessa pesquisa relacionar os condicionantes que compõem a formação do espaço urbano e suas implicações para a formação de ilhas de calor. Além disso, procurou-se fazer relações sobre as influências que as ilhas de calor urbano exercem para a composição do clima em termos globais e suas contribuições para a teoria do aquecimento, tese esta defendida pelo IPCC.

De igual maneira, o referencial teórico apresenta os caminhos existentes para a mensuração das emissões de gases do efeito estufa em termos globais e locais denotando, principalmente, as dificuldades técnicas e operacionais para a sua utilização.

Considerando o problema da pesquisa e os objetivos propostos, parte-se da premissa de que um sistema de indicadores indiretos que apontasse quais condicionantes urbanos presentes nas cidades favorece e/ou contribui para a formação de ilhas de calor urbano, permitiria indicar, monitorar e avaliar tais condicionantes com vistas à implementação de políticas públicas de mitigação e/ou adaptação mais específicas.

Assim, a teoria do aquecimento global integrada à teoria da formação da ilha de calor urbano formou o aporte teórico-conceitual que orientaram a concepção e o desenvolvimento do sistema de indicadores. Essa construção teórico-conceitual foi fundamental, pois para o

desenvolvimento de indicadores é imprescindível que estes sejam desenvolvidos a partir de abordagens conceituais e que estejam fundamentados em teorias que compõem o estado da arte em que estão inseridos.

1.3.2 Abordagem teórico-metodológica

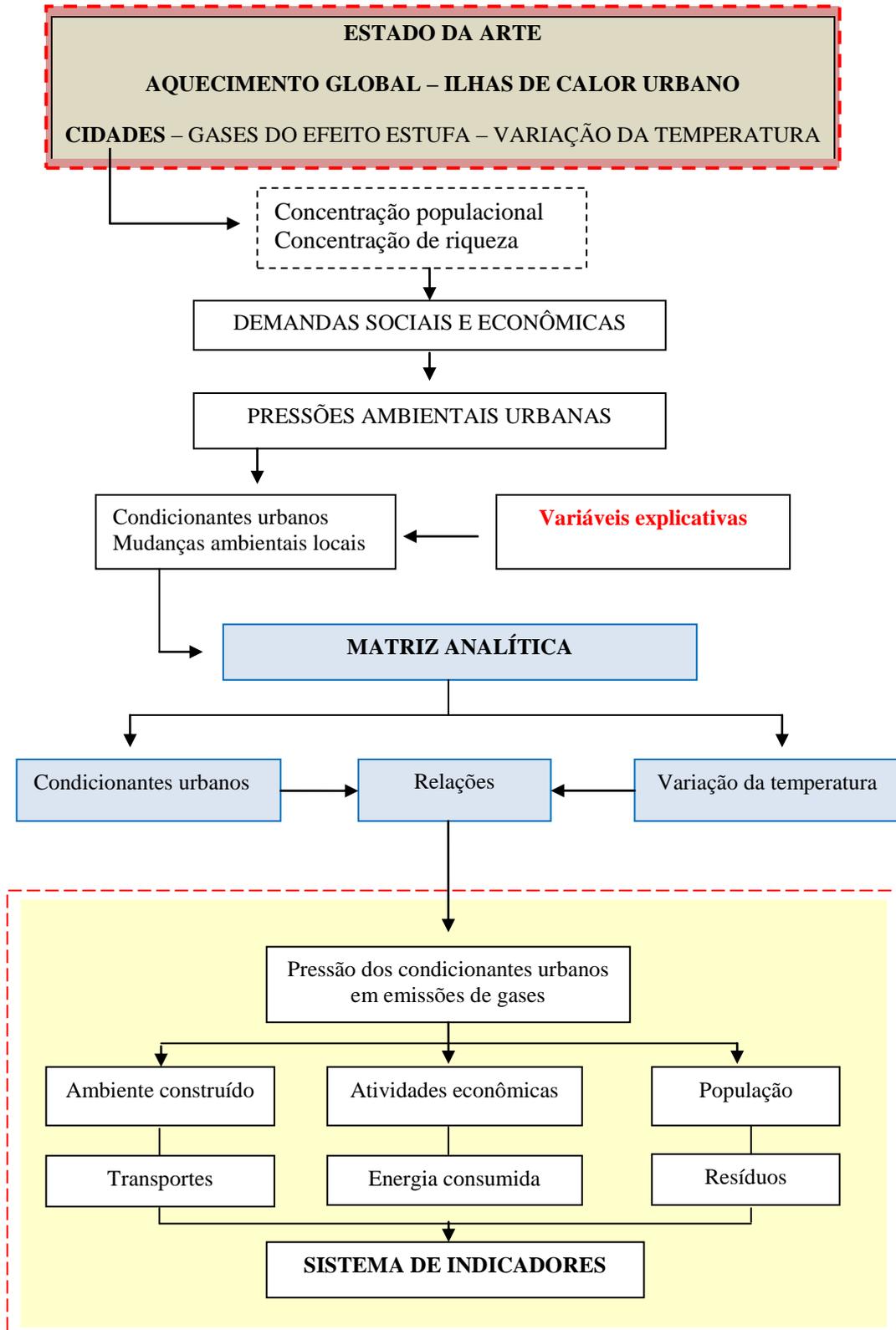
Para atender ao objetivo da pesquisa utilizou-se a fundamentação teórica da formulação de indicadores de Wong e Jannuzzi (2006), ou seja, consolidação conceitual sobre desenvolvimento, teoria do aquecimento global e formação de ilhas de calor, a construção de um quadro analítico pelo qual os indicadores foram posteriormente desenvolvidos e identificados (síntese dos indicadores propostos).

No entanto, antes de chegar à fase de construção dos indicadores alguns passos metodológicos foram fundamentais para a sua construção (Figura 3). Assim, inicialmente, foi feito um levantamento bibliográfico sobre a temática no sentido de se identificar relações existentes entre o contexto urbano e suas especificidades com as emissões de gases do efeito estufa e suas consequências para a variação da temperatura no nível local e também no nível global. Dessa forma, como resultado dessa fase metodológica, foi construído o estado da arte que fundamenta a pesquisa, a partir das teorias que a norteiam.

Num segundo momento, a partir de uma tipologia existente de classificação das cidades brasileiras, a partir de um estudo realizado pela Federação dos Órgãos para Assistência Social e Educacional (FASE) em 2005, duas categorias se apresentaram como significativas e que implicam em mudanças ambientais relacionadas às emissões de gases e elevação da temperatura, ou seja, a concentração populacional e a concentração de riqueza⁷. Tais categorias estão intimamente relacionadas, uma vez que a população está concentrada nos espaços urbanos e, por conseguinte, para atender as suas necessidades individuais, buscam melhorar sua qualidade de vida a partir dos sistemas econômicos e sociais.

⁷ De acordo com o observatório das Cidades - FASE (2005) a riqueza das cidades está relacionada a renda *per capita* mensurada a partir do Produto Interno Bruto (PIB).

Figura 3 – Caminhos teóricos e metodológicos da pesquisa



Fonte: autoria própria

Nesse contexto, as demandas por produção, moradia, mobilidade, dentre outras, acabam exercendo pressões antrópicas nos ecossistemas urbanos. E é a partir desse pressuposto que se busca desenvolver os indicadores de pressão relacionados aos condicionantes urbanos que compõem a cidade e que levam às emissões de gases do efeito estufa.

A partir de então, foi preciso buscar na literatura condicionantes urbanos que influenciavam as mudanças ambientais em tais categorias, assim como, identificar que variáveis explicativas refletiam em tais mudanças, no sentido de se identificar relações entre tais condicionantes e os fatores relacionados a estas especificidades que influenciavam nas emissões de gases do efeito estufa.

Para a organização dos dados levantados, a matriz analítica utilizada foi a Matriz PER, sendo que os dados do interesse da pesquisa referem-se aos indicadores de **pressão** relacionados às emissões de gases do efeito estufa no âmbito das cidades. Para entender a pressão que as variáveis apresentavam sobre o meio ambiente urbano foi considerada na matriz o **estado** em que o ambiente urbano se encontra em função das pressões sofridas. No entanto, não foram consideradas na matriz as **respostas** que a sociedade vem dando em relação ao estado de crise ambiental pelas quais as cidades se encontram (Quadro 2).

O objetivo foi apenas mostrar as relações que existem entre as pressões causadas pelos condicionantes urbanos e as consequências sofridas por tais pressões a partir de duas categorias definidas anteriormente de acordo com o estudo sobre Tipologia das Cidades da FASE (2005), ou seja, a concentração populacional e a concentração de riqueza.

Vale salientar que nas duas primeiras colunas (pressão e estado) os indicadores não se relacionam diretamente haja vista que as pressões identificadas causam efeitos de formas interligadas dificultando a análise de onde começa um e termina outro, desse modo foram colocadas de maneira aleatória, sem se relacionarem entre si.

Quadro 2 – Matriz de relação entre os gases do efeito estufa e os condicionantes urbanos

Indicadores		GEE	Condicionantes urbanos	Consequências
Pressão	Estado			
Produção (industrialização)	Poluição atmosférica	CO ₂	Concentração população: aumento da taxa de crescimento e densidade populacional	Escassez de água Aumento no consumo de energia Consumo de bens e serviços Inchamento das cidades
Transporte (público/privado)	Poluição do solo		Nível de industrialização: setores industriais e produção industrial.	Poluição atmosférica Consumo de energia Consumo de recursos naturais
	Uso intensivo de recursos naturais		Sistema de transporte: número de veículos licenciados e traçado viário.	Poluição atmosférica Poluição sonora Aumento no consumo de combustíveis fósseis
Consumo de bens e serviços	Uso intensivo de energia		Nível de consumo energético: aumento no consumo e fontes de energia.	Poluição atmosférica Aumento no consumo de combustíveis fósseis
Consumo de energia	Densidade construtiva		Nível de impermeabilização do solo: construção civil; aumento no consumo de cimento.	Poluição atmosférica Densidade construtiva Impermeabilização do solo
			Moradia (construção civil)	Impermeabilização do solo
Nível de produção de resíduos sólidos: quantidade, tratamento e destino final	Poluição atmosférica Poluição do solo Poluição hídrica			

Fonte: autoria própria

A matriz analítica construída, a partir da literatura disponível, permitiu fazer relações entre os condicionantes urbanos que propiciavam as emissões com os principais gases presentes no contexto urbano, ou seja, o dióxido de carbono (CO₂) e o metano (CH₄). De igual forma, a partir da relação entre os condicionantes urbanos que compõem a cidade e os gases do efeito estufa foi possível identificar os principais indicadores de pressão relacionados às emissões de gases do efeito estufa. Para a efetivação da proposta foi preciso identificar variáveis explicativas que pudessem ser mensuradas a partir de estatísticas no nível municipal.

Dessa forma, foi possível estabelecer relações entre os condicionantes urbanos que caracterizam as cidades e os gases do efeito estufa para a construção do sistema de indicadores proposto, assim como na identificação e relação das variáveis explicativas a partir das características que compõem a cidade. No entanto, é preciso esclarecer que a pressão causada pelos condicionantes urbanos identificados podem causar efeitos múltiplos que poderiam estar associados a qualquer outro condicionante. Além do que, nem todos os condicionantes urbanos são responsáveis por emissões diretas de gases do efeito estufa, mas simplesmente pelo fato de potencializarem os efeitos da ilha de calor urbano em função da sua capacidade de reter calor.

No quadro apresentado como pressão dos condicionantes urbanos em emissões atmosféricas (Figura 3), apenas seis condicionantes se apresentaram como relevantes, não porque outros estudados ao longo da produção desse trabalho sejam menos importantes, mas principalmente pelas dificuldades encontradas em relação à disponibilização dos dados relacionados às variáveis explicativas identificadas.

Quanto às variáveis explicativas, estas se referem aos condicionantes urbanos que explicariam, no nível municipal, as mudanças ambientais e, nesse caso, as emissões de gases e, conseqüentemente, variação da temperatura. A partir da identificação de tais variáveis foi possível construir o sistema de indicadores indiretos que contribuem e/ou favorecem para as emissões de gases do efeito estufa nas cidades.

Como o nível de dificuldade para encontrar os dados estatísticos que representassem as variáveis explicativas foi elevado foi feita uma breve descrição das dificuldades encontradas no uso dos dados e na concepção do sistema, assim como a apresentação de alternativas para superação de tais dificuldades.

Por fim, esse capítulo teve por objetivo apresentar os caminhos teóricos e metodológicos que culminaram na elaboração desse documento, apresentando os principais passos para a definição da metodologia proposta. Além disso, teve o propósito de esclarecer todas as decisões tomadas em função dos entraves encontrados ao longo da pesquisa.

Capítulo 2

O mundo tornou-se perigoso, porque os homens aprenderam a dominar a natureza antes de se dominarem a si mesmos.

Albert Schweitzer



2 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, AQUECIMENTO GLOBAL E MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Esse capítulo tem por objetivo apresentar as principais teorias que norteiam a pesquisa e que são fundamentais para o entendimento da proposta ora estabelecida, evidenciando o contexto teórico em que a temática está inserida. Para isso, faz-se uma revisão bibliográfica da teoria do desenvolvimento sustentável, do aquecimento global e das mudanças climáticas.

Sobre a teoria do desenvolvimento sustentável (2.1) são apresentados os principais conceitos sobre desenvolvimento e sustentabilidade, assim como as críticas que norteiam a teoria. Além disso, cabe uma discussão sobre a teoria do desenvolvimento urbano sustentável e da governança ambiental global e local.

Em relação à teoria do aquecimento global (2.2) são apresentadas as principais conclusões presentes no relatório do IPCC. Além dos resultados do relatório de 2007, é apresentado o ciclo do carbono no planeta, a necessidade da existência do efeito estufa e os principais indicadores que denunciam a elevação da temperatura global.

Sobre as mudanças climáticas (2.3) evidenciam-se as principais ações no nível internacional na tentativa de combater as mudanças climáticas globais a partir das Conferências do Clima e do Protocolo de Kyoto. No nível nacional é apresentado o papel do Brasil em relação às mudanças climáticas.

2.1 TEORIA DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Antes de entrar no mérito de entender a teoria do Desenvolvimento Sustentável é importante entender o que é desenvolvimento. Embora esse não seja o foco da pesquisa, a compreensão dos termos aqui adotados ajuda a apreender a diferença que existe entre crescimento e desenvolvimento econômico. Além disso, a compreensão do adjetivo sustentável (como aquele que dá qualidade ambiental ao desenvolvimento) também se torna relevante⁸.

⁸ Sobre esta questão, José Eli daVeiga (2006) apresenta com exatidão em seu livro “Desenvolvimento Sustentável: o desafio do século XXI”, a compreensão do significado de ambas as palavras, sendo, portanto, uma leitura indispensável para aqueles que desejam um aprofundamento no assunto.

Em relação ao conceito de desenvolvimento sustentável, Veiga (2006) descreve as discussões que deram sua origem, levando em consideração as diversas controvérsias existentes, inclusive a de que a economia foi um dos tripés que melhor se apropriou do conceito e não a questão social e ambiental, haja vista o maior nível de organização do sistema econômico em detrimento do sistema social e ambiental.

Dentre todos os conceitos de desenvolvimento abordado pelo autor, ele define crescimento e desenvolvimento econômico fundamentado nas ideias de Celso Furtado, ou seja,

Crescimento econômico, tal qual o conhecemos, vem se fundando na preservação dos privilégios das elites que satisfazem seu afã de modernização; já o desenvolvimento se caracteriza pelo seu projeto social subjacente. Dispor de recursos para investir está longe de ser condição suficiente para preparar um melhor futuro para a massa da população. Mas quando o projeto social prioriza a efetiva melhoria das condições de vida dessa população, o crescimento se metamorfoseia em desenvolvimento (VEIGA, 2006, p. 81-82).

Giddens (2010) diferencia os dois conceitos tanto em função do crescimento econômico medido pelo produto interno bruto (PIB) como pela capacidade que os processos econômicos têm de tirar toda a população da pobreza. Segundo o autor,

Em ambas as acepções, “desenvolvimento” significa uma acumulação da riqueza, normalmente medida em termos de PIB, de tal ordem que a sociedade torna-se progressivamente mais rica. Implica que essa riqueza é gerada, em grande parte, pela transformação econômica da sociedade em questão, num processo que se perpetua (GIDDENS, 2010, p. 89).

Resumindo, o termo crescimento econômico significa, antes de qualquer coisa, o crescimento contínuo da renda *per capita*. E o termo desenvolvimento é caracterizado como um termo mais qualitativo em que os resultados do crescimento econômico são utilizados para melhorar os níveis de bem-estar da população no nível: econômico e social. Outro conceito de desenvolvimento dado por Nobre (2002), ou seja, aquele desenvolvimento que explica de forma qualitativa a distribuição de bens e serviços para a população e para que esse exista,

depende totalmente do crescimento econômico. Levando em consideração esse preceito, o autor questiona: como colocar o adjetivo sustentável à noção de desenvolvimento?

No período do pós-guerra, a reconstrução da economia favoreceu e estimulou a busca pelo crescimento econômico contínuo, se espalhando nas décadas de 1960 e 1970 o “boom” do crescimento econômico por diversos países. Nesse período, os problemas ambientais brasileiros, assim como no resto do mundo, se apresentaram de forma mais incisiva a partir da década de 1970 com a crise do petróleo e também, no caso do Brasil, como consequência do avanço na industrialização, conhecido como o “milagre brasileiro⁹”. O avanço do processo de industrialização motivou a migração de boa parte da população brasileira para os centros urbanos, causando assim, o início da crise urbana pela qual travamos até hoje. Além disso, segundo Dowbor (1996), essa migração também foi favorecida pela mecanização da agricultura na zona rural.

De certa forma, a partir da crise do petróleo (como limitador do crescimento econômico) e de eventos de impactos ambientais de maiores proporções, dá-se início a crise ambiental global, visto que se colocou em cheque a continuação da vida em um ambiente mais limitado, ou seja, os impactos que eram tidos como localizados ganharam proporções globais, entre eles, o aquecimento global e a elevação do nível dos oceanos (FOLADORI, 2001).

O início da discussão sobre um ambiente mais limitado e as consequências dos impactos ambientais sobre os sistemas econômico e social se inicia na Conferência de Estocolmo em 1972 quando se discutiu os limites do crescimento econômico, “destacando a importância de conciliar o desenvolvimento econômico com o uso mais eficiente dos recursos naturais” (GIDDENS, 2010, p. 86). Segundo Nobre (2002), existia, portanto, duas correntes bem definidas: aquela em que acreditavam que as soluções para os problemas seriam dadas pela ciência e pela técnica e, por outro lado, a corrente que defendia o uso dos recursos, desde que estes tivessem o tempo necessário para recomposição, assim seriam suficientes para satisfazer as necessidades humanas.

Para o autor, as questões cruciais e antagônicas que nortearam a discussão foram às seguintes: crescimento econômico, social e tecnológico ou manutenção (uso equilibrado) dos recursos? O desenvolvimento econômico é uma oposição à manutenção dos recursos naturais?

⁹ Denominação dada ao exacerbado crescimento econômico ocorrido na mesma época do regime militar, especialmente entre os períodos de 1969 e 1973.

Sobre esta questão, Veiga (2006) afirma de que não há qualquer evidência científica que seja possível unir conservação ambiental e crescimento econômico contínuo.

Para Montibeller Filho (2004), inicialmente o paradigma do desenvolvimento sustentável tenta conjugar essas questões antagônicas, ou seja, a preservação do meio ambiente com a melhoria das condições socioeconômicas da população. Primeiramente, esse paradigma surgiu com o conceito de ecodesenvolvimento introduzido por Maurice Strong (Secretário-geral da Conferência de Estocolmo), mas, só foi largamente difundido por Ignacy Sachs (1981). Para Sachs, o ecodesenvolvimento é definido como aquele desenvolvimento de forma endógena de um país ou região, a partir de suas próprias potencialidades, sem, contudo criar uma dependência externa, de forma harmônica entre os objetivos econômicos e sociais e a gestão prudente dos recursos naturais.

O conceito de ecodesenvolvimento pressupõe que todas as necessidades humanas seriam satisfeitas, pois, partiria do princípio de cada realidade. Após essa discussão o conceito de ecodesenvolvimento foi substituído pelo conceito de desenvolvimento sustentável.

Assim, na década de 1980, com a publicação do livro *Nosso Futuro Comum* (BRUNDTLAND, 1987, p. 46), mas conhecido como Relatório Brundtland, o conceito de desenvolvimento sustentável foi amplamente difundido como “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades”.

Com a disseminação do conceito de Desenvolvimento Sustentável, a necessidade de se pensar uma nova forma de crescer sem comprometer o equilíbrio ecológico ganhou destaque nos centros de decisão do poder. Essas discussões tomaram forma e foram motivos de grandes embates, principalmente no que tange aos limites que deveriam ser dados ao crescimento econômico dos países.

Para Giddens (2010) tais embates iniciam-se nos termos utilizados, haja vista as duas correntes de interesses subjacentes aos termos, ou seja, de um lado ambientalistas e de outro, governos e empresas, como afirma em seu livro *A política da Mudança Climática*:

Os dois termos fundamentais, “sustentabilidade” e “desenvolvimento”, como muitos observaram, têm significados meio contraditórios. “Sustentabilidade” implica em continuidade e equilíbrio, enquanto “desenvolvimento” implica dinamismo e mudança. Assim, os ambientalistas são atraídos pelo ângulo da “sustentabilidade”, enquanto governos e empresas (pelo menos na prática) põem o foco no “desenvolvimento”, em geral querendo com isso referir-se ao aumento do PIB (produto interno bruto) (GIDDENS, 2010, p. 88).

Segundo Nobre (2002) o conceito de desenvolvimento sustentável viria abarcar num mesmo conceito, tanto crescimento econômico como manutenção dos recursos. Assim, colocado dessa forma, abre espaços para a utilização intensa do conceito, levando inclusive à banalização, como se fosse possível mascarar o crescimento econômico de “sustentável”, sobretudo na década de 1990.

Para o autor, uma questão importante a ser ressaltada refere-se ao fato de que o desenvolvimento sustentável concebido dessa forma, só aconteceria se fosse possível mudar a forma de produção e acumulação para bases mais sustentáveis. Nobre continua afirmando que, dada a sua repercussão e principalmente a seu antagonismo, “é preciso adiantar que o conceito de desenvolvimento sustentável surgiu não só como noção fadada a produzir consenso, mas também como enigma a ser criticado por sua vaguidão, imprecisão e caráter contraditório” (2002, p. 25).

Giddens (2010) também concorda com Nobre (2002) quando retoma os pressupostos do desenvolvimento sustentável, ou seja, a promoção do bem-estar humano e suas respectivas satisfações de necessidades básicas atendidas, além da proteção do meio ambiente, da preocupação com o futuro das novas gerações, da igualdade entre ricos e pobres e, finalmente, da participação cidadã nos processos decisórios. Segundo o autor,

Uma lista tão abrangente, contudo, certamente esvazia a ideia, retirando-lhe qualquer sentido nuclear. É um exemplo do modo como o desenvolvimento sustentável tornou-se um conceito que abrange tudo, a ponto de não ter nenhuma contundência analítica clara (GIDDENS, 2010, p. 88).

O fato é que, de acordo com Foladori (2001), o texto do Relatório Brundtland mostra os problemas, embora, não os reconheça como fruto do sistema capitalista. Assim, a sustentabilidade é tida enquanto discurso de reforma do sistema, sem, contudo, afetar os lucros do capitalismo.

Dessa forma, tal concepção tomou conta das instituições produtivas, ou seja, o desenvolvimento sustentável é possível, desde que a sociedade esteja disposta a pagar por ele, assim, o preço dos bens e serviços reconhece os custos ambientais para a sua produção (FOLADORI, 2001). Leroy *et al* (2002) também comungam dessa posição quando afirmam que a economia foi quem melhor se apropriou desse conceito, haja vista que a sustentabilidade está atrelada e subordinada aos mecanismos de mercado, legitimando, de

certa forma, a utilização intensiva dos recursos naturais.

Para os autores, a sustentabilidade deve sair estritamente do campo econômico e, deve “ser entendida como o processo pelo qual as sociedades administram suas condições materiais, redefinindo os princípios éticos e sociopolíticos que orientam a distribuição de seus recursos ambientais” (2002, p. 18).

Por esse ínterim, o conceito de desenvolvimento sustentável soa mais como um conceito político e voltado, muito mais, para o progresso econômico e social (NOBRE, 2002). O autor afirma que as críticas de alguns autores é a de que o Relatório Brundtland é mais um documento político do que realmente uma discussão da forma de produção como um fator primordial para a degradação ambiental. Isso fica muito evidente no texto do relatório quando diz: a base dos problemas ambientais é a pobreza, e para resolução desses problemas exigem-se os “mecanismos necessários para as transferências financeiras e tecnológicas necessárias para combater a degradação ambiental e a pobreza no Terceiro Mundo” (BRUNDTLAND, 1991:34 *apud* NOBRE, 2002:42).

Nas discussões realizadas na Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e para o Desenvolvimento (CNUMAD), ocorrida no Rio de Janeiro em 1992, as questões mais relevantes foram referentes ao combate à pobreza e na articulação entre o setor econômico e as necessidades da população e que isso refletisse no equilíbrio ambiental.

Como principal documento dessa conferência surgiu a Agenda 21 Global, como uma agenda de boas intenções que os países deveriam elaborar para a manutenção do equilíbrio ambiental de seus respectivos espaços geográficos, de forma que atendesse as suas respectivas realidades. Não menos importante, embora na época tenha ficado em segundo plano, outro documento significativo que definia as diretrizes a serem seguidas para a manutenção da sustentabilidade do planeta, foi a Convenção do Clima, sendo esse, portanto, um dos documentos fundamentais para a fundamentação teórica da pesquisa.

A importância desse documento está no fato de que, reconhece-se pela primeira vez em termos globais, que havia uma relação entre a forma de produção e consumo dos recursos naturais disponíveis e as mudanças no clima e que, tal interferência antrópica poderia trazer prejuízos econômicos e sociais para a população global.

2.1.1 Desenvolvimento Urbano Sustentável

Ao longo da produção do conhecimento sobre a ciência das mudanças climáticas, as emissões globais dos gases do efeito estufa foram, principalmente, direcionadas como originadas em função do uso e da ocupação do solo (queimadas e produção agropecuária) e pelo uso intensivo de energia de origem fóssil (carvão e petróleo). Esses elementos foram apresentados de maneira isolada nos estudos precursores de tal ciência.

No entanto, o aprofundamento de pesquisas e estudos sobre o tema, identificou-se que tais elementos se apresentaram como interligados com outros elementos, dentre eles, a produção do espaço urbano e a industrialização. Além disso, a concentração populacional em determinados espaços implica em vulnerabilidade e riscos para tal população quando se discute os impactos de mudanças climáticas nesses ambientes.

É nesse sentido, que se faz o recorte conceitual e geográfico para esse estudo, uma vez que se busca entender a contribuição do espaço urbano (cidades) para as emissões de gases do efeito estufa que levam ao aquecimento local e global. A importância de se fazer um estudo voltado para o espaço urbano deve-se ao fato de que as cidades acabam apresentando um metabolismo diferenciado e, muitas vezes complexo, se comparado com o espaço rural. É no espaço urbano em que uma gama de fatores, interligados/associados acabam por contribuir para a complexidade desse metabolismo, ou seja, impermeabilização do solo, sistemas de transportes, construção civil, produção industrial, consumo, uso intensivo de energia, produção de resíduos, dentre outros.

Nesse sentido, o espaço urbano se diferencia e se destaca se comparado com o espaço rural, uma vez que mesmo o espaço rural sendo um grande contribuinte para as emissões de gases do efeito estufa, e conseqüentemente, elevação da temperatura, os elementos que o caracterizam não se apresentam de forma tão complexa e interligada como acontece no espaço urbano.

A necessidade de se pensar no desenvolvimento urbano de forma mais sustentável é fundamentada no fato de que mais da metade da população global vive nas cidades (OBAID, 2007). No Brasil, esses dados são apresentados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2002c) quando aponta que 80% da população brasileira se encontram nos espaços urbanos. No país, essa concentração populacional se dá de forma mais intensa nas grandes capitais e suas regiões metropolitanas, localizadas, em sua maioria, ao longo da costa

litorânea.

É importante considerar que essa pressão populacional é condicionada por um custo ambiental elevado, muitas vezes, não considerado nos processos de planejamento da gestão urbana, haja vista os conflitos socioambientais e econômicos estabelecidos. Dentre os vários exemplos de conflitos existentes, um dos mais críticos em relação à questão urbana refere-se ao uso e a ocupação desordenada do solo, a partir da ocupação habitacional em morros, encostas e alagados, considerados espaços ambientalmente frágeis. Segundo Costa e Braga (2004):

Estas áreas, por estarem sujeitas a leis especiais que restringem a ocupação, deixam de ser de interesse do mercado imobiliário formal e acabam se transformando em espaço restante, ocupado pela grande parcela da população excluída da cidade legal (COSTA e BRAGA, 2004, p. 200).

Nesse caso, deve-se considerar que o conceito de desenvolvimento sustentável, muitas vezes, legitima o estabelecimento de tais conflitos, quando permite a junção da noção de desenvolvimento com sustentabilidade ambiental, pois, muitas vezes, a ausência de leis restritivas permite o uso e a ocupação do solo em espaços inadequados, ou ambientalmente instáveis, seja para moradia, seja para a produção.

Quando se trata de aquecimento global e, conseqüentemente, das mudanças climáticas, os efeitos desses impactos ameaçam toda a população, ou seja, é importante ressaltar que quando se trata dos impactos causados por essas mudanças, seus efeitos podem ser também expandidos e não localizados apenas em áreas periféricas e empobrecidas, refletindo em custos também para a população de alta renda.

Costa e Braga (2004, p. 199) seguem afirmando que os conflitos em torno da questão urbana e ambiental se caracterizam pelas relações de disputa pelo poder, produzindo diferentes matrizes discursivas sobre cidade e meio ambiente. Essa questão tem levado às limitações na formulação e legitimação de políticas ambientais. Dessa forma, é possível “compreender que a dimensão ambiental do urbano é antes um campo em construção e disputa que uma definição acabada”.

Isso ocorre, segundo Monteiro (2009) porque valores econômicos e sociais, especialmente valores econômicos, superam os valores ambientais que muitas vezes são negligenciados ou esquecidos nas políticas públicas urbanas.

Embora as políticas urbanas, a partir da implementação do Estatuto da Cidade em 2001 (BRASIL, 2001), venha buscando alternativas de inserir políticas ambientais em suas ações, muitas vezes o fato da cidade já estar consolidada invalida a implementação de políticas conjuntas, uma vez que isso implicaria em elevados custos econômicos e financeiros para os setores públicos e privados.

Essa questão é muito perceptível quando se observa que as políticas ambientais são geridas de forma isolada e sem integração com a política urbana, levando muitas vezes, a existência de objetivos contraditórios (COSTA e BRAGA, 2004). Nesse sentido, percebe-se que a integração entre políticas urbanas e ambientais ainda é um campo em processo de definição em relação aos seus objetivos.

Isso também pode ser resultado da forma de concepção de políticas públicas, ou seja, de cima para baixo, sem levar em consideração a articulação entre as políticas existentes, assim como, a participação de todos os atores sociais no processo de planejamento de políticas urbanas e ambientais. Para Quadri (1997), a sustentabilidade no espaço urbano surge da introdução de conceitos de cunho ambiental junto aos preceitos da gestão urbana, enfocando, dessa forma, os impactos da deterioração ambiental. Essa noção de planejamento urbano permite que os custos sociais e ambientais, gerados como externalidades negativas¹⁰ (impactos ambientais), sejam absorvidos pelos planos de gestão urbana.

O Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) define impacto ambiental como:

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que direta ou indiretamente, afetam: I - a saúde, a segurança e o bem estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - a biota; IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e V - a qualidade dos recursos ambientais (BRASIL. Resolução CONAMA, 001/1986).

¹⁰ As externalidades foram inicialmente conceituadas pelo economista Coase em 1960 quando observou que elas existiam devido à ausência de mercado e direitos de propriedade bem definidos. São definidas como as alterações de custos e benefícios da sociedade originadas da produção das empresas. Uma externalidade positiva ocorre quando uma unidade econômica cria benefícios para outras, sem receber pagamentos por isso. Por exemplo: uma empresa treina a mão de obra, que acaba, após o treinamento, transferindo-se para outra empresa; beleza do jardim do vizinho, que valoriza sua casa; uma nova estrada; os comerciantes de um mesmo ramo que se localizam na mesma região. Já as externalidades negativas (ou deseconomia externa), ocorrem quando uma unidade econômica cria custos para outras, sem pagar por isso. Por exemplo, poluição e congestionamento causados por automóveis, caminhões e ônibus; uma indústria que polui um rio e impõe custos a atividades pesqueiras (MAY, LUSTOSA e VINHA, 2003).

Nesse sentido, os impactos gerados pelo aquecimento global também devem ser considerados em tais planos de gestão urbana, haja vista que, os efeitos do aquecimento global, por sua heterogeneidade e complexidade, podem afetar não apenas os ecossistemas naturais, mas também os seres humanos que dependem diretamente da existência de diversos ecossistemas.

Nesse ínterim, segundo Lacerda *et al* (2000) desenvolvimento urbano sustentável significa, antes de qualquer coisa,

Um processo de mudança capaz de garantir que os esforços de desenvolvimento gerem condições de maior equidade social, em consonância com a preservação da qualidade dos recursos naturais e ambientais e com respeito às identidades socioculturais (2000, p. 84).

Para os autores, a implementação de tal conceito implica em considerar a cultura dentro do processo de planejamento urbano para o desenvolvimento. Além disso, para a manutenção do equilíbrio ambiental e da equidade social é de fundamental importância, primeiro, a participação social nos processos de decisão, ou seja, “uma democratização do processo decisório [...] tendo como premissas a descentralização e o fortalecimento do município e a criação de mecanismos de controle social” (p. 92). E, segundo, “faz-se necessário encontrar novos formatos de gestão buscando formas de associação do poder público com a iniciativa privada [...]” (p. 92-93).

Assim, os autores concluem que,

Diante do processo de descentralização político-administrativo brasileiro, o planejamento urbano volta a ser valorizado como um importante instrumento de desenvolvimento local, capaz de nortear as práticas dos diversos atores sociais (LACERDA *et al*, 2000, p. 93).

É importante destacar que, não apenas como um instrumento de desenvolvimento local, mas como um elemento vital para a manutenção desse desenvolvimento em termos ecológicos. Entretanto, é possível observar que o desenvolvimento urbano sustentável que se quer está muito aquém do “desenvolvimento” urbano que se tem.

Isso ocorre porque o desenvolvimento buscado pelos municípios tem se concentrado mais fortemente através do viés econômico do que pelo equilíbrio entre economia, sociedade e meio ambiente. Isso é fundamentado, segundo Santos Júnior (2001), pela nova ordem econômica e social em que o setor privado se prevalece como protagonista do

desenvolvimento urbano. Segundo Tudela

A transição para um desenvolvimento urbano sustentável implica o reconhecimento e a delimitação de umbrais, limiares, limites. É curioso que um paradigma como o econômico, cuja aparição histórica está ligada ao propósito de gerir a escassez (“o uso alternativo de recursos escassos”), tenha tanta dificuldade para assimilar a necessidade de gerir os recursos ambientais [...] (TUDELA, 1997, p. 139).

Segundo Santos Júnior (2001), essa dificuldade está na ênfase que é dada ao setor privado, referenciada pelo empresariamento¹¹ das cidades e, que implica em limitações no que concerne à implementação do conceito de desenvolvimento urbano sustentável.

No entanto, para Leal (2003), a partir da década de 1980, período de ampla redemocratização do país, o processo de planejamento urbano participativo começou a se tornar uma alternativa para a gestão local. Nesse contexto, foram várias as experiências de gestão democrática no país baseadas no ativismo democrático.

Para a autora, “o ideário do ativismo democrático se faz marcante nas práticas de gestão democrática, oriundas de administrações municipais no Brasil de feição progressista nas décadas de oitenta e noventa” (LEAL, 2003, p. 68). Com a reforma constitucional de 1988, essas práticas de gestão participativa foram institucionalizadas como mecanismos de gestão democrática das cidades e uma das formas de descentralização de políticas se deu justamente com a criação de conselhos setoriais, a exemplo dos conselhos municipais de meio ambiente.

Segundo Leal (2003), essa democratização se deu através da implementação de mecanismos de participação, ou seja,

Canais de diálogo, de consulta ou de negociação passaram a servir de guia para a resolução de problemas e para a formulação de políticas, a exemplo dos orçamentos participativos, plenárias, fóruns populares, comissões, conselhos etc. A instauração desses mecanismos possibilitou, através da participação dos setores sociais, a abertura de um espaço de discussão na formulação de peças-chaves da política

¹¹ Por empresariamento das cidades entende-se a fase em que o planejamento urbano e o urbanismo foram atingidos pela crise econômica global na década de 1970. Assim, o planejamento urbano assume uma nova função com o objetivo de atrair investimentos empresariais que pudessem dinamizar a economia local. A atração de capitais foi influenciada pela renovação das imagens das cidades dentro de uma lógica competitiva interurbana para atrair investimentos. Assim, a renovação das cidades ocorreu em determinados aspectos e espaços para atrair tais investimentos e não para atender as demandas das populações locais. A essa transição de gerenciamento urbano, ou seja, de regulamentação do setor privado para atração de investimentos privados, David Harvey chama de empresariamento das cidades, devido à sua lógica capitalista de produção do espaço urbano (BOTELHO, 2004).

urbana, tais como: orçamento municipal, planos diretores, prestação de serviços de natureza coletiva” (LEAL, 2003, p. 28).

Nesse sentido, a Agenda 21 brasileira pressupõe que a governabilidade ambiental é um processo pelo qual a participação da sociedade seja condição *sine qua non* para a sustentabilidade urbana e ambiental tanto nos níveis local como global.

Com relação às questões ambientais, Leis (2001) afirma que os canais de participação existentes para os cidadãos e para as organizações da sociedade civil se dão principalmente, através da Avaliação de Impactos Ambientais (AIA)¹², Ação Civil Pública e o CONAMA e seus conselhos estaduais e municipais.

Entretanto, para o autor, nenhum desses mecanismos se constitui na prática um verdadeiro espaço de negociação, mas sim de imposição de modelos prontos. Isso é particularmente perceptível quando as avaliações de impactos ambientais são habitualmente realizadas para justificar a implantação de projetos e não para se iniciar um processo de negociação, se configurando apenas como uma representação formal da manipulação de populações atingidas, assim como, da desarticulação desses espaços de discussão.

No que tange à gestão ambiental urbana, esta pode ser entendida como:

[...] as diretrizes e as atividades administrativas e operacionais, tais como, planejamento, direção, controle, alocação de recursos e outras realizadas com o objetivo de obter efeitos positivos sobre o meio ambiente, quer reduzindo ou eliminando os danos ou problemas causados pelas ações humanas, quer evitando que eles surjam (BARBIERI, 2007, p. 25).

Nesse sentido, cada município pode atuar sobre as questões ambientais sob diversos aspectos, a exemplo da Agenda 21 Local e dos Planos Diretores e também a partir da atuação dos Conselhos Municipais de Meio Ambiente. Entretanto, a implementação dos instrumentos de gestão ambiental urbana, assim como de mecanismos de participação podem implicar em conflitos socioambientais, principalmente entre os agentes econômicos e sociais. Sobre essa questão Franco apresenta a seguinte afirmação:

¹² Avaliação de Impactos Ambientais – Instrumento de política ambiental, formado por um conjunto de procedimentos capazes de assegurar, desde o início do processo, que se faça um exame sistemático dos impactos ambientais de uma ação proposta e de suas alternativas, e cujos resultados sejam apresentados de forma adequada ao público e aos responsáveis pela tomada da decisão, e por eles considerados.

Visto que se trata de uma esfera de poder e de decisões que podem ter impactos econômicos, é preciso atentar para o fato de que há sempre resistências a mudanças, e isto é particularmente verdadeiro quando há em jogo interesses individuais contrários à causa pública (FRANCO, 1999, p. 21).

Segundo Milaré (1999), é preciso considerar dois aspectos para a gestão ambiental se tornar efetiva. Primeiro, é indispensável reconhecer a existência dos problemas ambientais e seus impactos para a sustentabilidade ambiental e na manutenção da qualidade de vida da população. O segundo ponto refere-se ao fato de que, de posse das informações sobre os impactos ambientais, buscar soluções tangíveis e viáveis para os mesmos de forma conjunta e participativa para se evitar os conflitos socioambientais que venham a surgir. No entanto, a efetivação das soluções possíveis só ocorrerá se o município apresentar uma estrutura mínima para a gestão ambiental adequada.

Levando-se em consideração o fato de que o conceito de desenvolvimento sustentável procura adequar crescimento econômico com a manutenção da qualidade ambiental para as gerações presentes e futuras torna-se indispensável a existência de um Sistema Municipal de Meio Ambiente.

Milaré define esse sistema como:

Um conjunto de estrutura organizacional, diretrizes normativas e operacionais, implementação de ações gerenciais, relações institucionais e interação com a comunidade. Tudo o que interessa ao desenvolvimento com qualidade ambiental será necessariamente levado em conta, até mesmo a atuação do mercado (MILARÉ, 1999, p. 34).

Segundo Quadri (1997), a implementação de um sistema de gestão ambiental depende da estrutura organizacional que os municípios têm de gerir as diversas esferas que compõem o meio ambiente urbano.

A sustentabilidade do desenvolvimento urbano depende criticamente de uma gestão correta dos recursos ambientais comuns da cidade, os quais se compõem, entre outros, *de sua atmosfera*, da bacia hidrográfica que a abastece e dos recursos territoriais que oferecem serviços de localização espacial, de recarga de lençóis freáticos, de reserva ecológica e territorial, de criação e conservação de recursos naturais (QUADRI, 1997, p. 135, grifo nosso).

Esse, portanto, se apresenta como o maior desafio para a implementação de políticas

ambientais dentro do contexto da gestão urbana e, conseqüentemente, para difusão do conceito de desenvolvimento urbano sustentável dentro do processo de planejamento das cidades. Para isso, é preciso oferecer informações e dados que apresentem um diagnóstico real da situação ambiental no contexto da cidade, e no caso específico dessa pesquisa, um diagnóstico que retrate a situação das cidades em relação às emissões de gases do efeito estufa e seu potencial de elevar a temperatura.

2.1.2 Governança Ambiental Global e Local

A partir da crise ambiental global, iniciada nas décadas de 1960 e 1970, os impactos antes identificados apenas no nível local passaram a ganhar maiores proporções. Dentre os indicadores da crise ambiental do planeta, o aquecimento global vem se destacando como um dos mais difíceis de controlar/mitigar devido à dificuldade de se apontar responsáveis e definir como esses compensarão ou resolverão tal problema.

Para isso, a noção de governança ambiental global pode ajudar a nortear as diretrizes a serem tomadas como respostas à crise ambiental encabeçada pelas mudanças climáticas, uma vez que,

A Convenção [do Clima] estabelece um processo de tomada de decisão coletiva entre as suas partes signatárias, as quais irão negociar ações futuras, reconhecendo a mudança do clima como uma preocupação comum da humanidade, propondo uma estratégia global para proteger o sistema climático para gerações presentes e futuras (PEREIRA e MAY, 2003, p. 225).

Para Foladori (2001), mesmo não havendo consenso sobre a gravidade dos problemas, o que se tem considerado como pressupostos dessa crise global são: a superpopulação, os recursos e os resíduos. Entretanto, é importante observar que: “quaisquer desses três aspectos são marginais ao processo econômico propriamente dito. São os efeitos externos ao processo produtivo” (FOLADORI, 2001, p. 104).

Assim, antes de qualquer coisa, a crise ambiental global é causada pela forma como o processo produtivo é concebido. O problema é que são discutidos apenas os efeitos desse processo e não a sua forma, como o cerne da questão.

A partir da noção de crise ambiental global, surgiu a necessidade de se buscar alternativas de soluções também no nível global. Nesse sentido, a governança ambiental global deve ser entendida como cooperação entre as nações, com o objetivo de estabelecer regras e instituições voltadas para o bem comum da população global e da manutenção da qualidade ambiental dos ecossistemas do planeta (TALBOTT, 2005).

Segundo Giddens, a governança ambiental deve ocorrer tanto no nível global, como no nível regional e local, ou seja,

“O Estado”, é claro, abarca uma multiplicidade de níveis, que incluem governos locais, regionais e nacionais. Numa era global, ele funciona no contexto do que os cientistas políticos chamam de governança em múltiplas camadas, a qual se estende à arena internacional, no sentido ascendente, e às regiões, cidades e localidades, no sentido descendente (GIDDENS, 2010, p. 24).

Para Cavalcanti, a governança ambiental para ser estabelecida requer consciência coletiva dos impactos ambientais globais quando se trata de tomada de decisões de cunho econômico, ou seja, o conceito deve ser

Compreendido como um arcabouço institucional de regras, processos e comportamentos que afetam a maneira como os poderes são exercidos na esfera de políticas ou ações ligadas às relações da sociedade como o sistema ecológico (CAVALCANTI, 2004, sp).

Por si só, essa definição remete às dificuldades encontradas nos processos de tomada de decisão no nível global, haja vista que “em geral, a legislação internacional e suas centenas de tratados estão eivados de acordos vagos, exigências mínimas, cumprimento frouxo e escassos recursos” (SPETH, 2005, p. 31).

Entretanto, o Estado ainda é um importante ator quando se trata de política internacional em função de que, compete ao mesmo, decisões de política interna ou externa. Em relação à política climática, não há como obrigar os Estados a assinarem acordos de redução de gases do efeito estufa, uma vez que compete ao Estado a responsabilidade pela implementação do acordo (GIDDENS, 2010).

Segundo Leis (2001), em virtude das dificuldades existentes, a questão da mobilização e participação social torna-se imprescindível para a implementação de políticas de

desenvolvimento sustentável, sendo esse o único caminho possível para a administração de conflitos, ou seja, para que

A tomada de decisões políticas seja realizada em um espaço comunicativo “democrático”, integrado não apenas pelo governo e por cientistas e técnicos, senão também por representantes da sociedade civil, incluindo tanto organizações não-governamentais (ONGs) e movimentos sociais e culturais, como setores empresariais (LEIS, 2001, p. 233).

Dessa forma, o autor mostra que, no caso do Brasil, as políticas ambientais implementadas não atendem às reais necessidades porque são propostas feitas através de modelos prontos, reduzindo o processo de sustentabilidade a modelos puramente técnicos, ou seja, “esquece que as políticas ambientais supõem um componente essencial de aprendizagem e de participação social que ainda não temos” (LEIS, 2001, p. 234-235).

Partindo desse pressuposto, tais políticas vão de encontro ao que está estabelecido na Agenda 21 Global proposta na ECO 92 que diz que, a governabilidade ambiental deve apresentar-se como um processo em aberto que pressupõe a participação convergente de todos os setores da sociedade, tanto nos níveis local como global.

Em virtude da necessidade de se pensar em alternativas globais para os impactos globais, Montibeller Filho (2004, p. 41), afirma que uma característica preponderante da governança ambiental é “a exigência de novas posturas das relações entre nações visto pressupor a necessidade de uma política ambiental global”. Entretanto, mesmo conscientes dos riscos (econômicos, sociais e ambientais) a que estão expostos,

Na prática, todavia, o que ocorre, no plano internacional, apesar da retórica de cooperação e desenvolvimento sustentável, cada país argumenta acerca de sua soberania e busca garantir politicamente a maior vantagem na exploração dos recursos naturais e na utilização dos serviços ambientais de outros países (MONTIBELLER FILHO, 2004, p. 41).

Para o autor, isso ocorre porque grande parte dos problemas ambientais extrapola as fronteiras geopolíticas. Dessa forma, dependendo do grau de interesse ou do grau de impactos sofridos, os países passam a ter uma postura positiva ou negativa em relação ao problema ambiental vigente. Assim, o autor conclui que, “nem todo problema ambiental global envolve

o mesmo nível de interesse dos países, fazendo com que a cooperação, que derivaria da interdependência das questões ambientais, não se verifique” (MONTIBELLER FILHO, 2004, p. 42).

Por outro lado, Diamond (2005), em relação à mudança climática global, faz um paralelo com a crise ambiental pela qual a população residente na Ilha de Páscoa passou quando rompeu os limites da sustentabilidade ambiental devido ao desmatamento intensivo. Segundo ele,

Graças à globalização, ao comércio internacional, aos aviões a jato e à Internet, todos os países do mundo hoje compartilham os mesmos recursos finitos. A Ilha de Páscoa era um lugar isolado no Oceano Pacífico, tanto quanto a Terra é um planeta solitário na imensidão do universo. Quando os habitantes polinésios da ilha se viram em dificuldade, não havia para onde fugir, da mesma forma como nós, seres humanos atuais, não teremos para onde ir caso os problemas atuais continuem a se agravar até o limite do desastre (DIAMOND, 2005, p. 119).

Nesse sentido, a concepção de desenvolvimento sustentável está longe de acontecer na prática, haja vista que os impactos ambientais globais acontecem de forma mais ou menos intensa e varia de acordo com a realidade de cada país, não despertando dessa maneira, o mesmo interesse no que diz respeito às políticas de cooperação em referência às questões ambientais globais.

Essa questão é perceptível, especialmente, em relação às políticas ambientais voltadas para o aquecimento global, uma vez que o Protocolo de Kyoto, para ser ratificado passou por mais de 10 anos de discussão para que os países assumissem suas responsabilidades diante do problema. A grande questão e ponto de controvérsias refere-se ao princípio: responsabilidade comum, porém diferenciada (Artigo 3.1 da Convenção do Clima). Esse princípio apresenta a proposta de redução de emissão de gases do efeito estufa apenas para os países industrializados no primeiro período de vigência do protocolo (2008 – 2012), sendo que os países em desenvolvimento poderiam continuar emitindo gases sem que esses fossem limitados (PEREIRA; MAY, 2003). Entretanto, isso não significa dizer que tais países não possam buscar alternativas para redução de emissões, como é o caso do Brasil que está implementando sua Política Nacional para a Mudança do Clima e Combate às Emissões de Gases do Efeito Estufa.

Entretanto, é importante ressaltar que o Protocolo de Kyoto também apresenta-se fundamentado nos mesmos pilares da concepção do desenvolvimento sustentável, ou seja, a

redução dos gases do efeito estufa deve ocorrer sem que haja a redução do crescimento econômico, haja vista que o protocolo utiliza instrumentos de mercado para combater as emissões de gases e, mais uma vez, não se aborda a questão-chave dessa discussão, que é a forma de produção intensiva com a utilização dos recursos naturais.

Dessa forma, segundo Figueres e Ivanova (2005), a mudança climática em função do aquecimento global se apresenta como o maior desafio da governança ambiental global. Isso ocorre porque a questão exige uma resposta coletiva de todos os países, mas, devido às incertezas que rondam essa problemática, além dos custos econômicos envolvidos, as ações de combate e redução de gases do efeito estufa não têm se materializado como deveriam.

Para as autoras,

A governança global, seja para a mudança climática, seja para qualquer das inúmeras questões que afetam o planeta como um todo, só pode ser construída sobre o reconhecimento da interdependência planetária. Qualquer coisa aquém disso nos manterá paralisados, enquanto os desafios do planeta crescerão para além de nosso alcance (FIGUERES; IVANOVA, 2005, p. 255).

Nesse sentido, o conceito de governança global torna-se relevante para a discussão da temática da pesquisa, haja vista o grau de complexidade e articulação que envolve a teoria do aquecimento global. Essa complexidade está diretamente relacionada com a identificação dos países responsáveis pelas emissões de gases em altas proporções, a identificação dos atores afetados pelas consequências do aquecimento e das mudanças climáticas, assim como, quem assumirá as ações a serem estabelecidas e o que será feito como alternativas de redução e adaptação (FIGUERES; IVANOVA, 2005).

Desse modo, segundo Lian e Robinson

As estruturas de governança em nível global poderiam servir como importante fonte de dados e de informação, possibilitando a formulação de políticas regionais mais eficientes. Um banco de dados sobre indicadores ambientais obtidos de sistemas de vigilância permitiria a identificação de riscos, tendências, causas e possíveis respostas (LIAN e ROBINSON, 2005, p. 133).

Embora existam dificuldades de articulação no nível global, as estruturas regionais e locais compreendem uma parte significativa nesse processo de governança, ou seja, as iniciativas locais e regionais complementam esse arcabouço institucional de promoção de políticas de combate à elevação dos gases do efeito estufa. Nesse caso, o olhar sobre a cidade em relação ao aquecimento global torna-se relevante, haja vista que essa (através de dados municipais) poderá ajudar a compor um sistema de informações significativas sobre fontes e emissões de gases do efeito estufa. Enquanto agentes na busca de medidas de redução de emissões de gases, as cidades se tornam fundamentais de acordo com suas possibilidades e capacidades de diversas maneiras:

As cidades [...] podem implementar a Convenção [do Clima] em nível local e [...], melhorar a eficiência energética de seus sistemas de transporte, edifícios públicos e infra-estrutura pública em geral, promover o reflorestamento, tratar seus resíduos de forma a reduzir emissões e controlar seus próprios níveis de emissões (ICLEI, sd, p. 28).

É importante salientar que a existência de sistemas de informações no nível local também poderia suprir as necessidades de informações municipais, como também na identificação das principais causas das emissões e na busca de respostas voltadas para cada realidade.

2.2 TEORIA DO AQUECIMENTO GLOBAL

De acordo com o Relatório do IPCC (2007) há um consenso científico de que o aquecimento do sistema climático é inquestionável e vem se apresentando como o maior desafio global a ser enfrentado no século XXI. Ele é fruto de fatores naturais (ciclo do carbono) e fatores antrópicos¹³, devido às contribuições das atividades humanas.

A teoria do aquecimento global vem sendo fundamentada nas observações dos dados de mensuração da temperatura ao longo do tempo. Tais observações denunciam que a temperatura global vem aumentando significativamente, coincidindo temporalmente com o início da Revolução Industrial, período em que a utilização de combustíveis fósseis passou a ser uma constante nos processos industriais. Além disso, a necessidade de produção e concentração populacional em determinados espaços passaram a ser fatores significativos no

¹³ O termo antrópico se refere às emissões e remoção de gases de efeito estufa que são resultado direto de atividades humanas ou que resultam de processos naturais que tenham sido afetados por atividades humanas.

uso e na forma de ocupação do solo, contribuindo também para a elevação da temperatura no planeta.

O entendimento de tais fatores é fundamental para a concepção da teoria haja vista que, ao mesmo tempo em que ela denuncia o aquecimento do planeta em um período de tempo relativamente curto, vem sendo questionada por uma corrente de cientistas, conhecidos como céticos, na qual defendem que o aquecimento global que vem sendo registrado deve-se, única e exclusivamente, a fatores naturais, fazendo parte do ciclo geológico e energético do planeta.

Portanto, o entendimento da teoria, a partir do ciclo do carbono e do efeito estufa torna-se fundamental para o entendimento da principal consequência do aquecimento global que são as mudanças climáticas advindas de dados das estações meteorológicas do planeta.

2.2.1 Ciclo do Carbono

O Carbono é o elemento químico vital para a existência da vida na terra, sendo esse o quarto elemento mais abundante, depois do Hidrogênio, do Hélio e do Oxigênio. Além disso, está presente em diversas atividades ecológicas da Terra numa escala de milhões de anos. A maioria dos compostos químicos existentes na atmosfera apresenta carbono em sua composição. Por isso, o carbono está presente na água, na terra, nos seres vivos e no ar desde o início da formação do planeta (INDRIUNAS, 2007).

Dessa forma, a quantidade de dióxido de carbono encontrada na atmosfera é controlada pelos ciclos naturais e os biogeoquímicos. Assim, o ciclo biogeoquímico é responsável pela redistribuição do carbono entre o oceano, a terra, os seres vivos e a atmosfera (Banco Mundial, 2010).

De acordo com a literatura disponível existem duas formas de se encontrar o carbono: na forma orgânica (organismos vivos ou mortos) e na forma inorgânica (encontrado nas rochas e sedimentos). Presente no ambiente, ele se combina com o oxigênio e se transforma em moléculas de gás carbônico. Por sua vez, pode ser encontrado na atmosfera, dissolvido na água de rios e mares, na terra e no seu interior.

No planeta, o carbono apresenta um ciclo de circulação, de forma equilibrada, numa interação entre o carbono que é absorvido e o que é lançado no ambiente, denominado de ciclo biogeoquímico.

O ciclo biogeoquímico pode ser dividido em: ciclo geológico e ciclo biológico. O ciclo geológico acontece numa escala de milhões de anos e ocorrem entre a crosta terrestre, os oceanos e a atmosfera. O carbono inorgânico é originado da combinação entre o dióxido de carbono presente na atmosfera que combinado com a água forma os carbonatos presentes na crosta terrestre. Através do processo de erosão esses carbonatos são arrastados para o fundo de leitos de rios e mares e absorvidos por animais marinhos. Ao morrerem, esses animais marinhos ricos em carbonatos, são absorvidos formando sedimentos de rochas calcárias.

O ciclo se completa quando tais sedimentos são absorvidos pelo manto da terra e reagindo a altas temperaturas, derretem e combinam-se com outros minerais liberando CO_2 . O dióxido de carbono é liberado novamente na atmosfera através das atividades vulcânicas, completando-se o ciclo do carbono.

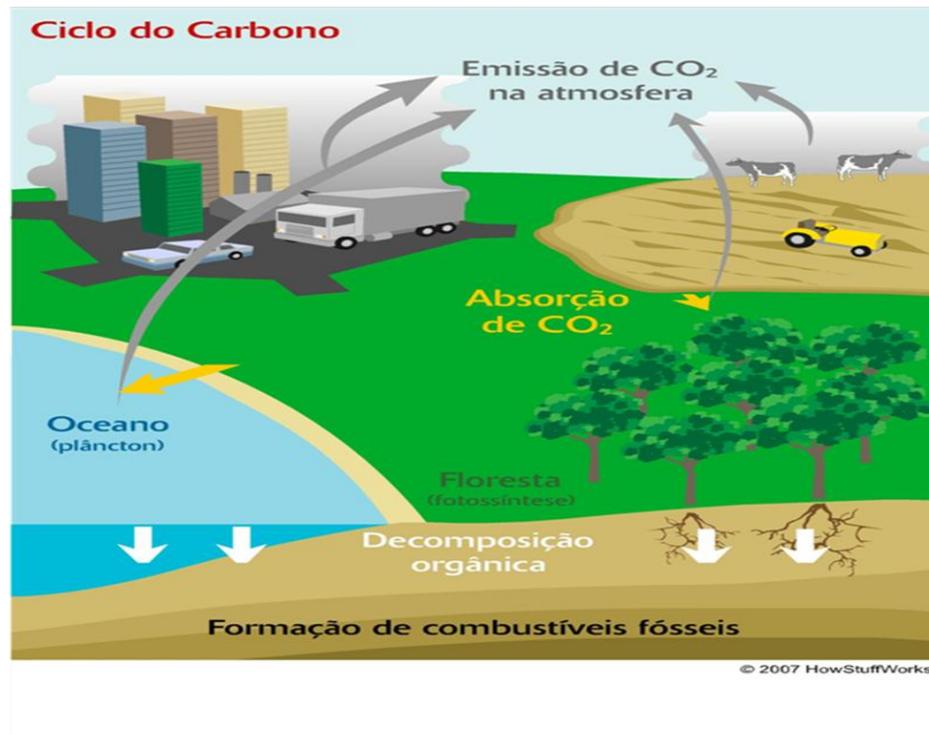
Ao longo de milhões de anos, o balanço energético do carbono originado no ciclo geológico manteve-se em equilíbrio, entretanto, é preciso considerar, o ciclo biológico do carbono. O ciclo biológico é originado a partir da fotossíntese e do processo de respiração dos seres vivos, de modo que o ciclo biológico é bastante curto se comparado com o processo geológico, ou seja, cerca de 20 anos.

Assim, através do processo de fotossíntese, as plantas absorvem energia solar e o CO_2 da atmosfera produzindo oxigênio e hidratos de carbono, responsáveis pelo crescimento das plantas. No processo de respiração das plantas, o oxigênio e o hidrato de carbono são absorvidos e na sequência o gás carbônico é liberado. De igual, forma esse processo também ocorre no processo de respiração de bactérias e fungos, responsáveis pela decomposição de seres vivos após sua morte. Dessa maneira, o carbono originado no processo biológico passa a fazer parte do ciclo do carbono, contribuindo para o ciclo energético desse sistema (CARVALHO *et al*, 2002).

Segundo Indriunas (2007), para entender o ciclo do carbono, é importante observar como ele é absorvido e expelido. De acordo com a figura 4, uma das principais fontes de absorção de carbono são as plantas, através do processo de fotossíntese, por isso, existe uma importância significativa que é dada ao reflorestamento com o objetivo de neutralizar o

carbono. Dessa forma, uma parte do carbono absorvido volta para a atmosfera, mas uma quantidade significativa é usada pela planta durante seu ciclo de vida.

Figura 4 – Ciclo do carbono



Os oceanos também absorvem esse elemento químico, se comportando como uma esponja gigantesca no processo de absorção. Enquanto apenas as plantas e os oceanos absorvem o carbono, vários outros fatores contribuem para a sua emissão. É o caso das fábricas, dos automóveis, das árvores queimadas, dos incêndios e seres vivos em geral, seja o homem ou o gado, ou seja, as consideradas atividades antrópicas. A atividade vulcânica também contribui com as emissões de carbono, mas essa por ser uma atividade natural já está considerada dentro do ciclo do carbono, sem prejudicar o sistema energético do planeta de forma significativa de acordo com a teoria do aquecimento global de origem antropogênica.

Por outro lado, o carbono orgânico originado da matéria orgânica que não foi completamente decomposta por conta da ausência do oxigênio, deu origem ao carvão, ao petróleo e ao gás natural (combustíveis fósseis), num processo de decomposição que durou milhões de anos em uma escala geológica. Esses depósitos de bilhões de toneladas de carbono mantiveram-se aprisionados na crosta terrestre até o início da Revolução Industrial, quando passaram a ser utilizados como combustão e a liberarem carbono na atmosfera, desequilibrando o balanço energético de carbono originado a partir do ciclo geológico. É por

isso, que se dá tanta importância ao impacto desses combustíveis fósseis no ciclo energético no planeta.

Segundo Carvalho *et al*

A liberação de carbono via queima de combustíveis fósseis e mudanças no uso da terra (desmatamentos e queimadas, principalmente) impostas pelo homem constituem outro fluxo entre os estoques de carbono e tem um papel fundamental na mudança do clima do planeta (CARVALHO *et al*, 2002, p. 8).

Os autores continuam afirmando que o incremento anual de emissão de gases do efeito estufa originados das atividades antrópicas é de aproximadamente 3 bilhões de toneladas.

Para Walker e King

Quando você queima algo que até há pouco esteve enterrado durante centenas de milhões de anos, e que portanto estava fora do contato com o ar, há uma diferença crucial. Ao queimar combustíveis fósseis estamos liberando um velho e profundo reservatório que há muito era mantido à parte, e dessa forma alteramos drasticamente o equilíbrio do ar (WALKER e KING, 2008, p. 27).

Em função dessa entrada significativa de dióxido de carbono no balanço energético do planeta, a concentração desse gás na atmosférica vem subindo ao longo dos últimos 150 anos chegando a 383 ppm (partes por milhão)¹⁴ em 2007 (IPCC, 2007).

De acordo com Walker e King (2008, p. 28-29) “a atmosfera do nosso planeta contém hoje um nível de dióxido de carbono que é quase 40% mais elevado do que os valores ‘naturais’ da era pré-industrial”.

Em relação às mudanças climáticas, os autores seguem afirmando que:

Quando se trata do poder de mudar o clima, o dióxido de carbono e o metano (e, em certa medida, os outros gases do efeito estufa, embora mais escassos) é que ditam as regras. O dióxido de carbono responde por menos do que 0,04% do ar, e o metano, por ainda menos. Mas ambos têm um peso bem maior quando se trata de aquecimento global (WALKER e KING, 2008, p. 24).

¹⁴ Os cientistas utilizam o cálculo de “partes por milhão” para medir o nível de gases do efeito estufa no ar, uma vez que cifras percentuais são muito pequenas. Uma ppm equivale a 0,0001%. (GIDDENS, 2010, p. 37).

Por esse motivo, a escolha pela utilização de apenas esses dois gases no sistema de indicadores ora proposto é justificado. Além do poder de reter calor que eles representam, são os gases mais presentes no sistema urbano.

2.2.2 Efeito Estufa

A variante fundamental para manter a terra aquecida em 15° C, em média, deve-se ao efeito estufa. O efeito estufa é um fenômeno natural que possibilita a vida na terra. Sem o efeito estufa, a terra seria totalmente gélida com temperatura de 18° C negativos, em média. Assim, o efeito estufa permite que o calor trazido pela radiação solar não se dissipe, ou seja, os gases que compõem o efeito estufa permitem que o calor se mantenha antes de ser dissipado para o espaço.

Os principais gases que compõem o efeito estufa são o vapor d'água (H₂O) e o gás carbônico (CO₂). Entretanto, a concentração atmosférica dos gases do efeito estufa (GEE) como o CO₂, CH₄ (metano) e N₂O (óxido nitroso) associados ao vapor d'água condicionam o balanço de energia global. Caso a concentração de CO₂ se eleve, afeta o balanço energético do planeta, ou seja, toda energia que entra deve ser dissipada, mas com o aumento do efeito estufa, o calor não é totalmente dissipado, aumentando a temperatura da atmosfera que leva ao aquecimento global (WALKER; KING, 2008). Assim, a intensidade da camada dos gases aumenta e aprisiona o calor no ambiente.

O 4º Relatório do IPCC, publicado em 2007, afirma que, uma das causas do aumento da temperatura do planeta são as emissões de gases do efeito estufa de origem antropogênica (Tabela 1). As emissões de gases aumentaram cerca de 70% no período de 1970 até 2004 (Figura 5), (IPCC, 2007, p.5). Segundo Kolbert (2008)

Na linguagem das ciências climatológicas, a ação de soltar dióxido de carbono (ou qualquer outro gás do efeito estufa) na atmosfera, seja pela queima de combustíveis fósseis ou por desmatamento, é chamada de forçante antropogênica. A concentração de CO₂ na atmosfera aumentou cerca de um terço desde os tempos pré-industriais, subindo de 280 para 378 partes por milhão. Nesse ínterim, a concentração de metano mais do que dobrou, passando de 0,78 a 1,76 partes por milhão (KOLBERT, 2008, p. 107).

O relatório do IPCC afirma também que o aumento da temperatura, muito provavelmente, tem contribuído para as recentes mudanças climáticas observadas em todo o mundo, dando o devido reconhecimento às muitas incertezas que existem em torno da teoria do aquecimento global e suas consequências para os ecossistemas. Além disso, existem muitas divergências a respeito das progressões que o aumento da temperatura global tomará em cenários futuros, assim como, as prováveis consequências a ocorrerem (GIDDENS, 2010).

Tabela 1 – Emissões globais dos gases do efeito estufa

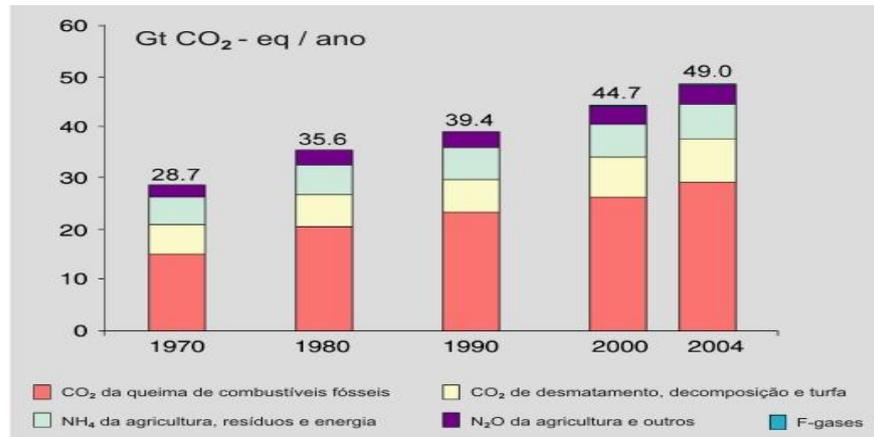
GEE	Fontes	%
CO₂	Combustíveis fósseis	56,6
CO₂	Desflorestamento e queima de biomassa	17,3
CH₄	Resíduos e bovinos	14,3
N₂O	Fertilizantes e mudança no uso do solo	7,9
Gases - F	CFC's	1,1
CO₂	Outros	2,8
Total		100

Fonte: Adaptado de Cambio Climático 2007 (IPCC, 2007).

Embora o gás carbônico seja o gás que apresenta o maior nível de elevação das emissões, outros gases não menos importantes, também contribuem para o aumento do efeito estufa, como o metano e o óxido nitroso. Entretanto, para fins de apresentação didática, esses gases são transformados geralmente em CO₂ equivalente. Contudo, embora os níveis de concentração desses gases sejam inferiores ao CO₂, seu poder de intensificar o efeito estufa é muito alto, porque tais gases são mais poluentes do que o dióxido de carbono. Segundo Giddens

O CO₂ responde por menos de 0,04% da composição do ar, e os outros gases do efeito estufa, por menos ainda. Visto que o CO₂ é o mais importante dos gases causadores desse efeito, em termos de volume, às vezes ele é usado como padrão de medida na avaliação das emissões. Também se emprega com frequência a concepção de “CO₂ equivalente, ou carbono equivalente” [CO₂e]. Trata-se da quantidade de emissão de CO₂ que estaria envolvida para gerar a mesma produção de todos os gases do efeito estufa em conjunto (GIDDENS, 2010, p. 38).

Figura 5 – Emissões mundiais de gases do efeito estufa de origem antropogênica



Fonte: Cambio Climático, 2007, p.5.

Segundo o relatório, as concentrações de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) aumentaram notavelmente pelos efeitos das atividades humanas desde 1750 com o início da Revolução Industrial.

As concentrações atmosféricas de CO₂ (379 ppm) e CH₄ (1774 ppm) em 2005 excedem em muito o intervalo natural de valores dos últimos 650.000 anos. Os aumentos da concentração mundial de CO₂ se devem principalmente pela utilização de combustíveis de origem fóssil e, uma parte considerável, porém menor, devido à mudança de uso do solo. É muito provável que o aumento observado na concentração de CH₄ se deva predominantemente da agricultura e da utilização de combustíveis fósseis. O aumento do metano tem sido mais lento desde o começo dos anos 90 em relação às emissões totais (Soma das fontes antropogênicas e naturais) que têm sido quase uma constante durante esse período. O aumento da concentração de N₂O se deve principalmente à agricultura (IPCC, 2007, p. 5, tradução livre)¹⁵.

A Convenção do Clima (1992, sp) define a mudança climática como aquela que possa estar direta ou indiretamente atribuída às atividades humanas e, que possa causar a alteração

¹⁵ Las concentraciones atmosféricas de CO₂ (379 ppm) y CH₄ (1774 ppm) em 2005 exceden con mucho el intervalo natural de valores de los últimos 650.000 años. Los aumentos de la concentración mundial de CO₂, se deben principalmente a la utilización de combustibles de origen fóssil y, en una parte apreciable pero menor, a los cambios de uso de la tierra. Es muy probable que el aumento observado de la concentración de CH₄ se deba predominantemente a la agricultura y a la utilización de combustibles de origen fóssil. El aumento de metano ha sido menos rápido desde comienzos de los años 90, en concordancia con las emisiones totales (como suma de fuentes antropógenas y naturales), que han sido casi constantes durante ese período. El aumento de la concentración de N₂O procede principalmente de la agricultura (IPCC, 2007, p. 5).

da composição da atmosfera global somada à variabilidade climática natural observada ao longo de períodos de 30 anos.

As mudanças climáticas antropogênicas, ou seja, causadas pela ação do homem no meio ambiente, estão diretamente associadas ao aumento da poluição, queimadas, desmatamento e a formação de ilhas de calor nas grandes cidades por conta do adensamento, da impermeabilização e de materiais construtivos condutores de calor.

A partir de estudos climatológicos, foi identificado um aumento de temperatura no planeta a partir do século XIX, coincidentemente a partir da Revolução Industrial, devido ao aumento da queima de combustíveis fósseis, liberando toneladas de carbono na atmosfera. A mudança de temperatura no planeta apresenta um ciclo natural de aquecimento e esfriamento, entretanto, esse ciclo precisa de um tempo maior para que o equilíbrio se estabeleça.

Segundo Kolbert (2008) a teoria do aquecimento foi registrada, inicialmente, pelo químico Sueco Svante Arrhenius no final do século XIX, sendo ele o responsável pelo avanço conceitual decisivo sobre essa temática. Segundo a autora,

Por toda Europa, fábricas, companhias ferroviárias e usinas elétricas queimavam carvão e bafuravam fumaça. O pesquisador percebeu que a industrialização e as mudanças climáticas eram fenômenos interligados e que, com o tempo, o consumo de combustíveis fósseis levaria ao aquecimento. Mas o autor não parecia estar muito preocupado com isso. Com base na ideia de que os oceanos funcionariam como gigantescas esponjas, sugando o CO₂ excedente, o pesquisador acreditava que o acúmulo de dióxido de carbono no ar aconteceria em ritmo extremamente lento - chegou a prever que seriam necessários 3 mil anos queimando carvão para que os níveis atmosféricos dobrassem (KOLBERT, 2008, p. 46-47).

Ao contrário do previsto por Arrhenius, essa mudança na temperatura na terra ocorreu em um espaço de tempo relativamente curto, afetando, sobretudo, o clima do planeta. Essa alteração “repentina” da elevação da temperatura do planeta foi muito mais significativa a partir da década de 1990, registrada como o período mais quente dos últimos 100 anos e o ano de 1995 o mais quente registrado por métodos diretos de medida (Figura 6).

Para Kolbert,

É impossível que essas mudanças sejam simples reações às condições locais – mudanças nos padrões climáticos locais ou, quem sabe, nos padrões de uso da terra. Apesar disso, por enquanto, a única explicação capaz de explicar todos esses fenômenos é o aquecimento global (KOLBERT, 2008, p. 75).

Após a morte de Arrhenius, em 1927, o interesse pelas mudanças climáticas foi reduzido. Para a maioria dos cientistas, caso os níveis de CO₂ estivesse aumentando, estaria aumentando em um ritmo muito lento. Só em 1950 um jovem cientista chamado Charles David Keeling retomou os estudos sobre as medidas de CO₂ na atmosfera. Em 1958, Keeling convenceu a Agência Climática dos Estados Unidos a monitorar os níveis de CO₂ a partir de uma técnica de mensuração mais precisa criada por ele. O observatório localizado em Mauna Loa, no Havaí, vem sendo usado para a mensuração dos gases do efeito estufa desde então.

De acordo com os dados encontrados ao longo dos anos, a partir da metodologia criada por Keeling, é possível perceber que a concentração de gases vem se elevando nos últimos 50 anos como apresentado na Tabela 2. Entretanto, o índice de aumento de 2007 foi de 2,14 ppm, sendo este o quarto dos seis anos anteriores a apresentar uma elevação superior a 2 ppm. Segundo Giddens (2010) estas medidas talvez indiquem que os escoadouros naturais (florestas e oceanos) de absorção de carbono existentes na terra estejam perdendo a capacidade de absorver os gases do efeito estufa, haja vista que os níveis de industrialização não se reduziram nem nos países desenvolvidos e muito menos nos países em desenvolvimento, principalmente, porque as economias continuaram a apresentar níveis elevados de crescimento econômico.

Talvez, tais medidas tenham se apresentado inferiores após a crise financeira de 2008, iniciada nos Estados Unidos, a qual, desacelerou a economia global, levando vários países a estados de recessão econômica e, conseqüentemente, com índices de crescimento econômico reduzidos.

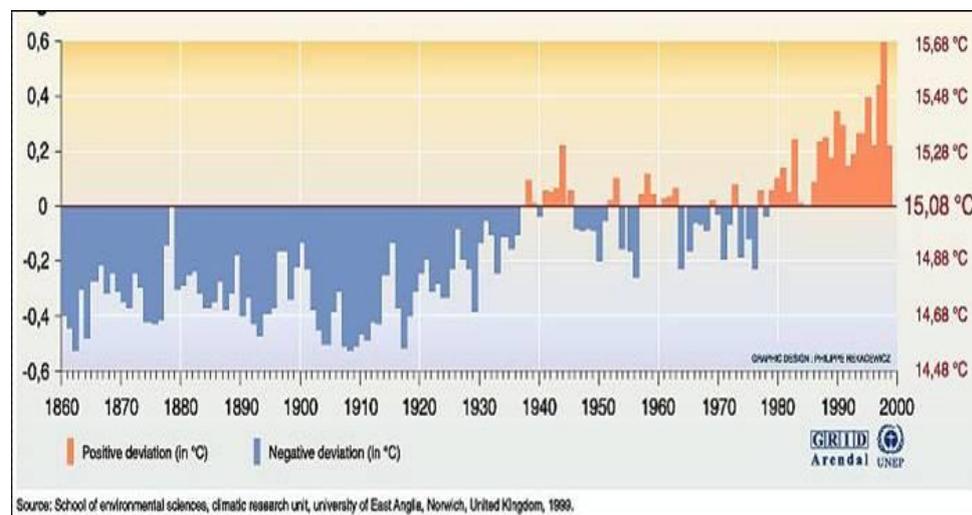
Tabela 2 – Concentração de gases nos últimos 50 anos em Mauna Loa

Ano	Nível de CO ₂ (em partes por milhão)
1959	316 ppm
1960	317 ppm
1970	325 ppm
1990	354 ppm
2005	378 ppm

Fonte: Adaptado de Kolbert (2008).

De acordo com Kolbert (2008), se esse ritmo de crescimento se mantiver, alcançará o nível de 500 partes por milhão até a metade do século XXI, quase o dobro dos índices pré-industriais e 2.850 anos antes do que foi previsto por Arrhenius.

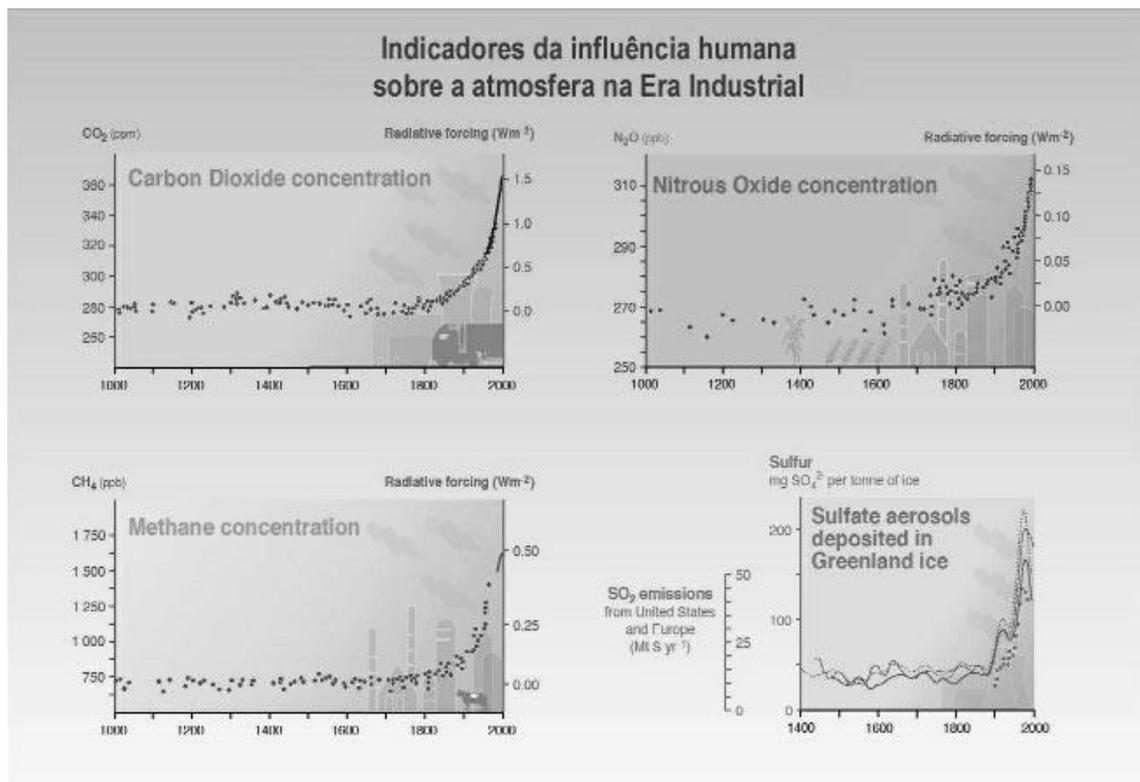
Figura 6 - Registro da temperatura ao longo de 140 anos



O Guia Climático do ICLEI (sd) também concorda com a afirmativa de que as emissões originadas das atividades humanas, tanto na produção, como no consumo de combustíveis fósseis, implicarão em aquecimento global, uma vez que, os dados apresentados pela comunidade científica não deixam dúvidas sobre isso (Figura 7).

A partir da Revolução Industrial, a concentração desses gases na atmosfera aumentou de tal forma que passou a interferir no processo de manutenção do sistema climático da Terra. Se as emissões de GEE continuarem aumentando no ritmo atual, é quase certo que no final do século 21 os níveis de concentração de CO₂ na atmosfera duplicarão em relação aos níveis pré-industriais. Hoje há praticamente consenso entre os cientistas de que este "efeito estufa intensificado" poderá colocar em risco a vida no planeta (ICLEI, sd. p. 16)

Figura 7 – Indicadores da influência humana sobre a atmosfera na era industrial



Fonte: ICLEI, sd, p.16 *apud* IPCC, 2001.

As projeções do Relatório do IPCC em 2007 indicam que nos próximos 100 anos, haverá um aumento da temperatura média global entre 1,4° C e 5,8° C e, um aumento do nível médio do mar entre 11cm e 77 cm, o que pode afetar significativamente as atividades humanas e os ecossistemas terrestres. Essas conclusões foram obtidas após cuidadosa análise dos diversos cenários de emissão de gases do efeito estufa para os próximos 100 anos e disponibilizados nos relatórios de mudanças climáticas do IPCC.

Entretanto, como apontado por Giddens (2010), vários autores questionam que os recentes aumentos de temperatura observados no planeta fazem parte do seu ciclo energético natural e não em função das atividades antrópicas. Segundo Singer e Avery *apud* Giddens

(2010, p. 43) a temperatura global sempre esteve em oscilação, ocasionando “um ciclo de mudanças climáticas a cada 1.500 anos, moderadas, mas irregulares, impulsionado por variações nas manchas solares”.

De acordo com o documentário chamado *O grande golpe do aquecimento global*, produzido por um canal de televisão do Reino Unido, a teoria do aquecimento global é questionada usando a participação de vários cientistas céticos explicando a origem do aquecimento que se tem hoje. Outra questão colocada pelos céticos é que, o IPCC além de ser um órgão científico, é também um órgão político e burocrático e que, por esse ínterim, segundo os autores, determinados dados e informações descobertas e que não combinam com a tese apresentada, são suprimidos ou ignorados (GIDDENS, 2010).

Para o autor, o uso abusivo do termo “mudanças climáticas” associado às catástrofes ocorridas ao redor do mundo confirma ainda mais a preocupação dos céticos com a banalização da teoria, uma vez que existe um esforço global em combater as mudanças climáticas em detrimento ao combate da pobreza, que atinge cerca de 1/3 da população global.

Os céticos têm razão em dizer que, na mídia e às vezes nos discursos dos políticos, a mudança climática é invocada com frequência como se explicasse todos os episódios meteorológicos: Toda vez que há algum tipo de evento climático inusitado – ondas de calor, tempestades, secas ou inundações -, podemos contar com algum apresentador a descrevê-lo como ‘mais uma confirmação da mudança do clima’ (GIDDENS, 2010, p 45).

Recentemente, em janeiro de 2010, após a tragédia ocorrida na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, na qual uma grande precipitação pluviométrica provocou o aumento do nível dos rios e grandes deslizamentos de terra nas encostas, a tragédia foi anunciada pela mídia como a maior catástrofe climática ocorrida no Brasil. É claro que a questão da mudança climática deve ser considerada para a avaliação do evento climático. O problema é que, segundo os céticos, tais análises precisam ser repensadas antes de anunciadas. É importante ressaltar que a tragédia ocorrida na Região Serrana tem a ver também com outros fatores como: desmatamento, construção em lugares inadequados, declividade e ausência de um sistema de drenagem urbana adequado. Além disso, o evento se destacou em função do grande número de vítimas fatais e total destruição do espaço urbano atingido pelo volume da água.

Lomborg (2001) embora aceite que o aquecimento global tenha origem antropogênica, sua crítica se rebate no fato de que as únicas alternativas apresentadas para combatê-lo têm uma lógica mercadológica definida por preços sem precedentes, favorecendo, principalmente, os países mais industrializados. Segundo o autor, os problemas associados às mudanças climáticas devem ser considerados nas políticas de intervenção global, no entanto, problemas relacionados à pobreza mundial, à disseminação da AIDS (Síndrome de Imunodeficiência Adquirida) e às armas nucleares, se constituem como problemas maiores e que devem constar na lista das políticas públicas globais como prioridades.

Lawson *apud* Giddens (2010, p. 281) conclui que “parece que entramos numa nova era da irracionalidade, que ameaça ser tão prejudicial em termos econômicos quanto é profundamente inquietante. É disso, acima de tudo, que realmente precisamos salvar o planeta”.

2.2.3 Indicadores de Elevação de Temperatura no Planeta

Ao longo da discussão sobre mudanças climáticas, a qual já conta com cerca de mais de 50 anos de estudos voltados para essa temática, alguns indicadores de que a temperatura do planeta está realmente se elevando vão se apresentando. Muitos desses indicadores vêm sendo observados e registrados, comprovando, efetivamente, a existência de aquecimento. Segundo o relatório do IPCC (2007):

O aquecimento do sistema climático é inequívoco, como evidenciam as observações dos aumentos das temperaturas médias do ar e do oceano, o derretimento generalizado do gelo e da neve, e a elevação do nível médio do mar no mundo (IPCC, 2007, p. 5, tradução nossa).¹⁶

Dentre os vários indicadores registrados, um dos que mais chama a atenção da comunidade científica e da população como um todo é o derretimento das calotas polares.

¹⁶ El calentamiento del sistema climático es inequívoco, como lo evidencian ahora las observaciones de los incrementos en las temperaturas medias del aire y del océano, el derretimiento generalizado del hielo y de la nieve, y la elevación del nivel medio del mar en el mundo (IPCC, 2007, p. 5).

Essa mudança pode trazer consequências negativas não apenas para as populações que vivem nas regiões que compreendem os polos, mas para o planeta como um todo.

A Antártida se configura como um continente coberto por camadas de gelo com espessura de até 3 quilômetros, ao contrário do Polo Norte que se caracteriza como um grande bloco de gelo flutuante e que tem apenas alguns metros de espessura. Por esse motivo, o gelo do Polo Norte derrete muito mais rápido nessa região. Ao longo dos últimos trinta anos, imagens de satélite revelam que, a cada década, o polo vem se reduzindo em cerca de 8% (Figura 8).

Entretanto, o ano de 2005 registrou uma perda de 20% de cobertura do gelo em média, significando uma perda de 1,3 quilômetros quadrados. Subsequentemente, os anos posteriores vêm apresentando perdas nas mesmas proporções (WALKER & KING, 2008).

No entanto, não são apenas as calotas polares que estão derretendo, mas, todas as geleiras ao redor do planeta estão passando por processos de derretimento nos últimos anos.

Dentre os países vulneráveis à elevação da temperatura no planeta, a Islândia, um país do Continente Europeu, localizado no Oceano Atlântico Norte, já apresenta problemas correlacionados à redução de suas geleiras. Isso ocorre porque 10% do país é coberto por elas, e a maior delas, a Vatnajökull, ocupa uma área de cerca de 8 mil quilômetros quadrados. Como o país tem cerca de 300 geleiras, algumas delas vêm sendo observadas por cientistas e voluntários que fazem a medição do recuo das geleiras a cada degelo. Uma delas, a Sólheimajökull recuou 3 metros em 1996. No ano seguinte a geleira recuou 10 metros e em 1998, trinta metros. No ano de 2003 houve um recuo de 92 metros e em 2004, 87 metros. E vem recuando a cada ano, somados, o recuo foi de 335 metros em 2008. De acordo com Kolbert (2008), o retrato da geleira indica que o planeta está em processo de aquecimento.

Figura 8 – Imagens de satélite do Polo Norte em 1979 e 2005



Fonte: ONU, 2006.

Sobre um estudo feito entre os países localizados no Ártico, o qual apresenta o resultado de uma pesquisa sobre as mudanças climáticas na região e suas consequências tanto social, ambiental e econômica para a população residente, as discussões referente às ações de combate ao aquecimento global ficaram na retórica, uma vez que as decisões a serem tomadas em função dos resultados apresentados são meramente políticas. Como os resultados apresentados são dados como incertos, as ações necessárias para redução dos gases do efeito estufa não são obrigatórias para todos os países. Entretanto, para a população mais vulnerável, as ações precisam acontecer o quanto antes de acordo com o depoimento de um caçador inuit¹⁷ canadense:

¹⁷ O Canadá é o lar de um quarto da população Inuit do mundo (antes chamados de "Esquimós"). Hoje, a maioria vive em cerca de 40 comunidades pequenas e remotas, ao longo da costa norte do continente canadense e nas ilhas árticas, que se estendem por 400 km.

A gente pensou: bom, pelo jeito está esquentando um pouquinho. [...] No começo era bom – os invernos estavam mais quentes, sabe? Mas agora as coisas estão acontecendo rápido demais. Tudo o que começou a aparecer no início dos anos 90 simplesmente se multiplicou. Acho que somos os primeiros na lista dos povos que seriam atingidos pelo aquecimento global. [...] Os hábitos, as tradições, as famílias. Pode ser que nossos filhos não tenham um futuro muito bom. Ou melhor, os jovens em geral. Isto não está acontecendo apenas no Ártico. Vai acontecer no mundo inteiro. O mundo todo está mudando rápido demais (KOLBERT, 2008, p. 68).

Em relação à população, principalmente às advindas de comunidades tradicionais, o processo de adaptação se torna muito mais difícil, além disso, se o cenário de aquecimento global se configurar tão rápido no mundo todo como está sendo em determinadas regiões, o problema que afligirá vários gestores (tanto no nível nacional como no nível local) serão os refugiados climáticos¹⁸, ou seja, quem abrigará e onde serão abrigados tais refugiados, são as perguntas que não querem calar.

Outro indicador a ser considerado é o aumento do nível dos mares, haja vista que várias regiões do planeta estão abaixo do seu nível ou apresentam baixas altitudes. Um exemplo dessa questão é a Holanda, que tem um quarto do seu território abaixo do nível do mar. Outro quarto do país é um pouco mais alto, mas dependendo do clima pode ser atingido por inundações (KOLBERT, 2008). Desse modo, o país tem total interesse em combater a elevação da temperatura do planeta por apresentar tal vulnerabilidade, por isso, o país vem investindo em obras de mitigação e adaptação face ao avanço do nível do mar, a partir da construção de diques e barragens. O aumento do nível do mar devido à elevação da temperatura ocorre da seguinte forma:

O aquecimento global produz inundações por inúmeros motivos. O primeiro é uma relação simples com a física dos fluidos. Conforme a água esquentar, ela também se expande. Num pequeno corpo d'água, esse efeito é sutil; em corpos maiores, o efeito é proporcionalmente mais intenso. Boa parte do aumento no nível do mar previsto para os próximos cem anos – noventa centímetros no total – será essencialmente resultado da expansão térmica (KOLBERT, 2008, p. 124).

Segundo Walker e King (2008), a elevação do nível do mar implicará em inundações nas áreas costeiras, onde estão localizadas cerca de 3 bilhões de pessoas. Nesse caso, as

¹⁸ Refugiados climáticos ou ambientais são pessoas forçadas a emigrar de sua terra natal em função de mudanças no meio ambiente. Algumas das causas de migrações motivadas pelo clima são desertificação, elevação do nível do mar, secas e interrupção de eventos climáticos sazonais como as monções (AFIF e WARNER, 2008). Disponível em: < www.ihdp.unu.edu/file/download/3884.pdf > Acesso em 06 de jun. 2012.

populações mais vulneráveis são aquelas localizadas em países em desenvolvimento, dependentes da produção de alimentos e do fornecimento de água locais, além de não terem os recursos suficientes para financiar projetos de adaptação e mitigação. Entretanto, segundo os autores, mesmo as cidades ricas de países industrializados não estão imunes aos efeitos causados pela elevação do nível do mar.

Outro indicador referente à elevação da temperatura do planeta, e também muito significativo, é o relacionado à biodiversidade. Isso ocorre porque algumas espécies apresentam mais dificuldades em se adaptar às mudanças climáticas do que outras. Tais espécies são conhecidas como especialistas, pois exigem condições específicas para sobreviverem, diferentemente das espécies generalistas que são menos exigentes, e tem relação com o habitat onde a espécie vive, ou seja, o hábitat se caracteriza pelo tipo de solo, temperatura, umidade etc. (RICKLEFS, 2003).

Tais características do habitat são fundamentais para que as espécies ocorram em determinado lugar, sendo o clima, um fator determinante para a distribuição das espécies no globo terrestre, haja vista que, alterações climáticas (radiação solar, temperatura, umidade, precipitação, vento) são variáveis determinantes para a ocorrência, ou não, das espécies. Por esse motivo, várias espécies são consideradas como bioindicadores¹⁹ da qualidade ambiental.

Conforme Kolbert (2008) explica, a distribuição das espécies ocorre em função do padrão climático que oferece as condições necessárias para a sua sobrevivência, e isto vem ocorrendo ao longo de milhares de anos com mudanças relativamente muito sutis, que dão o tempo necessário para que as espécies se adaptem ou migrem para ambientes mais favoráveis. Vários estudos de biólogos e ecólogos mostram essa relação entre o ambiente e as espécies estudadas. Um dos exemplos refere-se à borboleta marrom-acizentada com manchas laranjas e pretas denominada de *Erebia Epiphron*, típica de regiões montanhosas, com altitude superior a trezentos metros nas *Highlands* da Escócia e também na região dos lagos ingleses, com altitude superior a 460 metros.

Uma pesquisa realizada no verão de 2004 teve por objetivo identificar e monitorar a população especialista da espécie em mais de seiscentos pontos. No ano seguinte, o monitoramento foi repetido e o resultado apontou que a espécie estava desaparecendo, uma

¹⁹ Bioindicadores são aqueles seres vivos que indicam se um determinado local é bom ou não para a sobrevivência de determinadas espécies, denotando a qualidade ambiental do espaço, pois consegue apresentar todos os condicionantes ambientais para a manutenção da sobrevivência de determinadas espécies como água, alimento, temperatura, etc.

vez que, estes ambientes apresentaram temperaturas mais quentes. Segundo o autor da pesquisa – Chris Thomas – o processo evolutivo das espécies não consegue acompanhar a mudança climática que vem sendo observada, e isto pode trazer consequências ainda não estudadas para os serviços que determinados ecossistemas oferecem atualmente. O autor conclui que:

Se vivemos num cenário em que um quarto das espécies da Terra corre risco de desaparecer por culpa das mudanças climáticas [...], e se alteramos o sistema biológico a ponto de esse risco existir, então é preciso começar a se preocupar com o futuro dos serviços oferecidos pelos ecossistemas naturais. Em última análise, todas as plantações cultivadas são espécies biológicas; todas as doenças são espécies biológicas; todos os vetores de doenças são espécies biológicas. Diante de indícios incontestáveis de que a distribuição das espécies está mudando, podemos esperar que o mesmo movimento atinja plantações, pragas e doenças. Em parte, o problema é simples: temos apenas este planeta. E, a rigor, não sabemos quais serão as consequências do rumo que estamos dando a ele (KOLBERT, 2008, p. 91).

Além desses indicadores, outros não menos importantes também se apresentam como significativos quando se fala em aquecimento global como aumento do número de eventos extremos como ondas de calor como a que devastou a Europa em 2003. Além de ondas de calor, outras consequências como verões mais secos e quentes ocasionando incêndios florestais e mortes (Walker e King, 2008), aumento do número de tempestades tropicais, furacões e tufões como os eventos que ocorreram no ano de 2005, ano que o furacão Katrina devastou a cidade de New Orleans, nos Estados Unidos, devido às inundações. E, o branqueamento das florestas de corais ocasionado pela elevação da temperatura dos oceanos e também pela acidificação da água pela grande concentração de CO₂ que o oceano vem absorvendo.

Tais indicadores apontam que algo está errado, ou pelo menos, em desequilíbrio no sistema climatológico do planeta e que, tais mudanças estão ocorrendo há uma velocidade superior a que o homem e todos os seres vivos começam a apresentar mais dificuldades em acompanhar tal velocidade, comprometendo a sua capacidade de adaptação e evolução.

2.3 A POLÍTICA DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

A partir de estudos climatológicos e observação das mudanças que estavam ocorrendo no clima foi criado o IPCC em 1988, que passou a ser o órgão responsável pelas pesquisas sobre mudanças climáticas. O IPCC foi constituído pela Organização Meteorológica Mundial (WMO) e pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA).

Após as primeiras conclusões a respeito das mudanças climáticas globais foi estabelecida a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC), que define as mudanças do clima como uma mudança que possa estar direta ou indiretamente ligada às atividades humanas, e que possa contribuir para a alteração da composição da atmosfera global somada às variabilidades naturais do clima, observadas ao longo de períodos comparáveis (BRASIL, 2004).

Nesse caso, no plano internacional, o órgão regulador que define as diretrizes em relação às mudanças climáticas é a UNFCCC a qual estabeleceu “a base para a cooperação internacional sobre as questões técnicas e políticas relacionadas ao aquecimento global” (CARVALHO *et al*, 2002, p. 17), sendo assinada e ratificada por 175 países na Conferência Internacional sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento ocorrida no Rio de Janeiro em 1992.

Levantamentos do IPCC indicaram que a elevação da temperatura, em escala global, nesse século, foi da ordem de 0,3°C a 0,6°C, em grande parte como consequência das ações antrópicas (atividade industrial, concentração da população urbana, etc.). Essa alteração na temperatura em termos globais propicia mudanças significativas no clima, sentido especialmente, pelas populações de espécies mais vulneráveis, incluindo nessas espécies, o homem.

Diante do exposto, uma questão ainda não tem resposta concreta, haja vista a existência de um grau de incerteza em relação aos problemas causados pela elevação da temperatura no planeta, ou seja, os elementos climáticos do planeta estão mudando?. Se estão mudando, a que velocidade? Dependendo das respostas que a ciência vai apresentando, a comunidade internacional precisa estabelecer planos de governança ambiental global no sentido de evitar que o aquecimento do planeta se eleve até ou além do que está previsto nos cenários desenvolvidos pelo IPCC para os próximos 100 anos.

Assim, o Artigo 2 da Convenção do Clima tem como objetivo final a estabilização dos gases do efeito estufa em um nível no qual a atividade humana não interfira com o sistema climático, ou no qual, as mudanças no clima ocorram lentamente de modo a permitir a adaptação dos ecossistemas, além de assegurar que a produção de alimentos e que o desenvolvimento econômico sigam de uma maneira sustentável.

A Convenção do Clima entrou em vigor em 1994 e, a partir de então, os países signatários da UNFCCC passaram a se reunir anualmente para discutir o progresso de sua implementação. Esses encontros foram denominados de Conferência das Partes (COPs)²⁰ e têm por objetivo orientar e determinar o processo de negociação sobre metas e prazos específicos para a redução dos gases do efeito estufa (CARVALHO *et al*, 2002). O quadro 3 a seguir apresenta um resumo do processo de discussão para a implementação da Convenção do Clima.

²⁰ Nesse caso, Parte é o mesmo que país e a COP constitui o órgão supremo da Convenção (CARVALHO *et al*, 2002). É composto pelas partes signatárias e tem a responsabilidade de manter regularmente sob exame a implementação da Convenção, assim como quaisquer instrumentos jurídicos que a Conferência das Partes vier a adotar, além de tomar as decisões necessárias para promover a efetiva implementação da Convenção (ICLEI, sd, p. 23).

Quadro 3 – Conferência das Partes – de 1995 a 2011

Ano	COPs	Período / Local	Decisões
1995	COP – 1	28/03 a 07/04 Berlim – Alemanha	Negociação de metas e prazos específicos para a redução das emissões de gases para os países desenvolvidos (Anexo I).
1996	COP – 2	08 a 19/07 Genebra – Suíça	Declaração de Genebra: proposta de criação de obrigações legais de metas de redução.
1997	COP – 3	03 a 11/12 Kyoto – Japão	Protocolo de Kyoto: estabelece metas de redução de gases causadores do efeito estufa.
1998	COP – 4	02 a 13/11 Buenos Aires – Argentina	O Protocolo de Kyoto é aberto para assinatura em 16/03 em Nova Iorque. Plano de ação de Buenos Aires: plano de trabalho para implementar e ratificar o protocolo.
1999	COP – 5	22/10 a 05/11 Bonn – Alemanha	Terminar os trabalhos estipulados no plano de ação de Buenos Aires.
2000	COP – 6	13 a 24/11 Haia – Países Baixos	Negociações suspensas devido a ausência de acordo entre a União Europeia referente a sumidouros e as atividades de mudança do uso do solo. Brasil: decreto sobre Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas.
2001	COP – 6 ^{1/2}	18 a 27/07 Bonn – Alemanha	Retomada das negociações, porém os EUA se retiraram do processo de negociação. Argumento: os custos seriam elevados para a economia americana e contestaram a ausência de metas para os países em desenvolvimento.
2001	COP – 7	29/10 a 10/11 Marrakesh – Marrocos	Aceitação de que os sumidouros fossem descontados nos cálculos das emissões e computados como compensações.
2002	COP – 8	23/10 a 01/11 Nova Deli - Índia	Rio + 10 – Joanesburgo – África do Sul (26/08 a 04/09). Perspectiva de entrada em vigor do protocolo de Kyoto, o que não ocorreu. Pressão sobre a Rússia de modo a aumentar as chances de o protocolo entrar em vigor, subindo para o total de 53,2% do total das emissões.
2003	COP – 9	01 a 13/12 Milão – Itália	Ações para a implementação do protocolo. Teve como foco esclarecer detalhes técnicos sobre o Protocolo de Kyoto. Pressão sobre a Rússia e sobre o Canadá.
2004	COP – 10	06 a 17/12 Buenos Aires – Argentina	18/11 - Ratificação do Protocolo de Kyoto pela Rússia. Nessa reunião, os países começaram a abrir discussões a respeito do que iria acontecer quando o Protocolo de Kyoto expirasse em 2012. As discussões técnicas ainda tomaram boa parte do tempo da Conferência.
2005	COP – 11	28/11 a 09/12 Montreal – Canadá	16/02 - O Protocolo de Kyoto entra em vigor. Discussões sobre o que deve acontecer após a expiração do Protocolo de Kyoto em 2012.
2006	COP – 12	06 a 17/11 Nairobi - Quênia	Últimas questões técnicas relativas ao Protocolo de Kyoto foram finalmente atendidas. O trabalho envolvido na obtenção de um novo acordo para o período pós-Kyoto continuou, e uma série de marcos foram estabelecidos.
2007	COP – 13	03 a 15/12 Bali – Indonésia	O IPCC reconhece as ações antrópicas como significativas para a mudança do clima. Plano de Ação de Bali (Mapa balinês do caminho): andamento de negociações para um regime pós-Kyoto, ou seja, um novo documento para substituir o protocolo que está em vigor depois de 2012.
2008	COP – 14	01 a 12/12 Poznam – Polónia	Trabalho com o objetivo de levar uma proposta sobre um novo acordo climático global em Copenhague. As Partes chegaram a um acordo final sobre a operacionalização do Fundo de Adaptação que vão apoiar medidas concretas de adaptação para os países em desenvolvimento.
2009	COP – 15	07 a 18/12 Copenhague - Dinamarca	Acordo de Copenhague – Acordo para redução dos níveis de emissões, de modo que a elevação da temperatura do planeta atinja os 2°C. Considerada a mais importante reunião ambiental da história, a COP 15 terminou em clima de

			frustração por não apresentar metas estabelecidas e sim, apenas promessas de redução de emissões.
2010	COP – 16	29/11 a 10/12 Cancún – México	Mantém a proposta de que os países desenvolvidos devem financiar projetos de adaptação e mitigação em países que estão em desenvolvimento. Propõe a formação de um fundo climático até 2020, mas nada em caráter obrigatório. A discussão da continuidade ou definição de novas metas de redução do Protocolo de Kyoto foi adiada, no entanto, o texto de Cancún deixa a mensagem de que o Protocolo precisa ser prorrogado para que os países não fiquem sem metas a serem cumpridas.
2011	COP - 17	28/11 a 09/12 Durban – África do Sul	Acordo político histórico, mas adia a proteção do clima. Plataforma de Durban: base para futuro acordo político com metas de redução para os Estados Unidos e China, mas só após 2020. Estabelece um calendário para a construção de outro instrumento legal em 2015, que possa entrar em vigor a partir de 2020. Com esse instrumento todos os países terão metas obrigatórias de redução de emissões. Foi lançado o Fundo Verde do Clima (US\$ 100 bilhões anuais a partir de 2020 para ajudar os países em desenvolvimento a combater suas emissões e se adaptarem às mudanças do clima).

Fonte: até 2002 adaptado de CARVALHO *et al* (2002). De 2003 a 2011, autoria própria.

O fato dos 175 países²¹ concordarem com o objetivo final da convenção não significa que todos concordaram com as mesmas obrigações, haja vista que o acordo diferenciava as obrigações dos países industrializados dos demais países referendado no artigo 3.1, ou seja, responsabilidade comum, porém diferenciada, em função da responsabilidade histórica em emissões dos países mais desenvolvidos (KOLBERT, 2008).

Nesse caso, os países foram divididos e adicionados a uma das categorias, ou seja, desenvolvidos ou em desenvolvimento. Os países desenvolvidos ficaram no grupo denominado de Anexo I²² e os demais passaram a participar do grupo Não-Anexo I. Por esse motivo, cabe aos países mais desenvolvidos assumir os primeiros compromissos, uma vez que, historicamente, são esses países os responsáveis pela maior quantidade de emissões e, sobretudo, por apresentarem maior capacidade econômica para suportar os custos ambientais, sociais e econômicos decorrentes das mudanças climáticas globais (CARVALHO *et al*, 2002).

Desse modo, os países mais desenvolvidos precisam reduzir suas emissões em cerca de 5,2% abaixo dos níveis de 1990 no período de 2008 a 2012. Segundo o Protocolo, os

²¹ Total de países que assinaram a Convenção do Clima em 2008. Em 2010, 188 países assinaram e ratificaram o Protocolo de Kyoto, faltando apenas os Estados Unidos e a Austrália.

²² Países membros da OECD e países do antigo bloco soviético, também conhecidos como economias em transição para uma economia de mercado. Os países listados no Anexo I já apresentam metas de redução de emissões de gases (de 5% tendo como base o ano de 1990) em relação ao Protocolo de Kyoto, para o período de 2008 a 2012. Disponível em: http://www.mct.gov.br/upd_blob/0012/12425.pdf Acesso em: 17 jan. 2010.

países não pertencentes ao Anexo I não têm obrigações em reduzir suas emissões durante o primeiro período de compromisso, no entanto, tal isenção poderá ser reavaliada no futuro, não significando dizer que esses países não possam adotar políticas de combate ao aquecimento global.

Em função dessa diferenciação, os Estados Unidos da América (EUA) saem do processo de discussão por não concordarem com suas metas de redução e, ao mesmo tempo, pelo fato de o Protocolo não apresentar metas de redução para os países que estão em desenvolvimento como a China, a Índia e o Brasil, por exemplo.

Segundo Carvalho *et al*

Devido ao afastamento dos Estados Unidos das negociações e de sua negativa para a ratificação, quase todos os outros países do Anexo I precisam ratificar o Protocolo para que este entre em vigor. Isto se dá pelo fato de que somente os Estados Unidos são responsáveis por aproximadamente 36% das emissões totais do Anexo I, tomando por base o ano de 1990 (CARVALHO *et al*, 2002, p. 21).

O fato é que, para entrar em vigor, o Protocolo precisava ser ratificado por 55 Estados Partes da Convenção que compreendiam 55% das emissões totais de CO₂ em 1990, de acordo com o artigo 23 da Convenção. Por esse motivo, havia uma pressão internacional para que a Rússia e o Canadá ratificassem o Protocolo, de modo que com a entrada desses países, o total de emissões iria para 56,5%.

O Protocolo ficou em discussão no período de 1997 até 2004 quando, finalmente, a Rússia o assinou em novembro de 2004 e, com a entrada desse país foi atingido o percentual de 55% das emissões geradas em todo o planeta. Para atingir as metas de redução, os países poderiam instituir políticas e regulamentações que limitassem as emissões diretamente ou que criassem incentivos para melhorar a eficiência nos setores energéticos, industrial e de transportes, promovendo o maior uso de energias renováveis (GIDDENS, 2010).

Para isso, o funcionamento do Protocolo permite a existência de mecanismos de flexibilização, nos quais, os países industrializados podem comercializar créditos de carbono entre si, a saber:

- Comércio de Emissões (Anexo I) – Venda do excesso de redução entre os países do anexo I.
- Implementação Conjunta (Anexo I) – Implementação de projetos onde os custos de redução sejam mais baixos entre os países desenvolvidos.
- Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL).

O MDL tem por objetivo financiar, via países desenvolvidos (Anexo I), projetos que contribuam para o desenvolvimento sustentável nas áreas energéticas, florestais e de transportes nos países que estão em processo de desenvolvimento (Não-Anexo I) e transformá-los em créditos de carbono (CARVALHO *et al*, 2002).

Como pode ser observado, o princípio poluidor-pagador norteia a ideia mercadológica que envolve a política da mudança climática, ou seja, quem polui mais, paga mais. Segundo Giddens,

Ele significa que os causadores da poluição – ficando no alto da lista os responsáveis pelas emissões de carbono – devem receber uma cobrança proporcional aos danos que provocam. Essa é a lógica por trás dos impostos sobre as alterações climáticas e dos mercados de carbono, e é também a origem do princípio de que os países que mais contribuíram para os gases do efeito estufa no passado devem fazer os maiores cortes no presente (GIDDENS, 2010, p. 93-94).

No bojo dessa questão, a utilização de instrumentos econômicos não permite que haja uma verdadeira mudança nos padrões de consumo e produção capitalista, retardando simplesmente (ou transferindo?), os efeitos do aquecimento global em (para) ecossistemas locais.

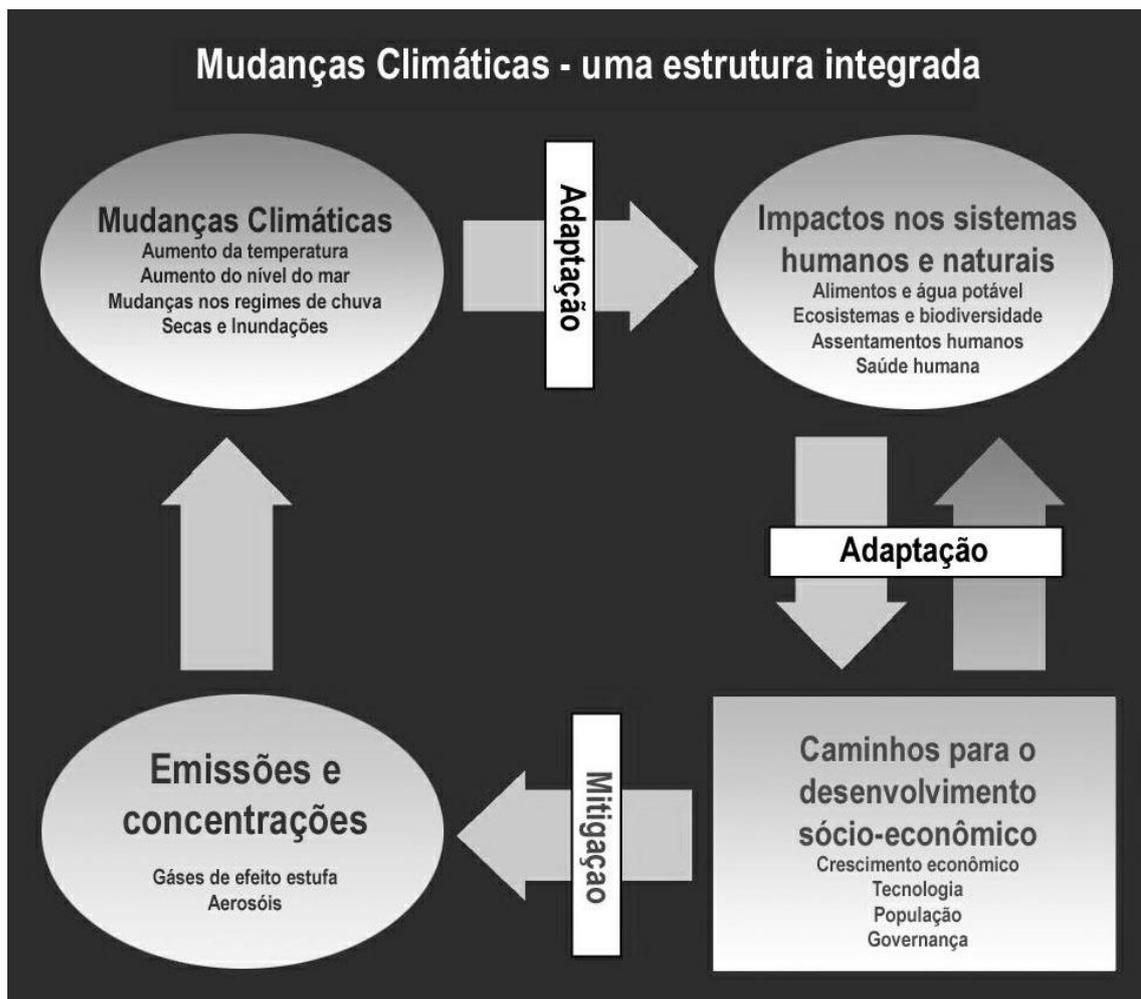
Entretanto, mesmo que o Protocolo de Kyoto tenha apresentado metas muito tímidas de redução (5%), registrando, dessa forma, falhas significativas ao longo de todo o seu processo de discussão e implementação, ele foi fundamental para a busca de um consenso no nível internacional quanto ao controle das emissões de gases do efeito estufa e, conseqüentemente, das mudanças climáticas globais (WALKER e KING, 2008). De acordo com os autores:

A primeira fase do protocolo de Kyoto terminará em 2012, e o mundo precisa urgentemente fechar um novo acordo que tenha metas muito mais ambiciosas. Ao passo que a ciência nos diz que devemos reduzir as emissões de forma drástica, estamos hoje, no caminho errado. As emissões globais estão se acelerando. Na

década durante a qual o Protocolo de Kyoto foi planejado e assinado – os anos 1990 – as emissões de gases do efeito estufa provenientes de queima de combustível fóssil e da indústria cresceram na taxa de 1,1% ao ano. Nos primeiros anos do século XXI, essa taxa havia subido para 3% ao ano – e ainda está crescendo (WALKER e KING, 2008, p. 170).

Assim, a busca pela ratificação do Protocolo pelos EUA, na condição de ser a economia mais rica do mundo e, conseqüentemente, a maior em emissões de gases, torna-se especialmente importante e essencial para a busca de maiores metas de redução. Essa questão denota a complexa dificuldade de articulação no nível internacional, visto que, discutir o problema global das mudanças climáticas, significa antes de mais nada, reconhecer o problema e, a partir dele, buscar medidas de adaptação e mitigação com o objetivo de manter o pleno desenvolvimento das populações presentes e futuras (Figura 9).

Figura 9 – Estrutura de governança integrada das mudanças climáticas



Por esse motivo, haja vista as dificuldades em chegar aos acordos definitivos e ambiciosos no nível internacional, os gestores locais tornam-se uma peça fundamental na busca de redução de seus níveis de emissão em termos locais, tanto para o enfrentamento do aquecimento global como para identificação de perspectivas de mitigação e de adaptação em seus respectivos espaços geográficos. E isso, só pode ser feito, a partir de um retrato sobre as emissões de gases no nível local, para que as ações a serem implementadas sejam mais específicas e direcionadas, implicando de igual forma em redução de custos.

2.3.1 O Brasil e as Mudanças Climáticas

O Brasil como um país signatário do Protocolo de Kyoto, de acordo com o princípio “responsabilidade comum, porém diferenciada” e, em função de sua caracterização como um país em desenvolvimento não tem metas obrigatórias de redução dos gases do efeito estufa para o primeiro período do protocolo, ou seja, de 2008 a 2012.

Entretanto, o país vem se articulando com políticas e planos voltados para o enfrentamento do aquecimento global, de modo que, comparativamente aos países desenvolvidos ou em desenvolvimento, o Brasil vem se esforçando para combater os efeitos das mudanças climáticas. O Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas (FBMC) foi instituído pelo Decreto nº 3.515 de 20 de junho de 2000, com o objetivo de conscientizar e mobilizar a sociedade em relação aos efeitos das mudanças climáticas causadas pelo efeito estufa. O país também instituiu através do Decreto nº 6.263 de 21 de novembro de 2007 o Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima, constituído por todos os ministérios que compõem o Governo Federal.

Juntamente com o FBMC, esse Comitê desenvolveu o Plano Nacional de Mudanças Climáticas (PNMC), disponível para consulta pública em setembro de 2008, com o objetivo de democratizar o processo de discussão junto à sociedade, de modo que o PNMC ficou disponível na página de internet do Ministério do Meio Ambiente para receber sugestões da sociedade civil em vários temas (energia, florestas, indústrias, resíduos e transportes). Ao longo de trinta dias disponível para contribuição, foram registradas pouco mais de 100 sugestões por parte da sociedade civil. Entende-se, entretanto, que as contribuições podem

não ter ocorrido em função da pouca divulgação do plano nos principais meios de comunicação.

Mesmo assim, ao final desse ano (2008), o Comitê disponibilizou o resultado do plano, o qual define as principais diretrizes a serem perseguidas para o enfrentamento das consequências do aquecimento global no país.

De acordo com o PNMC,

O Brasil muito tem feito para o enfrentamento do problema, tornando-se uma das principais referências mundiais quanto à conquista de soluções adequadas perante esse gigantesco desafio – a exemplo de nossa matriz energética – e estamos engajados a fazer ainda mais, no âmbito de um esforço verdadeiramente global de combate à mudança do clima. Nesse sentido, atuamos tanto no plano interno, quanto nas negociações internacionais relativas ao tema, nas quais buscamos viabilizar um amplo esforço internacional justo e equitativo, para evitar que as populações, especialmente as mais pobres e que nada fizeram para gerar o problema, sofram ainda mais com as consequências de padrões insustentáveis de produção e consumo dos países mais ricos (BRASIL, 2008b, p. 5).

Como interlocutor do problema em nível global, o Ministério da Ciência e Tecnologia é o articulador internacional do país, assim como, também é o responsável pela seleção de projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo e pesquisas de desenvolvimento tecnológico. No Ministério do Meio Ambiente está estruturada a Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental, responsável pela proposição de políticas e estratégias de combate ao aquecimento. No que concerne à capacitação de gestores municipais, o Ministério das Cidades está desenvolvendo projetos de capacitação voltados para projetos MDL.

No cenário internacional, o Brasil destaca-se tanto no seu papel de ator participativo nas discussões sobre as mudanças climáticas globais, quanto nas suas iniciativas em busca de medidas de redução dos gases do efeito estufa. O MDL, por exemplo, resultou de uma proposta brasileira de construção de um “Fundo de Desenvolvimento Limpo”. Esse fundo seria originado por recursos oriundos dos países do Anexo I que não cumprissem suas metas de redução, como medidas punitivas. Assim, os recursos arrecadados seriam utilizados para apoiar programas de adaptação e transferência de tecnologia para países em desenvolvimento (CARVALHO *et al*, 2002; PEREIRA, 2002).

Segundo Pereira e May (2003)

A proposta do Fundo contém um caráter fortemente punitivo consoante com o princípio Poluidor-Pagador, segundo o qual os agentes geradores da poluição devem arcar com o custo social externo associado ao dano ambiental causado por esta poluição, que nesse caso são as consequências trazidas pelas mudanças climáticas. As partes que não cumprissem suas metas de mitigação deveriam contribuir para o Fundo com um certo valor monetário por tonelada de carbono emitida além dos limites estabelecidos (PEREIRA e MAY, 2003, p. 232).

Entretanto, após várias negociações em torno dessa proposta, ocorreram algumas modificações em relação à ideia original, ou seja, a ideia de Fundo se consolidou como um mecanismo com o objetivo de ajudar os países do Anexo I a atingirem suas metas de redução através de projetos de desenvolvimento sustentável a serem desenvolvidos nos países em desenvolvimento nas áreas energéticas, florestais e de transportes (PEREIRA, 2002; PEREIRA e MAY, 2003).

Nesse caso, a grande crítica que emerge da concepção e fundamentação do MDL é “oriunda da permissão implícita de que, investindo na redução de emissões nos países em desenvolvimento, os países industrializados não reduzam o nível de emissões de GEE na magnitude necessária” (PEREIRA e MAY, 2003, p. 234). Entretanto, independente das críticas sofridas, o MDL se consolidou e a partir de sua implementação, centenas de projetos vêm sendo desenvolvidos de acordo com a proposta do mecanismo, que é o comércio referente aos créditos de carbono, tanto no Brasil como em outros países em desenvolvimento signatários do protocolo de Kyoto.

Retomando a questão sobre o papel do Brasil face às mudanças climáticas, em nível regional e local estão havendo articulações institucionais que envolvem também a sociedade civil, tais como o Fórum Pernambucano de Mudanças Climáticas e também iniciativas nesse sentido na cidade do Recife. Essa estrutura de organização e articulação do país vem contribuindo para a governança global e local, fundamental para as discussões que envolvem a temática do aquecimento global e das mudanças climáticas.

No Brasil, os dados sobre o inventário nacional são fornecidos pelo Ministério de Ciência e Tecnologia de forma que, os dados sobre emissões foram distribuídos em três grandes setores, ou seja, o setor de transporte contribui com 9,2% das emissões, o setor energético contribui com 15,4% e o desmatamento contribui com 75,4%, sendo esse o grande vilão brasileiro em emissões globais de CO₂ (BRASIL, 2007). Entretanto, esses dados são pontuais e caracterizados em algumas variáveis como o setor de transporte e o setor energético, não existindo, portanto, dados que caracterizem o total das emissões no contexto

da cidade como um todo, haja vista que serão nesses espaços que os impactos decorrentes do aquecimento global se farão mais presentes, em virtude do tamanho da população urbana. Assim, existe a necessidade de se identificar tais emissões em conjunto e observar como cada cidade se comporta diante das emissões lançadas na atmosfera e que medidas de mitigação ou de adaptação serão tomadas a partir dos dados encontrados.

O PNMC desenvolvido pelo Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima, em nenhum momento trata de monitoramento e avaliação através de indicadores ou de qualquer outra forma de mensuração, faltando, portanto, levar em consideração a devida importância aos processos de monitoramento e avaliação.

Isso ocorre por que

O objetivo geral do Plano Nacional sobre Mudança do Clima é identificar, planejar e coordenar as ações e medidas que possam ser empreendidas para mitigar as emissões de gases de efeito estufa geradas no Brasil, bem como àquelas necessárias à adaptação da sociedade aos impactos que ocorram devido à mudança do clima (BRASIL, 2008c, p. 26).

Outra questão que merece uma reflexão é a ausência do contexto cidade dentro do PNMC. Essa discussão perpassa através das temáticas indústrias, resíduos e transportes, mas não de forma integrada, mas sim de forma dissociada do todo. Além disso, a participação da sociedade nos vários níveis de discussão (global, regional e local) sobre a temática, torna-se preponderante.

Sobre essa questão, o PNMC no que tange à participação da sociedade afirma que, “as escolhas são feitas à medida que a sociedade reconhece o problema, compreende a dinâmica das múltiplas forças que o provocam, define-se como parte da solução e se vê como beneficiárias das decisões tomadas” (BRASIL, 2008b, p. 6-7).

Assim, a capacidade de superação das cidades vai depender, única e exclusivamente, de sua capacidade, enquanto sociedade, de instituir políticas públicas que viabilizem a redução e mitigação dos gases do efeito estufa. Entretanto, para isso, existe a necessidade de agregar dados que possam diagnosticar a relação entre cidades e aquecimento global, e é nessa perspectiva que a tese se desenvolve.

Capítulo 3

*Anda, parar é covardia
e olhar para a cidade do passado é ignorância.*

Khalil Gibran



3 CIDADES, CLIMA E VARIAÇÃO DA TEMPERATURA

Esse capítulo traz as principais características que compõem a cidade e suas influências para a composição do clima urbano e, conseqüentemente, seu potencial de emissão de gases do efeito estufa. Para isso, traça uma relação entre o contexto de formatação das cidades e a formação de ilhas de calor como uma das causas para a variação da temperatura no nível local. Está dividido em quatro partes: (3.1) a relação entre as cidades (pressão) e os gases do efeito estufa que levam às mudanças climáticas (estado), (3.2) a composição do clima urbano, onde são discutidas as influências naturais e antrópicas para a composição desse clima, (3.3) as influências das cidades para a elevação da temperatura a partir de seus condicionantes urbanos e (3.4) seu papel para combater o aquecimento como espaço para se implementar políticas de adaptação e mitigação frente aos impactos causados pelas mudanças climáticas.

3.1 RELAÇÃO ENTRE CIDADES E GASES DO EFEITO ESTUFA

A definição sobre cidades varia muito e por vezes torna-se complexa. Por sua vez, é nelas que está abrigado um contingente populacional com suas relações sociais, econômicas e culturais (FREITAS, 2008). Para a ONU, é todo aglomerado com mais de 20.000 habitantes. Já para o IBGE, cidade é a sede do poder municipal, não importando o número da população residente. Para isso, o IBGE classifica as cidades em: de pequeno, médio e grande porte.

Já para Dias (2002) a cidade é considerada uma

[...] categoria de uso da terra, destinada à habitação humana, ao transporte, à indústria e a outras atividades inerentes ao metabolismo urbano, que constituem as áreas mais alteradas da biosfera e a de mais intenso metabolismo, dezenas e até mesmo centenas de vezes mais intensos do que as áreas naturais de maior intensidade metabólica, como os manguezais e corais (DIAS, 2002, p. 32).

Para o autor, por essa categoria e especificidade, as cidades se apresentam como causadoras de pressão ambiental devido às profundas modificações da paisagem natural para atender as demandas da sociedade.

Nesse sentido, Monteiro (2009) questiona: o que é a cidade se não as pessoas? Por isso, esse espaço vem sendo, ao longo do tempo, ocupado para a moradia das populações. Além do que “as cidades são – por excelência – os lugares onde as resultantes ambientais configuram-se como obra conjunta de uma natureza retrabalhada e afeiçoada aos propósitos do viver humano” (MONTEIRO, 2009, p. 10.), ou seja:

Concentração de população, estruturada socialmente, produzindo economicamente e, pelas suas funções e múltiplos serviços, núcleo de polarização e organização do espaço, e tudo o mais que daí decorre, a cidade é, também, o lugar de mais efetiva interação entre o Homem e a Natureza (MONTEIRO, 2009, p.10).

O autor segue afirmando que, por esse motivo, “o universo urbano está amplamente aberto ao que há de mais interdisciplinar” (MONTEIRO, 2009, p. 10) e, por isso mesmo, complexo, pois o ambiente natural está cada vez mais sendo transformado para atender aos propósitos da sobrevivência humana em sociedade. Em relação ao clima urbano as interações são tanto naturais quanto antrópicas e, por esse motivo, torna-se quase impossível dissociar os efeitos de um no outro e vice-versa.

Entretanto, independentemente do conceito adotado, Freitas (2008) afirma que, as cidades, em termos territoriais, ocupam 2,5% da superfície terrestre e, por outro lado, consomem 75% dos recursos disponíveis, levando às pressões ambientais, não apenas sobre os recursos disponíveis, mas também sobre sua infraestrutura e seus equipamentos.

No que se refere às mudanças ambientais relacionadas à atmosfera, as cidades se constituem como um espaço extremamente complexo, tanto como causadora das mudanças observadas, como também vítima dos efeitos de tais mudanças. E é no campo de tal complexidade que o sistema de indicadores de identificação das fontes de emissões ora proposto se estabelece, visto que, as características urbanas e ambientais que norteiam as cidades são praticamente interligadas.

Em relação à elevação da temperatura, as cidades, sejam elas de pequeno, médio ou grande porte, concentram calor se comparadas com suas áreas circundantes (ilhas de calor). Essa concentração de calor está associada a algumas características que são inerentes às cidades, tais como: impermeabilização do solo, consumo de energia, contingente populacional, atividades econômicas, transportes e produção de resíduos.

Para a formulação dos indicadores, foi preciso extrair dos condicionantes urbanos, variáveis explicativas que são mais relevantes do ponto de vista das emissões de gases e da elevação da temperatura nesses espaços, pois, esses ajudaram a compor um modelo da realidade de uma forma mais simplificada.

De acordo com o relatório do Observatório das Cidades (FASE, 2005), as cidades são classificadas em função da concentração populacional e da concentração de riqueza. Essas duas variáveis são significativas, pois exercem pressão sobre as bases naturais do ambiente, ou seja, quanto maiores às populações e o nível de riqueza, maior a pressão ambiental nesses espaços. Tais variáveis implicam em pressão por produção, pressão por transporte, pressão por consumo de energia e pressão por moradia, dentre outras.

Dessa forma, as pressões ambientais que norteiam as cidades implicam em impactos em relação à água, ao solo e ao ar. Em relação ao ar, tais impactos ocorrem em função da poluição (poeira, partículas) e também por conta das emissões de gases do efeito estufa, pois a elevação dos níveis de concentração de tais gases aprisiona o calor e provoca a elevação da temperatura em nível local (ilhas de calor) e em nível global (aquecimento global).

Como os dados sobre emissões no Brasil compreendem cerca de 25% relacionados aos condicionantes urbanos, duas questões se tornam importantes para compor essa caracterização: a urbanização e as atividades econômicas. Esses dois fatores implicam em mudança no uso do solo, densidade construtiva, impermeabilização do solo, emissões atmosféricas e hídricas, ausência de elementos de sequestro de CO₂ e aumento da temperatura, ou seja, a cidade além de ser um sistema complexo, é poluente.

Para classificar as cidades em relação às emissões de gases, é preciso identificar que condicionantes urbanos estão relacionados ao aumento da temperatura nesses espaços e quais gases são os mais presentes em níveis de concentração. A literatura existente nos dá alguns indicativos sobre tais condicionantes urbanos, que acabam sendo características comuns a todas as cidades, independentes se, se apresentam em maior ou em menor grau de concentração.

A partir da literatura existente, o que se tem identificado como características da cidade que emitem ou potencializam a emissão de gases do efeito estufa estão listados no Quadro 4 a seguir:

Quadro 4 – Relação entre os gases do efeito estufa e os condicionantes urbanos

Gases	Condicionantes urbanos
CO₂	Impermeabilização do solo
	Consumo de energia
	Contingente populacional
	Atividades econômicas
	Transporte público/privado
CH₄	Produção de resíduos

Fonte: autoria própria

Como condicionante urbano, embora a impermeabilização do solo, não emita gases diretamente, a utilização dos materiais utilizados nessa impermeabilização favorecem a elevação da temperatura nas cidades e não proporcionam a absorção de água pelo solo. Em relação ao consumo energético, este está relacionado tanto ao consumo de energia elétrica (diretamente não emite gases a partir do consumo em si, mas essencialmente a partir de sua produção) como no consumo de combustíveis fósseis, diretamente responsáveis pela emissão de carbono para a atmosfera.

A concentração populacional é outro fator que contribui para as emissões atmosféricas, uma vez que a simples presença humana já colabora para tais emissões. Tais contribuições são advindas, principalmente, dos hábitos de consumo moderno, como pela forma de produção intensiva no uso de recursos naturais a partir do atual sistema de produção econômica. No entanto, é preciso destacar que nem todas as atividades econômicas são emissoras de gases, destacando nesse caso, principalmente as atividades industriais que se utilizam de recursos de origem fóssil ou que produzem resíduos gasosos que são dispersos na atmosfera.

Além disso, o sistema de transporte baseado essencialmente no transporte privado (caso do Brasil) torna-se um dos principais contribuintes em emissões atmosféricas em função do intensivo uso de combustíveis fósseis. De igual forma, outro problema grave refere-se às emissões oriundas da produção de resíduos haja vista que o país destaca-se pelo descaso em relação ao sistema de coleta, tratamento e disposição final de resíduos sólidos de maneira

inadequada. Em conjunto tais condicionantes urbanos se apresentam como os principais contribuintes não apenas em emissões atmosféricas, mas também pela sua capacidade de reter calor, contribuindo significativamente para a formação do clima urbano e para as emissões atmosféricas no nível local.

Levando-se em conta que o CO₂ e o CH₄ em termos de concentração e, do seu poder de reter calor, são os gases mais significativos dos gases que compõem o efeito estufa e que, por sua vez, estão relacionados às emissões que ocorrem no âmbito das cidades, serão utilizados como os únicos emitidos nesse contexto. Entretanto, é preciso destacar que outros gases relacionados às cidades também apresentam poder de reter calor como o óxido nitroso (N₂O) e os Clorofluorcarbonos (CFCs), mas, os níveis de concentração de tais gases são muito baixos, principalmente, os CFCs por conta do seu estágio de controle avançado a partir do Protocolo de Montreal.²³

Assim, a seleção dos dados de base estatística deve ser, preferencialmente, em função dessas características, no entanto, dependendo de outras características que surjam como importantes para especificação de cada realidade podem vir a ser consideradas quando necessário ou para melhoramento da proposta.

Outro fator que reflete em impactos ambientais urbanos trata-se dos conflitos urbanos e ambientais, que, como afirma Monteiro (2009), essa relação ocorre em função de um exacerbado processo de urbanização ocorrida no Brasil a partir da década de 1970, baseado principalmente em ocupações improvisadas e ilegais em que questões ambientais foram negligenciadas, ou até mesmo esquecidas, para dar espaço para as estruturas econômicas e sociais que estavam se formando.

As consequências de uma ocupação urbana desordenada, nem sempre ilegal, e sem o princípio ambiental nela inserida se rebate para as populações urbanas, entre outros impactos, como os efeitos da ilha de calor urbano. Tal variação da temperatura traz impactos significativos para a estrutura urbana e para a sua população residente, tornando esse espaço extremamente vulnerável quando se trata de mudanças climáticas globais e locais. De igual forma, as cidades que conhecem seu potencial de emissões apresentam mais capacidade de gerir mudanças no sentido de reduzir tais emissões e de propor medidas adaptativas.

²³ Protocolo de Montreal: Acordo internacional sobre os gases que destroem a camada de ozônio, ou seja, os CFCs (cloro-flúor-carbonos) criado na Convenção de Viena em 1985. Disponível em: www.protocolodemontreal.org.br. Acesso em: 11 nov. 2009

Um estudo recente feito pelo grupo de pesquisa sobre mudanças climáticas urbanas da Universidade de Columbia (Climate Changes and Cities, 2011) apresentam algumas estratégias que ajudam os gestores públicos a identificarem os riscos associados às mudanças climáticas, as vulnerabilidades em que suas cidades se encontram, assim como sua capacidade de adaptação (ROSENZWEIG *et al*, 2011).

Assim, no relatório apresentado pelos autores da pesquisa, a mudança climática em áreas urbanas vem sendo percebida de várias formas pela população residente, como ondas de calor, sentidas, principalmente, pela população mais jovem (crianças de até 2 anos) e pela população mais idosa; frequentes e intensas enchentes que comprometem o abastecimento de água; aumento do nível do mar, afetando a população costeira e que afetam a infraestrutura urbana, propriedades e ecossistemas.

De acordo com as estimativas, as cidades são responsáveis por menos de 40% das emissões globais de gases do efeito estufa, no entanto, à medida que a densidade demográfica vai se elevando, o nível de emissões nas cidades vem se expandindo ao longo dos anos.

Tais mudanças no clima urbano requerem que as cidades sejam repensadas com o objetivo de proteger sua população residente. Para isso, investimentos em infraestrutura devem ser priorizados, bem como entender como mudanças do clima urbano podem afetar planos de desenvolvimento no longo prazo.

Dessa maneira, o objetivo do relatório sobre cidades e mudanças climáticas busca focar sobre como a ciência do clima e a pesquisa socioeconômica podem construir um mapa de vulnerabilidade das cidades em relação às mudanças climáticas e como podem encontrar medidas de capacidade de adaptação e mitigação em diferentes escalas de tempo.

Assim, os autores construíram um mapa de vulnerabilidade para as cidades, relacionado às mudanças climáticas, composto por três indicadores:

- Riscos climáticos (frequência e duração de eventos climáticos extremos);
- Vulnerabilidades (social, econômica ou física);
- Capacidade de adaptação (informação, instituições, governança).

A identificação de cada setor do mapa de riscos e vulnerabilidades das cidades permite desenvolver planos de adaptação e mitigação mais específicos, por esse motivo as cidades passaram a ser vistas como ponto inicial para se tomar medidas de redução das emissões dos gases do efeito estufa.

Nas cidades em que os dados sobre riscos climáticos (tendências e projeções) estão completamente disponíveis, tais dados podem ser utilizados para a produção de planos de ação adaptativos com resultados que se aproximem o mais perto possível da realidade, no entanto, nas cidades nas quais não existem dados ou estes estão disponibilizados em estágios iniciais, tais planos podem ser inicializados com informações mais generalizadas como ponto de partida (ROSENZWEIG *et al*, 2011).

Nessa perspectiva, o entendimento sobre a composição do clima urbano é fundamental para o planejamento de ações no longo prazo, uma vez que as cidades apresentam questões singulares, e ao mesmo tempo complexas que precisam ser consideradas nos planos de ação.

3.2 O CLIMA URBANO

A concepção de clima prende-se àquela dos estados médios dos elementos atmosféricos sobre dado lugar. Assim, o clima de uma região é determinado pela dinâmica entre fatores climáticos globais (latitude, longitude, continentalidade, correntes marítimas e deslocamento de massas de ar), fatores locais (revestimento do solo, topografia) e elementos climáticos (umidade, temperatura, pluviosidade, velocidade dos ventos) (FREITAS, 2008; BARBIRATO; SOUZA; TORRES, 2007). Tal composição define e caracteriza o clima de determinada região, não havendo climas iguais em nenhuma parte do globo terrestre.

Além disso, Monteiro (2009) destaca o problema da circulação atmosférica regional, ou seja, a sucessão dos tipos de tempo que perpassam pela cidade, já que a circulação atmosférica regional é dada pelo movimento em larga escala da atmosfera e o meio, inclusive as correntes oceânicas, através do qual o calor é distribuído por todo o globo terrestre. Essa circulação atmosférica pode variar em escala e intensidade, variando significativamente de ano para ano.

Dentre as várias subdivisões existentes sobre o estudo da climatologia, esse estudo destacará a climatologia urbana que tem como objeto de investigação o impacto da urbanização no clima local. De acordo com Nascimento (2011), essa linha de pesquisa compreende o clima da cidade, “enfocando inicialmente uma análise espacial local (clima local) que se estende a níveis regionais (clima regional) e globais (clima zonal/global), destacando-se em cada escala, a influência urbana” (COLTRI, 2006 *apud* NASCIMENTO, 2011, p.14).

Embora o estudo do clima seja extremamente complexo devido às influências naturais e antrópicas que ele recebe, é possível perceber que existem relações que podem ser estabelecidas entre o ambiente externo no qual a cidade está inserida e o ambiente interno produzido pela dinâmica urbana em seus vários condicionantes.

Nesse sentido, pode-se observar a complexidade existente no sistema climático, uma vez que, vários fatores agindo em equilíbrio determinam sua composição. É importante ressaltar que, tal sistema tende a buscar o equilíbrio, seja com temperaturas mais altas ou mais baixas.

De acordo com Monteiro (2009) o clima urbano é dado tanto em função do clima de um determinado espaço terrestre (fatores naturais) como pelo processo de urbanização dado pelos fatores antrópicos. Nesse sentido o mais importante não é a definição, propriamente dita, de onde começa e termina a influência de um fator sobre o outro, mas sim compreender que à medida que uma cobertura natural, por exemplo, vai sendo suprimida, o novo espaço urbanizado criará um novo microclima, como diz a citação feita pelo autor:

É muito difícil decidir, de forma objetiva, em que ponto da densidade populacional e da construção a influência sobre o clima começa. Qualquer mudança na cobertura do solo natural destrói microclimas existentes (GEIGER, 1950). Cada forma, cada casa e cada estrada causa um microclima novo (LANDSBERG, op. Cit., p 584 *apud* MONTEIRO, 2009, p. 19).²⁴

Para o autor, a contribuição de H. E. Landsberg (*The climate of Towns*, 1956) representa o marco histórico sobre estudos climatológicos, já que é a primeira síntese sobre estudos do clima urbano. Desse modo, o trabalho de Landsberg “preocupa-se em, apontar os

²⁴ It is quite difficult to decide, in an objective fashion, at what point of population and building density a notable influence upon climate begins. Any change in the natural ground cover destroys existing microclimates (GEIGER, 1950). Every form, every house and every road causes a new microclimate (LANDSBERG, op. Cit., p 584 *apud* MONTEIRO, 2009, p. 19). (Tradução nossa.)

atributos fundamentais que particularizam os estados atmosféricos que, em contraste com os espaços circundantes, se observam graças à interferência urbana” (MONTEIRO, 2009, p. 11).

E é a partir dessa indissociabilidade que nasce a complexidade do tema e das discussões geradas em seu entorno. Para o autor, o espaço urbanizado interage não apenas em seus aspectos locais, ou seja, está inserido e recebe influências do clima regional.

O clima local se insere em climas sub-regionais e sazonais, assim como pode ser dividido até os microclimas. A cidade tanto se integra em níveis superiores como se divide em setores, bairros, ruas, casas, ambientes internos, etc. As divisões do ponto de vista sistêmico são inconsequentes, importando predominantemente as relações entre as diferentes partes em que se compõe ou decompõe o sistema para o desenvolvimento das funções organizadoras (MONTEIRO, 2009, p. 20).

Para entender estas influências externas (fatores naturais) e internas (urbanização) o autor se utilizou da Teoria Geral do Sistema para criar o Sistema Clima Urbano (SCU), engendrando o SCU dentro da categoria dos sistemas abertos uma vez que este recebe influências endógenas e exógenas.

O SCU visa compreender a organização climática peculiar da cidade e, como tal, é centrado essencialmente na atmosfera que, assim, é encarada como *operador*. Toda ação ecológica natural e as associações aos fenômenos da urbanização constituem o conjunto complexo sobre o qual o operador age. Por isso, tudo o que não é atmosférico e que se concretiza no espaço urbano, incluindo o homem e demais seres vivos, constitui elementos do sistema, estruturando-se em partes que, através de suas reações, definem atributos especiais. Assim, esse conjunto complexo e estruturado constitui o operando do sistema. Pela sua natureza, é um tipo especial de operando, que não é estático ou passivo (MONTEIRO, 2009, p. 20).

De acordo com o modelo desenvolvido pelo autor, “o SCU não pode ser definido apenas pela superposição ou adição de suas partes (ecológica, morfológica ou funcional urbana), mas principalmente pela correlação entre elas” (MONTEIRO, 2009, p. 23). E é a partir do entendimento de que os condicionantes urbanos tanto influenciam na composição do clima urbano como também este é influenciado pelos fatores e elementos climáticos que as relações teóricas postas nesse trabalho se estabelecem.

Recentemente, vem sendo observado em todo o planeta um desequilíbrio no sistema climático, no qual as temperaturas vêm aumentando significativamente se caracterizando como aquecimento global. Sabendo-se que todos os fatores citados anteriormente influenciam

o clima, quando se acrescenta a esses, os fatores antrópicos, um sistema que já era complexo torna-se ainda mais complexo.

Freitas (2008) define quatro fatores climáticos antrópicos que contribuem para a formação do clima urbano: os volumes edificados, o traçado viário, a superfície do solo e as atividades antrópicas.

De acordo com o autor, dependendo do material construtivo utilizado, os volumes edificados intensificam o aquecimento, pois absorvem calor (radiação), sem, contudo, conseguirem dissipar essa radiação na mesma proporção. Por esse motivo, os volumes edificados provocam mudanças no microclima como: vegetação, iluminação, ventilação e umidade.

O traçado viário também contribui para a elevação da temperatura, pois, dependendo da sua função (arterial, coletora ou local), pode suportar um número maior de veículos, produzindo, dessa maneira, mais ruído e mais gases para a atmosfera.

Tanto os volumes edificados, como o traçado viário modificam de forma significativa a superfície do solo, em função da impermeabilização do mesmo, o qual, “a depender dos materiais utilizados e do seu calor específico, interferirá sobre o albedo, que é o calor absorvido por um material e em seguida refletido de volta ao ambiente” (FREITAS, 2008, p. 89).

O autor segue afirmando que

As elevadas temperaturas das superfícies pavimentadas provocam também a elevação da temperatura do ar e de outras superfícies do entorno. Essas características de aquecimento e a transmissão desse para o ambiente são agravadas quando a forma urbana não favorece o desprendimento do calor. Da cidade como um todo para o centro desta, a forma em cânion também agrava a estocagem de calor (FREITAS, 2008, p.89).

De igual forma, as atividades antrópicas em geral, como o sistema de transporte, a impermeabilização do solo, a construção e a industrialização, favorecem a produção de mais

calor e poluição. Dessa maneira, as partículas concentradas no domos²⁵ permitem a produção do efeito estufa.

Young (2009) também corrobora com essa questão quando diz que

A paisagem urbana se desenvolve dentro de uma lógica e um padrão de espacialização que favorece o aumento crescente de automóveis nas ruas, o excesso de pavimentação, a supressão da vegetação em detrimento do processo de ocupação, o aumento do consumo de energia, etc. (YOUNG, 2009, p. 243).

Assim, a interação entre esses fatores influenciam na composição do clima urbano, uma vez que, a cidade, devido à sua formatação, interfere na dinâmica natural da composição do clima. Para Freitas (2008), a formação do clima urbano é determinada pelas:

Modificações locais das características do clima geral, constituídas por diferenças nas condições climatológicas, tais como aumento da temperatura, diminuição da umidade, aumento da pluviosidade, modificações na ventilação e na composição da atmosfera, decorrentes dos fenômenos associados ao *processo de urbanização* (Freitas, 2008, p. 70, grifo nosso).

De igual forma, Monteiro também comunga dessa conceituação quando diz que “o clima de um lugar (de uma cidade) não pode ser entendido apenas com os valores médios de seus elementos externos (temperatura, pressão, etc.), mas também de seus elementos internos (urbanização)” (MONTEIRO, 2009, p. 23).

Essa interferência é chamada de clima urbano ou clima típico de cidades, ou seja, os climas urbanos são distintos “daqueles com áreas menos construídas por diferenças de temperaturas do ar, de umidade, velocidade e direção dos ventos e quantidade de precipitação” (BARBIRATO; SOUZA; TORRES, 2007).

Para Freitas (2008), a formação do clima urbano não depende apenas da localização em que a cidade está inserida, mas também de fatores relacionados à urbanização.

O autor segue afirmando que

²⁵ Forma esférica ou convexa, que se assemelha a uma cúpula que envolve as cidades. Nas grandes metrópoles, a exemplo de São Paulo, o domos pode ser visto a olho nu devido a grande concentração de partículas de poeira e poluentes existentes na cidade.

Os fatores climáticos antrópicos, agindo de maneira relacionada, geralmente contribuem para o aumento da temperatura do ar e a diminuição da umidade relativa do ar, além de modificarem a constituição química do ar, assim como a velocidade e a direção dos ventos. Partindo do princípio de que, ao desenvolvermos qualquer atividade, liberamos energia, então, a simples presença humana provocará mudanças no ambiente em que ela se encontra (FREITAS, 2008, p. 83).

Voltando o olhar para a cidade, que relações existem entre esse contexto e a elevação da temperatura? A própria formatação em que a cidade é concebida nos dá vários indicativos dessas relações.

Como já apresentado, esses fatores compreendem as edificações, o traçado viário, a impermeabilização do solo e as atividades antrópicas. É importante considerar, segundo Freitas (2008), os fatores condicionantes climáticos naturais, como a latitude, a altitude, a maritimidade e a vegetação, visto que, esses elementos em conjunto caracterizam o clima local, regional e global. Assim, de forma correlacionada, tanto fatores climáticos naturais como fatores climáticos urbanos contribuem para a elevação da temperatura, provocando alterações no clima urbano e, conseqüentemente, no aumento dos níveis da temperatura em termos globais.

Em conjunto, esses fatores propiciam a formação de ilhas de calor entendida como uma “área delimitada pela mancha urbana, na qual a temperatura do ar é maior do que aquela verificada além de seus limites, em direção à zona rural circundante” (FREITAS, 2008, p. 92). Segundo a definição dada pelo IBGE, entende-se a ilha de calor como:

Fenômeno climático de amplificação da temperatura verificado nas cidades em função da alta capacidade térmica das mesmas. Decorre dos atributos físicos do meio urbano, como o predomínio de superfícies asfaltadas, verticalização das construções, canalização de rios e córregos, e a presença de poucas áreas verdes, que associadas às atividades industriais, ao transporte viário intenso e a outras fontes de calor, interferem nos elementos do clima e, conseqüentemente, alteram o equilíbrio entre a superfície e a atmosfera (IBGE, 2004, p. 181)

De acordo com Nucci (2008)

Uma das conseqüências da ilha de calor na cidade é a formação de uma circulação do ar característica, onde o ar da região central se aquece e sobe, e o ar da periferia converge para o centro da cidade, onde se encontra o pico da ilha de calor, formando-se assim um “domo” de poluição sobre a cidade. Este ar, que vem da

periferia originariamente limpo e úmido [...] conforme vai atravessando a cidade, que se apresenta sem áreas verdes e com intenso tráfego, vai adquirindo cada vez mais poluentes e vai aos poucos diminuindo a umidade relativa, chegando à região central carregado de poluentes. Este processo concentra as partículas poluidoras no centro da cidade (NUCCI, 2008, p. 13.)

É importante atentar para o fato de que, a formação de ilhas de calor pode ser influenciada tanto por fatores naturais, como ventos fracos, por exemplo, como por fatores urbanos como o contingente populacional, a industrialização, o fluxo de carros, dentre outros. Tal fenômeno vem sendo observado e estudado em várias pesquisas e seus resultados apontam uma correlação com o aumento da temperatura em termos globais. Entretanto, é importante destacar que, a própria condição de formatação da cidade implica em elevação da temperatura pela ausência de elementos que sequestram carbono (mudança no uso do solo) e aumento de elementos que emitem mais calor como o concreto, por exemplo, não implicando, talvez, em elevação da temperatura em termos globais. Conti (1998) corrobora com essa questão quando afirma que:

Nas cidades, verifica-se, portanto, uma desorganização do mecanismo climático. A radiação que incide sobre as paredes e tetos dos edifícios aí se acumula na forma de energia durante o dia e, à noite, é liberada para a atmosfera, alimentando a ilha de calor urbano. A intensidade de tal efeito depende da forma arquitetônica dos edifícios, da natureza dos materiais de construção, das cores das paredes, da densidade da área construída e de outros fatores. [...] Além disso, a concentração de poluentes, motivada pela atividade industrial e circulação de veículos, concorre para adensar a massa de micropartículas em suspensão, as quais, por sua vez, funcionam como núcleos higroscópicos, isto é, incentivadores do processo de condensação. Essa reação em cadeia conduz ao aumento das precipitações em áreas urbanas [...] as chamadas tempestades urbanas (CONTI, 1998, p. 43-44).

Dessa maneira, se for associado os fatores naturais que implicam em elevação de temperatura aos fatores antrópicos, pode-se afirmar que, mesmo sendo essencialmente locais, os fatores antrópicos contribuem para a elevação da temperatura em termos globais (tese defendida pelo IPCC), assim, a contribuição dos fatores antrópicos existentes nas cidades também são relevantes e substanciais para a teoria do aquecimento global.

Além da ilha de calor urbano, Rosenzweig *et al* (2006) apresentam duas outras condições especiais que devem ser consideradas nos planos de adaptação das cidades frente às

mudanças climáticas, ou seja, é preciso considerar a poluição do ar e os eventos climáticos extremos²⁶.

Para isso, a existência de dados específicos sobre mudanças climáticas nas cidades podem contribuir para a projeção de modelos climáticos globais e para o planejamento de ações mitigadoras e adaptativas que possam auxiliar na tomada de decisão de gestores públicos e grupos de interesse ou de pesquisa (ROSENZWEIG *et al*, 2006).

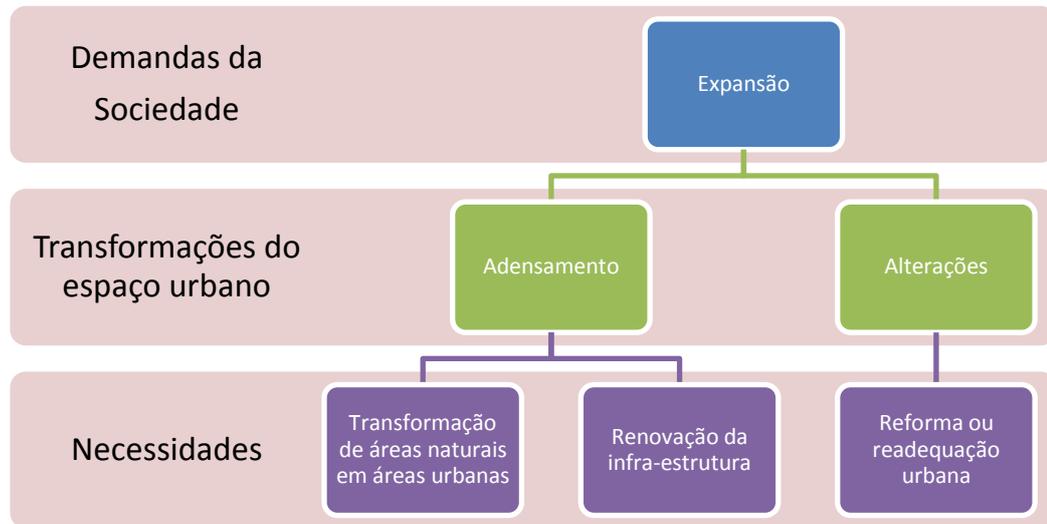
De igual forma, para entender o clima urbano é preciso buscar relações entre os elementos naturais que o compõe e os condicionantes antrópicos advindos do processo de urbanização, sendo muitas vezes complexo dissociar um do outro, dentro do processo desencadeado pela interação quase que homogênea entre as influências externas e internas existentes na formação do clima. E é sobre essa relação que esse trabalho se debruça, haja vista a dificuldade existente de se estabelecer tais relações entre os elementos naturais e os condicionantes urbanos citados. Dessa maneira, esse trabalho se configura apenas como uma tentativa de se estabelecer essas relações a partir do uso de indicadores que compreendam o espaço urbano e a elevação da temperatura local.

3.3 INFLUÊNCIAS DAS CIDADES PARA A ELEVAÇÃO DA TEMPERATURA

O processo de urbanização se dá pela transformação do ecossistema biótico. Conforme Macedo (1987) *apud* Young (2009) a paisagem urbana está em constante modificação devido às demandas da sociedade no que diz respeito à forma de produção e consumo estabelecido pela necessidade de crescimento econômico. Segundo o autor essa modificação pode ocorrer por expansão, adensamento/verticalização ou alterações na malha urbana (Figura 10).

²⁶ De acordo com Rosenzweig *et al* (2006) a poluição do ar é originada da concentração de atividades residenciais, comerciais, industriais, geração de energia e transporte que contribuem para a poluição do ar o que leva a riscos para a saúde da população residente. Já os eventos climáticos extremos são definidos por eventos climáticos naturais que afetam os sistemas urbanos. Como esses eventos vão interagir com a mudança climática antrópica ainda é uma incerteza, mas a consciência dos seus efeitos sobre as cidades podem ajudar no seu nível de resiliência.

Figura 10 – Aspectos relacionados à transformação da paisagem urbana



Fonte: Adaptado de MACEDO (1987) *apud* YOUNG (2009, p. 227)

Para isso, requer a utilização intensiva de recursos naturais (*input*) e passa a produzir resíduos (*output*). A entrada de recursos e a saída de resíduos no ecossistema urbano deveriam buscar o equilíbrio, entretanto, geralmente após o processo de urbanização, começa o processo de adensamento urbano causando o desequilíbrio do sistema.

Por adensamento urbano compreende-se a intensificação do uso e da ocupação do solo vinculado à disponibilidade de infraestrutura e das condições do meio físico (NUCCI, 2008). Nesse sentido, é importante considerar a existência de indicadores de pressão que o excesso de resíduos (sólidos, líquidos e gasosos) causados pelo desequilíbrio entre *input* e *output* exerce sobre o meio ambiente. Assim, a partir do processo de adensamento urbano começa o processo de degradação ambiental, como por exemplo: poluição (do ar, do solo, da água), aquecimento (ilhas de calor), ruídos, etc.

Diante do exposto, uma questão torna-se relevante, ou seja, é preciso entender que relações existem entre o planejamento e gestão urbana e o aquecimento local. O ponto de partida na busca de respostas para essa questão é pensar que o aquecimento local, e, conseqüentemente, as mudanças climáticas surjam como um elemento integrador das várias áreas temáticas que englobam tais questões, pois de acordo com Barbirato, Souza e Torres,

[...] é importante ressaltar que qualquer intervenção no meio urbano pressupõe como recurso indispensável ao planejamento, a investigação climática, pois, a forma de ocupação e crescimento das cidades gera mudanças ambientais e consequências inquestionáveis no meio natural, especialmente no clima (BARBIRATO; SOUZA; TORRES, 2007, p. 18).

Isso ocorre, segundo as autoras, porque as cidades em sua dinâmica apresentam fontes adicionais de calor, de origem antropogênica, “além de se constituírem de materiais, na sua maioria, bons condutores térmicos e com grande capacidade calorífica” (BARBIRATO; SOUZA; TORRES, 200, p. 43). Em relação a essa questão, dados apresentados pela United Nations Environment Programme – UNEP (2008) afirmam que a construção civil contribui com cerca de 40% das emissões de gases nas cidades em toda sua vida útil. Por esse motivo, existem várias tentativas de se construir de forma sustentável, com a utilização de produtos sustentáveis e na utilização de técnicas de se fazer um uso mais eficiente da energia.

Entretanto, Oliveira (2008, p. 29) afirma que a elevação da temperatura em função da urbanização, se apresenta de forma “confinada em extensão e pouco significativa em escala global”. Para a autora, esse aquecimento adicional ocorreu como efeito das ilhas de calor.

Molion comunga dessa mesma tese quando afirma que

É impossível retirar o efeito de ilha de calor das séries de temperaturas urbanas. Uma das possibilidades, pois, é que o aquecimento, a partir de 1977 [...] seja resultante da urbanização em torno das estações climatométricas, ou seja, um aquecimento local e não global (MOLION, 2008, p. 61).

Para o autor, o calor liberado pelos veículos e pelos edifícios aquecidos permite que a elevação da temperatura nas áreas urbanas seja, em média, de 3° C a 5° C mais quentes em relação ao seu entorno. Isso ocorre porque o sol atinge o solo (densamente construído e impermeabilizado) e a radiação reflete mais calor.

Entretanto, segundo Freitas (2008) é preciso diferenciar os fatores que podem influenciar a mudança do clima em termos globais, associados aos fatores naturais como a latitude, a altitude, a continentalidade e o deslocamento das massas de ar e os fatores antrópicos, que se apresentam, essencialmente, em âmbito local, como: a morfologia urbana,

o adensamento demográfico, o tráfego de veículos, a atividade industrial, a impermeabilização do solo, dentre outros fatores.

Nesse sentido, a junção de tais fatores influencia consideravelmente na elevação da temperatura das cidades em termos locais, como também podem influenciar a elevação da temperatura em termos globais se for considerado que os condicionantes urbanos que compõem às cidades são potencializadores de emissões de gases do efeito estufa.

3.3.1 Fatores que influenciam a existência de ilhas de calor

Dentre os vários fatores existentes que influenciam a existência de ilhas de calor nas cidades, dois fatores se apresentam como os principais, ou seja, a urbanização e as atividades econômicas. Esses fatores de origem antrópica implicam diretamente na elevação da temperatura em tais espaços.

Entende-se por urbanização a transferência de pessoas do meio rural (campo) para o meio urbano (cidade). Nesse sentido, a urbanização está diretamente relacionada à concentração de pessoas em um espaço restrito e à substituição das atividades agrícolas pelas atividades industriais e de serviços.

Segundo Maricato,

Trata-se de um gigantesco movimento de construção de cidade, necessário para o assentamento residencial dessa população bem como de suas necessidades de trabalho, abastecimento, transportes, saúde, energia, água etc. Ainda que o rumo tomado pelo crescimento urbano não tenha respondido satisfatoriamente a todas essas necessidades, o território foi ocupado e foram construídas as condições para viver nesse espaço (MARICATO, 2001, p. 16).

No Brasil, alguns dados referentes ao processo de urbanização são também determinantes para compor o quadro brasileiro de fatores que contribuem com as emissões de gases, ou seja, segundo dados do IBGE (2002a) cerca de 80% da população brasileira vivem nas cidades. Embora esse seja um dado questionado por Veiga (2003, p. 33), a “pressão antrópica [ainda é tida] como o melhor indicador do grau de artificialização dos ecossistemas e, portanto, de efetivo grau de urbanização dos territórios”.

Isso ocorre porque a concentração populacional demanda a existência de uma infraestrutura urbana capaz de receber os resultados da produção para atender as necessidades básicas das pessoas, a fim de contribuir com suas respectivas qualidade de vida. De acordo com Conti (1998), o atendimento de tais necessidades requer mudanças ambientais drásticas, principalmente, no uso e na ocupação do solo. Por sua vez, tais mudanças implicam em impactos ambientais, que se não forem considerados nas políticas de planejamento urbano provocam externalidades negativas para a população residente, como afirma Conti:

[...] é inquestionável que cada vez mais as áreas construídas ocupam os espaços existentes e desencadeiam profundas mudanças ambientais, como desmatamento, desmonte de morros, impermeabilização do solo, distúrbios no escoamento das águas e no comportamento do clima, em escala local (CONTI, 1998, p. 42).

De acordo com Nucci (2008), as principais mudanças causadas no clima pelo processo de urbanização são: diminuição da radiação solar, da velocidade do vento e da umidade relativa e aumento da temperatura, da poluição, da precipitação e da névoa. Com a urbanização, tem-se o aumento da impermeabilização do solo por concreto. Além disso, os corpos d'água e os espaços livres perdem espaço para a ocupação urbana.

Outra questão associada à urbanização refere-se à verticalização das construções. Esse processo de verticalização, juntamente com a utilização do concreto, permite a elevação da capacidade térmica de tais conjuntos urbanos. Em conjunto, tais características da produção do espaço urbano levam a um aumento da evaporação e, portanto, da capacidade de reter calor. Além disso, a verticalização permite a concentração de populações, uma vez que as cidades, principalmente àquelas situadas nas regiões metropolitanas das capitais brasileiras, são caracterizadas também pela sua densidade populacional. No entanto, é importante considerar que nem toda verticalização causa impactos negativos relacionados às emissões atmosféricas, principalmente aquelas construídas a partir dos princípios da construção sustentável.

Diretamente associado ao processo de urbanização está o desenvolvimento das atividades econômicas, primordiais para a manutenção do crescimento econômico dos países e, por conseguinte, da manutenção das populações no espaço urbano. As atividades econômicas, principalmente aquelas relacionadas à industrialização, se apresentam também como uma das principais fontes de emissão de gases do efeito estufa. Sobre essa questão

Giddens (2010, p. 74-75) afirma que, “as fábricas e as cidades em rápido crescimento transformaram a paisagem e, em muitas regiões, passaram a dominá-la, enquanto ‘a terra verde e aprazível’ recuou para segundo plano”.

Os dados que refletem essa questão estão relacionados ao produto interno bruto dos países e também das cidades, apresentando maior nível de crescimento econômico aquelas regiões que apresentam maior nível de industrialização.

Segundo Ojima

O crescimento econômico normalmente está associado ao aumento da necessidade de movimentação de bens e pessoas pelo espaço e, portanto, tende a se agravar os problemas nos países em desenvolvimento, onde altas taxas de crescimento econômico são o verso e o reverso do processo do aumento do consumo energético. Esta relação talvez seja um dos principais pontos de convergência quando pensamos em processos que ocorrem na urbanização recente e que possuem uma grande relação com a mudança climática (OJIMA, 2009, p. 195).

Conforme Ribeiro (2008, p. 300), “a relação entre industrialização e urbanização é fundamental para explicar parte dos problemas ambientais urbanos”, entre eles, os problemas relacionados ao aquecimento global e às mudanças climáticas.

O autor segue afirmando que

A indústria não é uma atividade econômica qualquer, ela exige uma série de serviços urbanos para poder instalar-se [...]. Para receber uma instalação industrial são projetadas vias, integrados sistemas de distribuição de energia e construídos conjuntos habitacionais [...] (RIBEIRO, 2008, p. 300).

Um fator que também caracteriza essa questão refere-se ao consumo energético. Assim, cerca de 25% das emissões brasileiras estão relacionadas com o sistema de transportes e com o consumo de energia. Vale salientar que, segundo o Índice de Desenvolvimento Sustentável (IDS) 2008 do IBGE, o consumo de energia *per capita* aumentou no período entre 2002 e 2006, ou seja, passando de 45,5 Gj/hab (gigajoules por habitante) para 49,1 Gj/hab. Para o IBGE, isso ocorreu “em decorrência da ampliação da capacidade de geração de energia, especialmente na geração térmica a gás natural – uma fonte energética que contribui para a elevação das emissões de gases de efeito estufa”. Dessa forma, esses dados, por si sós, já denotam uma afinidade direta com o contexto cidade, sendo

possível perceber uma relação entre os condicionantes urbanos (causa) e o aquecimento global (efeito), sendo esse, portanto, o objeto de estudo teórico da pesquisa.

Enfim, são todos fatores condicionantes de elevação de temperatura nos espaços urbanos. Nesse sentido, as mudanças climáticas originadas tanto do processo de urbanização como do processo de industrialização têm suscitado pesquisas no âmbito das alterações climáticas em nível local, uma vez que, tais alterações são provocadas pela massa edificada da cidade, pela forma de concepção do espaço urbano e pelos materiais utilizados como bons condutores de calor. Essa caracterização do meio ambiente urbano favorece a compreensão do conceito de mudanças climáticas em nível local, caracterizadas como ilhas de calor (OKE, 2004).

De acordo com Monteiro (1976)

Considera-se como causa essencial para as mudanças climáticas locais – essencialmente as ‘ilhas de calor’ – o processo de crescimento urbano, no que diz respeito à alteração na superfície e no material que a compõe, ao calor gerado pelas construções e atividades antrópicas, as alterações na composição da atmosfera e na velocidade e fluxo dos ventos. Associado às características do sistema ecológico e meteorológico local, o processo de crescimento urbano gera uma modificação do balanço de energia da atmosfera urbana (*apud* NASCIMENTO, 2011, p. 18).

A partir do exposto, é possível perceber uma relação indissociável entre urbanização, atividades econômicas, mais especificamente industrialização, e mudanças climáticas. Embora, segundo Obaid (2007), a proximidade e a concentração deem às cidades a vantagem de produzir bens e serviços com custos mais baixos em diferentes setores econômicos, esse custo se torna elevado quando se pensa que o consumo energético vem se elevando mesmo com o uso de tecnologias mais avançadas na forma de produção, assim como, dados recentes apresentam uma elevação do nível de consumo energético *per capita*.

Sobre essa questão, Ojima destaca que

Fatores associados à transição demográfica têm diminuído progressivamente o tamanho médio dos domicílios; entretanto, essa diminuição não é acompanhada proporcionalmente por uma diminuição no consumo energético de um domicílio (OJIMA, 2009, p. 193).

Esses dados denotam uma relação cada vez maior de dependência entre a urbanização e suas atividades econômicas correlacionadas no que tange à capacidade de emitir gases do

efeito estufa e, conseqüentemente, interferir no sistema climático local e na formação de ilhas de calor, assim como, interferir no sistema climático global, se forem consideradas as cidades como um todo.

3.3.2 Impactos do aquecimento nas cidades

Em um cenário de elevação da temperatura, as cidades ganham destaque no que tange à gestão e planejamento urbano porque devem pensar em políticas públicas de intervenção urbana a partir da acentuação dos eventos meteorológicos extremos a que estão sujeitas.

Segundo Assis e Abreu (2009) eventos meteorológicos extremos como chuvas torrenciais, típicas no verão, provocam problemas cruciais na infraestrutura urbana em sua maioria não preparadas para esse tipo de evento, devido à urbanização inadequada.

No entanto, é importante ressaltar que a urbanização ordenada e legalizada também contribui para esse tipo de problema em função da localização inadequada da ocupação urbana. Dessa forma, muitos estudos relacionados à intensidade de volumes pluviométricos apresentam dados que mostram que esses volumes pluviométricos estão concentrados em áreas densamente urbanizadas onde seus núcleos têm apresentado altas temperaturas ocasionadas pelo efeito das ilhas de calor.

De acordo com os autores

A amplitude destas modificações no clima local está diretamente relacionada com o tipo de uso do solo, a densidade demográfica e as funções urbanas estabelecidas. O próprio efetivo demográfico e suas atividades cotidianas adicionam calor ao ambiente urbano e deteriorizam a qualidade físico-química da atmosfera (ASSIS E ABREU, 2009, p. 251).

Em decorrência dessas modificações, os impactos a serem enfrentados pelas populações urbanas são destacados por Hogan e Marandola Jr. (2009), ou seja,

Entre os principais problemas esperados (principalmente nas cidades) são doenças, feridos e mortes como resultados do aumento da intensidade das enchentes, deslizamentos de terra, ressacas marítimas, e tempestades de vento. A frequência e a intensidade das ondas de calor se tornarão mais graves, afetando especialmente os mais idosos e os recém-nascidos (HOGAN e MARANDOLA Jr, 2009, p. 15).

Sobre tais impactos, Monteiro (2009) destacou três canais de percepção humana relacionados ao clima urbano, a saber:

- a) Conforto térmico: engloba as componentes termodinâmicas que, em suas relações, se expressam através do calor, ventilação e umidade nos referenciais básicos a esta noção. É um filtro perceptivo bastante significativo, sentido por todas as pessoas, especialmente as mais jovens e as mais idosas.
- b) Qualidade do ar: associada especialmente ao fenômeno da urbanização e da industrialização, a qualidade do ar nos centros urbanos é caracterizada pela quantidade de fumaça e partículas que ficam suspensas na atmosfera comprometendo a saúde da população, associada principalmente às doenças respiratórias e a formação do ‘domos’ que envolve a cidade.
- c) Eventos extremos: aqui estão agrupados todos os eventos extremos, seja de forma hídrica (chuva, neve, nevoeiro), mecânica (tornados) ou elétrica (tempestades), que assumindo, eventualmente, manifestações de intensidade são capazes de causar impacto na vida da cidade, perturbando-a ou desorganizando-lhe a circulação e os serviços.

Adaptado de Monteiro (2009, p. 24).

Por isso, as cidades estão na linha de frente do enfrentamento às mudanças climáticas, pois sentem os impactos que estão diretamente relacionados a tais mudanças, como: elevação da temperatura e formação de ilhas de calor, eventos extremos como chuvas torrenciais, tornados, elevação do nível do mar e secas mais severas, como afirma Connor Riffle, coordenador da CDP Cities (Carbon Disclosure Project Cities) em entrevista dada à Revista Exame.com (2011).

No entanto, as implicações do aquecimento global ocorrerão em todas as regiões do planeta, em maior ou em menor grau, repercutindo, principalmente, nas economias dos países. Tais implicações se rebaterão mais intensamente nas populações urbanas mais pobres, entretanto, ninguém está livre de seus impactos. Para Marcovitch (2006), os efeitos mais perversos são restrições à produção de alimentos, doenças provocadas pela má qualidade da água e, conseqüentemente, aumento da pobreza.

De acordo com a literatura, as mudanças climáticas se apresentam como o efeito mais ameaçador do aquecimento global. Dessa forma, para as cidades o que mais interessa são os impactos dessas mudanças climáticas nesses espaços, ou seja, os gestores públicos (tomadores de decisão) devem conhecer os riscos aos quais as cidades estão mais vulneráveis para construir estratégias e se antecipar aos impactos, tornando essa uma questão relevante para o planejamento urbano, haja vista que,

O aumento da temperatura média global é a consequência mais previsível de uma maior concentração de CO₂, mas não é o único resultado possível desse processo. Efeitos secundários, como elevação do nível do mar, mudanças na vegetação e perda da cobertura de neve, podem ser igualmente determinantes (KOLBERT, 2008, p. 110).

Segundo Rosenzweig *et al* (2006), as mudanças climáticas poderão causar impactos em quatro grandes setores principais, mas também são nesses mesmos setores que estratégias de mitigação e adaptação estão sendo mais efetivadas:

- Sistema energético: várias cidades em todo o mundo vêm priorizando esforços para reduzir o consumo energético associado às emissões de carbono. A ênfase agora está direcionada em sistemas de adaptação porque as mudanças climáticas podem causar impactos e perdas no sistema de transmissão e distribuição, além de causar prejuízos para a saúde pública e para a vitalidade econômica da cidade.
- Sistema de água e esgotos: o sistema de água urbano inclui água para abastecimento, transporte, distribuição, reuso, tratamento e disposição final de esgotos. Este setor torna-se importante principalmente porque as superfícies urbanas estão cada vez mais impermeáveis e porque se observa que ao longo dos anos houve uma elevação no nível de precipitação de chuvas que vêm causando impactos significativos no sistema de drenagem urbana. Muitas cidades já vêm sofrendo impactos na quantidade e na qualidade da água para abastecimento tanto em função das enchentes ou em função de secas, ampliando dessa maneira a necessidade das cidades adotarem medidas mitigadoras e adaptativas. Assim, uma série de medidas de adaptação torna-se

necessária para garantir o fornecimento da água em quantidade e qualidades adequadas, especialmente em regiões costeiras em que o nível de vulnerabilidade é maior.

- Sistema de transporte: de acordo com os dados sobre emissões globais do IPCC (2007) o setor de transporte é responsável por 23% das emissões de gases do efeito estufa dentro do setor de energia. Porém, em algumas cidades essa percentagem é muito maior, pois reflete padrões do uso do solo e de mobilidade urbana adotados, ou seja, padrões de uso intensivo. Para reduzir as emissões relacionadas ao setor, as cidades estão adotando uma série de estratégias para reduzir as emissões vinculadas ao sistema de transporte, incluindo o trânsito orientado, espaço para ciclovias e pedestres, aumentando a quantidade e a qualidade de transporte de massa. Além disso, instrumentos regulatórios e taxas estão sendo implantados para reduzir o volume, tempo ou utilização de veículos privados. Outras estratégias de mitigação estão relacionadas às tecnologias as quais estão sendo direcionadas para a eficiência energética do combustível utilizado.
- Sistema de saúde nas cidades: as cidades estão sujeitas aos riscos relacionados à saúde pública, uma vez que nesses espaços estão concentradas as populações urbanas em quantidade e densidade. Essa concentração populacional amplia o potencial dos riscos à saúde relacionada às alterações climáticas, dentre eles: lesões e mortes devido a eventos climáticos extremos; doenças relacionadas à má qualidade da água; doenças transmitidas por vetores; mortes causadas por ondas de calor e doenças respiratórias devido à poluição atmosférica. Nesses casos, as agências de saúde pública podem contribuir para melhoria do conhecimento dos efeitos das alterações climáticas na saúde da população urbana, a fim de desenvolver estratégias de adaptação e reduzir a vulnerabilidade das cidades a uma variação climática.

Por esse motivo, os autores do relatório sobre mudança climática e cidades afirmam que é imprescindível que os gestores públicos foquem sua atenção e entendimento para a natureza e escala dos impactos sobre cada setor, desenvolvendo estratégias de adaptação e mitigação para a determinação de políticas alternativas.

No entanto, nem sempre isso acontece, especialmente em cidades que não conhecem ou não estão preparadas para lidar com todos esses impactos e que, por esse motivo, não apresentam capacidade de resiliência frente aos impactos causados por alterações climáticas.

Um dos exemplos catastróficos que chamou a atenção da comunidade científica ocorreu em março de 2004 no Brasil. Pela primeira vez, desde o início dos registros de furacões, uma tempestade desse porte atingiu a costa brasileira e assolou a cidade de Torres no Rio Grande do Sul. A questão que não quer calar é: o aquecimento global irá desencadear a ocorrência de tal evento com mais frequência no litoral do Atlântico Sul? (LYNAS, 2008). Embora, a formação geográfica no Atlântico Sul não seja susceptível para esse tipo de evento, para o autor, essa evidência de eventos extremos, como o ocorrido em 2004, exige que a população comece a se preparar e se antecipar aos eventos futuros, assim como, a comunidade científica deverá ampliar seus serviços de previsão para ajudar a população a se proteger de futuros furacões.

Outro exemplo pode ser caracterizado pela cidade de São Paulo. De acordo com Conti (1998) o município conta com mais de 15 milhões de habitantes e que o crescimento da malha urbana ocorreu de forma desorganizada promovendo a distribuição caótica das atividades antrópicas com consequências negativas, principalmente, para o clima local, como citado pelo autor:

Outra manifestação do desequilíbrio instalado no clima urbano de São Paulo, como resultado da enorme transformação do meio ambiente, é o maior índice de instabilidade atmosférica, que tem duas consequências principais: maior incidência de chuvas torrenciais, que por sua vez vão ser responsáveis por enchentes, deslizamentos e destruições, e as granizadas (CONTI, 1998, p. 48).

Dentre os principais impactos a ocorrerem nas cidades, um deles refere-se à elevação do nível do mar, haja vista que a maior concentração populacional no Brasil e também no mundo se encontra na costa litorânea. De acordo com os dados fornecidos pelo Relatório do IPCC (2007, p. 7), o nível do mar no mundo se elevou a um ritmo médio de 1,8 mm por ano do período de 1961 a 2003, apresentando um ritmo mais acelerado no período de 1993 a 2003, ou seja, uma média de 3,1 mm por ano. É importante considerar que a partir de 2000 foram registrados os maiores níveis de elevação da temperatura em termos globais.

De acordo com Carmo e Silva (2009, p. 145) define-se como zona costeira

O espaço geográfico de interação entre o ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos ambientais, abrangendo duas faixas. Por um lado, a faixa marítima (12 milhas marítimas a partir das linhas de base). Por outro lado, a faixa terrestre, que é formada pelos municípios que sofrem influência direta dos fenômenos que ocorrem na Zona Costeira.

Dessa forma, as cidades presentes na faixa terrestre da zona costeira estão mais propensas a sofrer os impactos causados pela elevação do nível do mar, formando um novo tipo de êxodo, denominado na literatura como êxodo ambiental e no que tange às mudanças climáticas, refugiados climáticos (LYNAS, 2008).

Em relação ao aumento do nível do mar, as cidades brasileiras a serem afetadas, segundo cenários desenvolvidos por grupos de estudos climatológicos, apontam Recife, Rio de Janeiro e Fortaleza como as cidades que serão mais afetadas caso esse cenário venha a ocorrer no futuro (ÉPOCA, 2008). Por outro lado, a população mais pobre é a mais vulnerável, pois vive em áreas de risco, tornando esta uma questão social importante.

Entretanto, como toda costa brasileira se encontra praticamente urbanizada Ojima (2009) assinala que

Assim, confirmando as previsões de volumes e intensidades das chuvas, muitos municípios passarão a enfrentar novos desafios para o planejamento e expansão dos seus serviços de abastecimento de água e de coleta e tratamento de esgoto, pois estes serviços estão altamente relacionados entre si e dependem, em grande medida, da vazão dos rios²⁷, da distribuição das chuvas ao longo do ano, entre outros fatores ambientais. E isso se agrava nos municípios litorâneos, onde ainda há o componente da elevação do nível médio do mar que iria impactar o sistema de afastamento do esgoto doméstico que, normalmente, é feito por emissários submarinos também sem nenhum tratamento; comprometendo algumas atividades econômicas, como o turismo, por exemplo (OJIMA, 2009, p. 199).

Sobre essa questão, Bigio (2003) diz que

Em relação às cidades dos países em desenvolvimento, são mais vulneráveis os assentamentos informais, geralmente construídos em zonas instáveis como encostas e alagados (várzeas), aumentando a susceptibilidade ao risco (BIGIO, 2003, p. 91-92, tradução nossa)²⁸.

²⁷ 84% dos municípios brasileiros têm os rios como corpo receptor do esgoto sanitário sem tratamento (IBGE, 2002b).

²⁸ In the case of cities in developing countries, the size and vulnerability of informal settlements, generally built in unstable areas such as coastal zone, flood-prone planes and rounes, and geologically unstable slopes, greatly increase their susceptibility to risk (BIGIO, 2003, p. 91-92).

Tal vulnerabilidade urbana é decorrente tanto do aumento populacional como da necessidade do aumento do ritmo acelerado da urbanização. Para o autor, as principais ameaças para as populações urbanas referem-se aos problemas com infraestrutura urbana e praias sujeitas à erosão e áreas de planície sujeitas às inundações.

Outra questão importante a ser ressaltada tem a ver com eventos extremos, a exemplo dos ciclones tropicais, que vêm se apresentando cada vez mais frequentes, causando danos econômicos e, principalmente, sociais para as populações, sobretudo, para as populações residentes nos aglomerados urbanos (BIGIO, 2003).

Nesse sentido, políticas de planejamento urbano que considerem as mudanças climáticas se tornam fundamentais nos cenários futuros de desenvolvimento das cidades, como afirma Ojima:

As cidades brasileiras, especialmente as grandes cidades que já sofrem com uma vulnerabilidade social, econômica e ambiental, passarão a ter estes problemas agravados [...]. Investimentos de longo prazo [...] poderão ter sua vida útil comprometida *se não incorporarem componentes de variação climática*, sobretudo quando se pensa no agravamento dos eventos climáticos extremos (como vendavais, tempestades, etc.). (OJIMA, 2009, p. 201). (Grifo nosso).

Em algumas regiões vêm se apresentando uma maior intensidade e frequência de chuvas, comprometendo o sistema de drenagem urbana e provocando inundações e deslizamentos de terra. Sobre a questão da drenagem urbana, o principal impacto advém da impermeabilização do solo como consequência do processo de urbanização (OJIMA, 2009).

De acordo com Andrade (2010) isso ocorre por que

A urbanização pode ser expressa em termos de concentração de população e, principalmente em troca do uso e cobertura do solo natural por materiais da construção civil. Essa relação de troca dos componentes naturais pelos materiais artificiais altera de forma significativa as propriedades aerodinâmicas, radiativas, térmicas e hídricas da superfície e uma das respostas a esse impacto é o aumento da temperatura local (ANDRADE, 2010, p. 97).

Para o autor, a elevação da temperatura não deve ser creditada unicamente à Revolução Industrial, mas também ao processo de construção e urbanização das cidades que interferem na cobertura do solo, sendo essa uma questão importante a ser considerada em

estudos de climatologia, além do que, tal interferência urbana influencia nas condições climáticas locais, regionais e globais.

Por sua vez, as populações podem vir a sofrer com escassez de água potável, pois se as estações de tratamento de água e poços vierem a ser afetados por inundações, o abastecimento poderá ficar comprometido.

Como o clima encontra-se instável, as secas também poderão comprometer o abastecimento humano e, dependendo da região em que as cidades se encontram, episódios intensos de variabilidade térmica (ondas de calor ou frio) podem trazer riscos para a saúde da população e com isso alterar significativamente o consumo de energia (BIGIO, 2003).

Como foi possível observar, os impactos nas cidades associados às mudanças climáticas são possíveis e já perceptíveis pela população residente nesses espaços. Estudos que ajudem a identificar os principais condicionantes urbanos associados a essas mudanças tornam-se significativos na busca de estratégias de adaptação e mitigação para esses impactos, o que não se apresenta de maneira fácil pela dificuldade de se dissociar as influências dos condicionantes urbanos das influências dos elementos climáticos naturais que compõem o clima urbano.

3.4 O PAPEL DAS CIDADES NO COMBATE AO AQUECIMENTO

De acordo com o relatório sobre mudanças climáticas e cidades (ROSENZWEIG *et al*, 2011), estes espaços se apresentam como fundamentais para o desenvolvimento de políticas mais específicas, haja vista que a estrutura urbana tem um papel considerável como emissoras ou potencializadoras na produção dos gases do efeito estufa, ou seja,

O ambiente construído ou os aspectos estruturais das cidades como ruas, edifícios e sistema de infraestrutura contribuem significativamente para a emissão de gases do efeito estufa, e também podem ampliar os impactos causados por alterações climáticas (Tradução nossa)²⁹ (ROSENZWEIG *et al*, 2011, pg. xxi).

²⁹ The built environment or structural aspects of cities, streets, buildings, and infrastructure systems contribute significantly to the emission of greenhouse gases, and can also amplify climate change impacts (ROSENZWEIG *et al*, 2011, pg. xxi).

De acordo com os autores, a estrutura, orientação e condições dos edifícios e capeamento das ruas pode aumentar a necessidade de resfriamento e aquecimento dos edifícios, os quais estão associados com o nível de utilização de energia e de emissões de gases do efeito estufa nas cidades. Essa observação é importante porque as superfícies impermeáveis além de contribuírem para a intensificação das inundações são determinantes para o efeito da ilha de calor urbano.

Outra questão abordada no relatório sobre mudanças climáticas e cidades refere-se a presença de árvores de rua ou parques pois contribuem para os sistemas de drenagem urbana, melhoram os processos naturais de evapotranspiração, além de contribuir para reduzir os efeitos do calor em períodos de seca.

Assim, os autores concluem o relatório afirmando que embora o ambiente natural de uma cidade e seus ambientes construídos sejam relativamente fatores estáticos, podem estar sujeitos à modificações a partir do planejamento e gestão urbana relacionado a estratégia de adaptação e mitigação frente às mudanças climáticas (ROSENZWEIG *et al*, 2011).

No Brasil, segundo dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) existem políticas de planejamento urbano direcionadas para serviços estruturais como: abastecimento de água, drenagem urbana, coleta e destinação final de resíduos sólidos, etc.

A frequência de eventos climáticos extremos como chuvas torrenciais, enchentes e elevação do nível do mar podem desencadear problemas em tais estruturas que comprometam a operacionalização dos serviços oferecidos. Quando tais eventos ocorrem toda a estrutura fica comprometida e, muitas vezes o que já era ruim, fica pior.

Por isso, tais serviços estruturais apresentam uma correlação quando se trata de mudanças ambientais globais, podendo comprometer a viabilidade dos serviços existentes. Nesse sentido, emerge os conceitos de adaptação e mitigação que deverão nortear as políticas de planejamento urbano, com o objetivo de preparar as cidades para o caso de ocorrerem, efetivamente, tais mudanças. Segundo o relatório do IPCC, o termo adaptação refere-se ao

Ajuste dos sistemas humanos ou naturais frente a ambientes novos ou alterados. A adaptação à mudança climática se refere aos ajustes em sistemas humanos ou naturais como resposta e estímulos climáticos projetados ou reais ou seus efeitos, que podem moderar o dano ou aproveitar seus aspectos benéficos (IPCC, 2007, p. 173, tradução livre)³⁰.

Em relação às cidades, o conceito de adaptação refere-se à capacidade de mudanças de comportamento e normas voltadas para o planejamento urbano e, conseqüentemente, em mudanças no ordenamento territorial.

Segundo Bigio (2003)

Adaptação urbana às mudanças climáticas pode ser definida como a soma de todas as adaptações físicas e organizacionais para lidar com as mudanças profundas e duradouras no tempo e nos padrões climáticos (BIGIO, 2003, p. 94, tradução livre)³¹.

Para o autor, os determinantes da capacidade adaptativa devem incluir: disponibilidade de recursos financeiros, tecnologia, instituições especializadas e recursos humanos, acesso à informação, igualdade jurídica e arranjos sociais e organizacionais (BIGIO, 2003).

Tais determinantes implicam em custos que a sociedade terá que assumir para que os efeitos das mudanças climáticas nas cidades não sejam tão intensos como os impactos que vêm sendo observados em várias regiões do mundo, a exemplo da inundação ocorrida em New Orleans (EUA) no ano de 2005 por conta do furacão Katrina. E é nesse sentido que o conceito de mitigação é utilizado, ou seja, pela capacidade de “intervenção antropogênica para reduzir as fontes ou melhorar os sumidouros dos gases do efeito estufa³²” (IPCC, 2007, p. 188, tradução nossa).

De acordo com Bigio (2003), os custos econômicos para se evitar ou mitigar os efeitos das alterações climáticas nas cidades são elevadíssimos. Os dados mostram que as perdas econômicas associadas aos eventos catastróficos em todo o mundo subiram de 71,1 bilhão de

³⁰ Ajuste de los *sistemas humanos* o naturales frente a entornos nuevos o cambiantes. La adaptación al *cambio climático* se refiere a los ajustes en sistemas humanos o naturales como respuesta a *estímulos* climáticos proyectados o reales, o sus efectos, que pueden moderar el daño o aprovechar sus aspectos beneficiosos (IPCC, 2007, p. 173).

³¹ Urban adaptation to climate change can be defined as the sum of all physical and organizational adjustments to urban life that will be required to cope with the profound and durable changes in weather and climate patterns (BIGIO, 2003, p. 94).

³² Intervención *antropogénica* para reducir las fuentes o mejorar los *sumideros* de gases de efecto invernadero (IPCC, 2007, p. 188).

dólares em 1960 para 608,5 bilhão de dólares em 1990 (em média). É importante enfatizar que, as perdas econômicas relacionadas ao índice do PIB são mais significativas nos países em desenvolvimento do que nos países desenvolvidos. Como mostra o segundo relatório do IPCC, perdas econômicas nos países em desenvolvimento foram estimadas entre 2 a 9% do PIB, valor este, considerado alto.

Um estudo voltado para políticas de redução do aquecimento global no nível das cidades foi desenvolvido por Kousky e Scheneider (2003) a partir da experiência das cidades participantes da Campanha Cidades pela Proteção do Clima. Como o debate a nível global sobre redução dos níveis de emissões ainda está em discussão, a iniciativa em reduzir emissões de forma mais concreta partiu de uma cidade do Canadá: Toronto.

Enquanto a UNFCCC ainda estava em gestação, a cidade de Toronto se antecipou aos governos nacionais determinando metas de redução para os gases do efeito estufa. Assim, no início da década de 1990, a Câmara Municipal da Cidade estabeleceu uma meta de redução de gases em 20% abaixo dos níveis de 1988 até o ano de 2005. Vale salientar que, as metas estabelecidas não comprometeram seu estágio de desenvolvimento (ICLEI, sd).

Nos Estados Unidos, a ausência de políticas nacionais de redução de gases do efeito estufa tem levado os municípios a liderarem o caminho para começar a implementação de estratégias de mitigação. Segundo os autores, em 2003, cerca de 560 cidades no mundo, dentre elas, 140 apenas nos EUA, adotaram metas de redução de gases a partir de planos de desenvolvimento de políticas locais (KOUSKY e SCHENEIDER, 2003).

Dentro do contexto da Campanha Cidades pela Proteção do Clima, as políticas voltadas para o combate da mudança climática são vistas como bens públicos globais. É importante ressaltar que os bens públicos não são excludentes e nem indivisíveis, por isso, é impossível impedir que o indivíduo se utilize de um bem público ou se beneficie com o que este bem público fornece ou produz.

Levando em consideração as cidades, e também os países, embora exista um esforço em adotar políticas mitigadoras, os resultados oriundos de tais políticas seriam utilizados por todos, inclusive pelas cidades e/ou países que não adotarem nenhum tipo de política ou compromisso de redução de GEE (KOUSKY e SCHENEIDER, 2003).

De acordo com os autores, os resultados da pesquisa mostraram que as políticas voltadas para a proteção do clima geraram redução de custos nos serviços estruturais e

apresentaram benefícios a partir de projetos de mitigação. Tais políticas estão direcionadas para a redução do consumo energético e busca de tecnologias alternativas, tais como: substituição dos semáforos tradicionais pela tecnologia Light Emission Diode (LED), substituição da frota de veículos municipal por veículos mais eficientes (híbridos), uso de energia produzida em um aterro para a iluminação de escolas públicas e financiamento de projetos para a produção de energia solar e eólica (Idem, 2003).

Por outro lado, os resultados da pesquisa sugerem que as políticas adotadas pelos municípios ocorram de cima para baixo (análise top down) baseado no que o corpo técnico considera ser um bom negócio, ou nas escolhas racionais, econômicas e políticas.

Na maioria das cidades, a política não é impulsionada principalmente pela pressão da opinião pública, nem totalmente para a proteção do clima, mas em vez disso, justificada pela redução de custos e geração de outros benefícios (KOUSKY e SCHENEIDER, 2003, p. 361). (Tradução livre)³³.

Esse comportamento denota a pouca participação da sociedade civil organizada. Além disso, a participação social tem a ver, também, com a necessidade de mudanças no padrão de produção e consumo, nem sempre bem aceitos pela atual sociedade do consumo como afirma Baudrillard (2010) quando associa a busca pela felicidade na busca de ícones e objetos de desejo que quando saciados são logo substituídos por outros. Esse comportamento humano também é explicado pela teoria econômica quando trata das necessidades ilimitadas que levam o homem a produzir e a consumir cada vez mais, por isso, a ciência econômica é amplamente conhecida como a ciência da escassez (VASCONCELOS e GARCIA, 2006).

Além disso, os governos locais têm enfrentado várias barreiras para a adoção de políticas de proteção do clima, principalmente, no que se refere a mercados e também nas mudanças de hábitos, tanto dos cidadãos, como também dos empresários. Mesmo assim, os governos locais participantes da campanha têm buscado contornar tais barreiras e, diante disso, pode-se dizer que os municípios tornam-se “[...] Um lugar único para definir exemplos e experiências com políticas de redução” (KOUSKY e SCHENEIDER, 2003, p. 363).³⁴

³³ In the majority of cities, policy is not driven primarily by widespread public pressure, nor wholly for climate protection, but instead, justified by cost savings and other perceived co-benefits (KOUSKY e SCHENEIDER, 2003, p. 361).

³⁴ [...] It could be said that they are in a unique place to set examples and experiment with abatement policies (KOUSKY e SCHENEIDER, 2003, p. 363).

De acordo com as proposições sugeridas na Agenda 21 Brasileira (2000), além de mudanças no sistema de produção e consumo, no capítulo que refere-se às cidades, é necessário mudanças nos sistemas e serviços estruturais como abastecimento, saneamento básico, uso e ocupação do solo, dentre outros.

Essa questão é importante porque as cidades concentram mais de 50 % da população vivendo em tais espaços em termos globais. Essa preocupação torna-se contundente se for levado em consideração que são nas cidades que se concentram os grandes problemas ambientais como: crescimento populacional, poluição, degradação de recursos e geração de resíduos (OBAID, 2007, p. 55).

Tal população utiliza cerca de 75% do consumo de energia, gera bilhões de toneladas de resíduos e emite bilhões de toneladas de CO₂ devido a utilização de combustíveis fósseis e desmatamentos (SALATI *et al*, 2002). Essa relação gera impactos que têm efeitos negativos diretos na concentração de gases do efeito estufa na atmosfera provocando o aquecimento global que se reflete diretamente nas mudanças climáticas que vêm afetando o planeta.

Em virtude da existência dessa lacuna, a Campanha Cidades pela Proteção do Clima tem usado os inventários municipais para monitorar e avaliar as fontes de emissão e aquecimento nas cidades. Por isso, vale salientar que, os inventários periódicos não tem como resultado apenas a compilação dos dados, mas apresentar em seu corpo, formas de monitorar e avaliar as políticas mitigadoras e adaptativas adotadas pelas cidades participantes da campanha.

Independente de participação na campanha ou não, é indispensável a construção de estratégias para reduzir sua contribuição, enquanto cidade, para as mudanças climáticas e seus futuros impactos. Além disso, 13 das 20 maiores cidades do mundo estão localizadas nas regiões litorâneas e cerca de 1/3 da população reside em tais espaços (OBAID, 2007).

As discussões de como as cidades enfrentarão tal problema é fundamental para o futuro das gerações. Assim, estimular esse diálogo entre os pensadores das cidades e os pensadores do aquecimento global pode gerar uma nova perspectiva no que tange às soluções para adaptação e mitigação no que se refere às mudanças climáticas, assim como, nos desafios e ações necessárias para combater as emissões de gases do efeito estufa.

No que se refere à adaptação, o planejamento urbano deve pensar e buscar formas capazes de lidar com o aquecimento global e, conseqüentemente, com as mudanças

climáticas. Para isso, é fundamental a utilização do conceito de cidade resiliente³⁵, ou seja, cidades capazes de manter-se estrutural e institucionalmente após uma pressão externa. Com relação à mitigação é indispensável repensar funções para reduzir a contribuição das cidades para as mudanças climáticas, não apenas fundamentada nas opções mercadológicas, mas principalmente ecológicas.

Nesse sentido, cada governo municipal precisará saber exatamente quais são suas vulnerabilidades em relação às mudanças climáticas e, como elas se rebaterão nos planos de desenvolvimento urbano, afim de que as respostas a estes impactos sejam de acordo com a realidade de cada município.

Esse capítulo buscou apresentar as influências existentes para a formação do clima urbano, mas especificamente na formação de ilhas de calor em função dos processos de urbanização e de atividades econômicas. Em um cenário de aquecimento, apresentou os principais impactos aos quais as cidades estão sujeitas, assim como o seu papel como fator primordial para busca de medidas mitigadoras e adaptativas. Essa reflexão torna-se importante para a construção de um sistema de indicadores indiretos que apontem a contribuição dos principais condicionantes urbanos que compõem a cidade e que favorecem para a elevação da temperatura em termos locais.

³⁵ O sentido de resiliência aqui utilizado refere-se à capacidade que a cidade apresenta em recuperar-se ao estado de pré-evento extremo. O tempo necessário em voltar ao processo inicial depende do grau de alteração do meio e dos recursos financeiros e estruturas públicas disponíveis.

Capítulo 4

*Há várias medidas para medir a vontade humana.
A mais exata e a mais segura é a que se exprime por esta questão:
de que esforço sois capazes?*

William James



4 MENSURAÇÃO DOS GASES DO EFEITO ESTUFA

Esse capítulo tem por objetivo apresentar o IPCC como órgão fundamental para a concepção dos inventários nacionais adotados pelos países, assim como a organização dos resultados encontrados em seus relatórios de emissões (4.1). Nesse item também são apresentados os principais métodos de mensuração das emissões de gases tanto no nível nacional (Metodologia do IPCC) como no nível municipal (Metodologia do ICLEI). Como a metodologia utilizada pelo ICLEI é fundamental para a concepção do sistema de indicadores aqui proposto, também são apresentados os resumos dos inventários municipais das cidades brasileiras participantes da campanha Cidades pela Proteção do Clima, os quais apresentam a importância dos inventários locais para a proposição e concepção de políticas públicas para mitigação e adaptação frente aos impactos das mudanças climáticas (4.2).

4.1 INVENTÁRIOS DE EMISSÃO DE GASES DO EFEITO ESTUFA

Em 1988 foi criado o IPCC vinculado à WMO e ao UNEP. O objetivo da criação desse órgão foi prover informações baseadas em estudos científicos sobre os efeitos causados pela concentração de gases do efeito estufa e possíveis soluções para as mudanças climáticas. Essas informações têm a função de subsidiar as tomadas de decisão dos líderes mundiais.

O órgão se organiza em duas instâncias: a técnica (grupos de trabalho e força-tarefa) e a política (responsável pelo diálogo entre as nações) (Figura 11). Assim, todo conhecimento produzido é divulgado através de relatórios (Assessment Reports ou ARs). Tais relatórios são divididos em quatro capítulos. O primeiro capítulo reúne as evidências científicas das relações entre a ação do homem e as mudanças climáticas. Já o segundo capítulo é dedicado às consequências das mudanças para o meio ambiente. O terceiro capítulo do relatório indica alternativas de combate às mudanças climáticas, assim como às adaptações necessárias em função dessas mudanças.

Figura 11 – Organograma do IPCC



Fonte: www.unfccc.int (2010)

Esses três capítulos são fundamentados apenas nas opiniões de cientistas e especialistas (parecer científico). Já o quarto capítulo, intitulado de Sumário de recomendações para os tomadores de decisão (Summary for Policymakers) é revisado por diplomatas. Significa que, mesmo fundamentado em pareceres científicos, há interferência política em seu conteúdo.

Para essa finalidade, trata-se de um documento sucinto, de linguagem acessível e direcionada ao público em geral, trazendo as principais conclusões de todo relatório, assim como, sugestões de adoção de políticas públicas.

Dessa forma, todos os países signatários da UNFCCC têm como uma de suas principais obrigações a elaboração e atualização periódica de seus respectivos Inventários Nacionais de Emissões e Remoções Antrópicas dos Gases do Efeito Estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal.

Tais inventários são formulados e baseados na proposta de mensuração adotada como modelo global pelo IPCC, ou seja, a utilização do documento que apresenta a diretriz técnica básica a ser seguida, o Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (BRASIL, 2004).

Segundo os dados da Comunicação Inicial do Brasil (2004) em referência ao inventário do país, vale ressaltar que, a grande crítica feita em relação ao método proposto

pelo IPCC é o fato de que o mesmo é baseado em pesquisas feitas por especialistas de países desenvolvidos, nos quais, as emissões de combustíveis fósseis apresentam um peso maior na formatação da metodologia adotada. No caso do Brasil, por exemplo, sabendo-se que suas emissões são originadas, principalmente, pela mudança do uso do solo e pela agricultura, tais aspectos não são tratados em profundidade pela metodologia adotada, originando inclusive discrepâncias nos resultados alcançados. No entanto, segundo os resultados obtidos em função da metodologia adotada, 75% das emissões de gases do efeito estufa no país são originárias das queimadas. Considerando apenas a quantidade de CO₂ emitida, o Brasil ocupa o 4º lugar em emissões quando comparado com todos os países que utilizam a mesma metodologia e o principal indicador são as queimadas, tanto as ocorridas para o desmatamento como para a produção agrícola (CARVALHO *et al*, 2002).

Entretanto, mesmo apresentando problemas, haja vista, que cada país apresenta uma realidade diferente e, não apenas em relação ao seu nível de desenvolvimento, o método vem sendo utilizado, e, sua utilização permite um nível de comparabilidade aceitável entre os países. Assim, é a partir de seus dados que o Protocolo de Kyoto vem sendo concebido, denotando inclusive as responsabilidades históricas dos países mais desenvolvidos (mais emissões) em detrimento dos países em desenvolvimento que não têm obrigações em reduzir emissões de gases até 2012, momento em que outras diretrizes serão tomadas.

Segundo Peixoto (s.d), existem 4 tipos de inventários:

- Inventário Nacional: Inventário obrigatório para os países signatários da UNFCCC. Tem por objetivo subsidiar as negociações e os tratados internacionais.
- Inventário Estadual: é voluntário. Entretanto, fornece subsídios ao governo estadual e ajuda a melhorar a informação nacional.
- Inventário Municipal: Também de origem voluntária, fornece subsídios para a gestão municipal.
- Inventário de Corporações: Também adotado de forma voluntária, surge como o primeiro passo para identificar oportunidades de redução de emissões em projetos MDL.

No nível local, algumas experiências vêm sendo concebidas com o objetivo de mensurar as emissões de gases nesses espaços. O objetivo dessa mensuração é apontar

políticas de mitigação e de combate às emissões de forma mais específicas e direcionadas a cada realidade.

Recentemente, a Organização das Nações Unidas, juntamente com o Banco Mundial, lançaram um modelo de padronização para o cálculo das emissões de gases do efeito estufa voltado para as cidades no 5º Fórum Urbano Mundial ocorrido no Rio de Janeiro em 2010. O objetivo desse modelo de padronização dos cálculos de emissões é permitir um nível de comparabilidade aceitável entre as cidades.

O modelo é fundamentado na ideia dos inventários nacionais adotados pelo IPCC nos quais são utilizados fatores de emissão pré-estabelecidos para o cálculo das emissões de gases do efeito estufa. Segundo o modelo, isso se deve porque, as informações contidas nos inventários locais devem ser consistentes e de acordo com o inventário nacional (UN-HABITAT, 2010). Para o cálculo, são considerados seis grandes setores: energia, processos industriais, resíduos, água, materiais de construção e alimentos.

Os resultados encontrados são apresentados a partir de um índice *per capita*, ou seja, enquanto maior o número da população, menor será a quantidade de carbono por pessoa, permitindo observar que cidades com densidade populacional alta apresentem um nível de emissão menor. De acordo com o Banco Mundial, os dados de emissão apresentados entre a cidade do Rio de Janeiro e a cidade de São Paulo mostraram que, comparativamente, a cidade do Rio de Janeiro emite mais gases *per capita* (2,1 toneladas) do que a cidade de São Paulo (1,4 toneladas). Isso ocorreu porque o resultado das emissões de São Paulo foram “diluídos” quando divididos pelo quantitativo populacional.

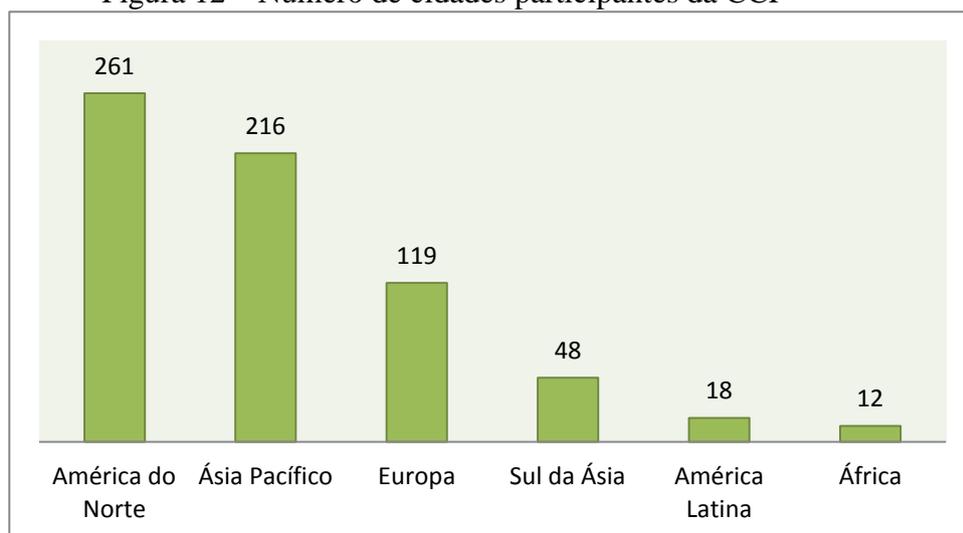
Da mesma maneira que o inventário nacional, o inventário local apresenta dificuldades para execução exigindo perícia técnica devido ao seu alto grau de complexidade, por ser fundamentado nos dados padrões disponíveis no IPCC. Além disso, como o índice é dado como informações *per capita* podem acabar encobrindo o potencial de emissão de gases que determinadas cidades apresentam em relação a outras, dependendo do grau de urbanização e das atividades econômicas nelas desenvolvidas.

Dessa forma, algumas cidades no mundo, inclusive no Brasil, assumiram a árdua tarefa de reduzir sua contribuição de gases do efeito estufa, independente do direcionamento governamental dado à questão do aquecimento global. Segundo o Atlas das Mudanças Climáticas (DOW e DOWNING, 2007) cerca de 670 cidades assumiram obrigações para

reduzir emissões. Para isso, precisaram elaborar seus inventários, adotar políticas de redução e implementar planos de ação (Figura 12).

Tais cidades participam da campanha Cidades pela Proteção do Clima (CCP) organizada pelo Conselho Internacional pelas Iniciativas Ambientais Locais (ICLEI). A iniciativa local permite que as metas e planos de ação devam ser de acordo com as emissões e necessidades dos municípios (Conexão Clima, 2002). Para Peter Clavelle, prefeito de Burlington, Vermont (EUA), participante da CCP, “tudo aquilo que está relacionado à proteção do clima tem a ver com sustentabilidade. Tem a ver com a vida das gerações futuras. E tem a ver ainda com a certeza de que iniciativas locais são determinantes” (KOLBERT, 2008, p.169).

Figura 12 – Número de cidades participantes da CCP



Fonte: Atlas das Mudanças Climáticas (DOW e DOWNING, 2007).

Em toda América Latina, 18 cidades assumiram a campanha, dentre elas, 7 são cidades brasileiras: São Paulo (São Paulo), Volta Redonda e Rio de Janeiro (Rio de Janeiro), Betim (Minas Gerais), Goiânia (Goiás), Palmas (Tocantins) e Porto Alegre (Rio Grande do Sul) (ICLEI, sd). Embora, os exemplos sejam poucos diante do contexto de cidades brasileiras existentes, tais cidades concentram um quantitativo expressivo de contingente populacional, tornando tais cidades uma amostra significativa para o país, haja vista que segundo Kolbert (2008, p. 178) “a simples tarefa de desacelerar o aumento da concentração [de gases] já é uma

empreitada bastante ambiciosa – que exige novos padrões de consumo, novas tecnologias e novas políticas”.

É importante ressaltar, entretanto, que a existência de inventários municipais não se destinam a terem seus valores somados para compor um inventário nacional, caso todas as cidades brasileiras assumissem a CCP, pois questões de ordem gerencial e metodológica impedem que tal prática seja adotada.

Entretanto, a relevância da existência de estudos locais está em ajudar a aprimorar o conhecimento, a rever a dinâmica econômica da geração de gases, as principais fontes de emissão e sumidouros, oportunidades de mitigação e na elaboração de políticas locais (BRASIL, 2009). Assim, embora o resultado encontrado nem sempre represente efetivamente a realidade, oferece um parâmetro de emissões que a partir de então poderá suscitar políticas de mitigação e de adaptação no nível local, sendo esse o principal objetivo dos inventários locais.

Desse modo, buscar e oferecer alternativas que identifiquem as principais fontes/sumidouros de emissões locais já é um importante passo para conhecer a realidade em que se encontram as cidades frente aos novos cenários relacionados às mudanças climáticas urbanas.

4.1.1 Metodologia adotada pelo IPCC

Por inventário entende-se a descrição detalhada e minuciosa de algo (HOUAISS e VILAR, 2001). No caso da mensuração do aquecimento global, o inventário se configura como um retrato das emissões e remoções antrópicas de gases do efeito estufa³⁶.

³⁶ De acordo com as Orientações de 2006 do IPCC para Inventários Nacionais de Gases do Efeito Estufa, os inventários devem incluir as emissões e remoções antrópicas dos gases do efeito estufa que ocorrem em território nacional e em áreas sobre as quais o país tem jurisdição. No entanto, algumas questões específicas devem ser levadas em conta, por exemplo: emissões originadas de combustível utilizados em navios e aviões em viagens internacionais não devem ser incluídas no total das emissões nacionais; as emissões de CO₂ de veículos rodoviários devem ser atribuídas ao país onde o combustível é vendido ao usuário final; as emissões originadas de pesca na costa ou em alto mar devem ser atribuídas ao país que consumiu o combustível; o uso de combustível militar é considerado como “não especificado” no item emissões de operações multilaterais conforme carta das Nações Unidas; as emissões originadas de gasodutos devem ser alocadas de acordo com o território do gasoduto, de modo que pode ser dividido entre dois ou mais países; emissões originadas de vazamentos geológicos devem ser ligadas aos países cujo ponto de injeção está localizado. No entanto, todas as

A importância dos inventários também está no fato de que este retrata a responsabilidade histórica pelas emissões dos países mais industrializados listados no Anexo I, assim como, é a partir deles que se torna possível verificar os compromissos assumidos por tais países e os resultados das políticas adotadas pelos mesmos. No caso dos países listados no Não-Anexo I (países em desenvolvimento), a existência dos inventários surge como oportunidades e prioridades de mitigação no que se refere ao Mecanismo de Desenvolvimento Limpo³⁷.

Originalmente, a proposta de se fazer inventários de gases do efeito estufa surgiu em 1991 como o objetivo de desenvolver e refinar uma metodologia que fosse reconhecida e aceita internacionalmente para estimar as emissões líquidas (emissões – remoções) dos gases do efeito estufa, além de encorajar o uso da metodologia por todos os países signatários da Convenção do Clima (KRUG, 2009).

A metodologia adotada pelo IPCC é baseada no documento “Diretrizes para Inventários Nacionais de Gases do Efeito Estufa 1996”, documento esse adotado pela Convenção do Clima. No entanto, já existe um documento base para direcionamento dos inventários mais atual (2006), e que já vem sendo adotado pela Convenção. De acordo com as diretrizes do IPCC a utilização do método

Possibilita o uso de uma diversidade de métodos em diferentes níveis de detalhamento, incluindo métodos apropriados para condições nacionais específicas. Métodos e suposições padrão são fornecidos para o cálculo das principais emissões e remoções de gases de efeito estufa em um nível mínimo aceitável de detalhamento. Os métodos padrão do IPCC foram desenvolvidos tendo-se em mente a eficiência. Constroem dados prontamente disponíveis e devem ser facilmente aplicáveis para todos os países do mundo. Métodos mais detalhados também são discutidos nas *Diretrizes*, e especialistas nacionais são motivados a empregá-los onde possível e provável de se produzir estimativas nacionais mais precisas. Em alguns casos, os especialistas nacionais podem optar por utilizar uma metodologia completamente diferente, se acharem que esta reflita melhor a situação de seu país. Instruções gerais para o relatório são, portanto, necessárias para acomodar inventários desenvolvidos em diferentes níveis de detalhamento e (potencialmente) com diferentes métodos (IPCC, 1996, sp).

emissões que não podem ser classificadas como emissões nacionais, devem constar como dados para as emissões na esfera global (<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>).

³⁷ Os resultados dos inventários nacionais estão divididos em Anexo I (países industrializados em função de sua responsabilidade histórica em emissões de gases do efeito estufa) e Não Anexo I (referente aos países menos industrializados ou com características de industrialização tardia) (<http://unfccc.int/2860.php>)

Os dados dos inventários no Guia de Orientações do IPCC de 1996 são divididos em 5 setores: uso de energia, processos industriais, setor agropecuário, mudança no uso do solo e florestas e por fim, tratamento de resíduos³⁸, sendo esse documento utilizado como base para inventariar as emissões brasileiras em 2004 e 2009. Por sua vez, tais setores são divididos em subsetores para que estes possam compreender toda gama de variáveis existentes em cada um deles.

Já o documento básico de orientação de 2006 também apresenta 5 principais categorias, no entanto, tais categorias sofreram uma nova reorganização que permitiram aprimorar a metodologia, ou seja, energia, processos industriais e uso de produtos, agricultura, silvicultura e outros usos do solo, resíduos e a categoria definida como “outros”. Em relação à nova reorganização das categorias, comparando com o guia de orientações de 1996, os setores de energia, processos industriais e resíduos se mantiveram e que houve uma compilação entre o setor agropecuário e o setor de uso no solo que foram agrupados para se tornarem uma única categoria, ou seja, agricultura, florestas e outros usos da terra. Por sua vez, houve a inclusão da categoria “outros” de acordo com o guia de orientação de 2006, pode ser incluída emissões que não se encaixam em nenhuma outra categoria definida acima, como, por exemplo, as emissões indiretas originadas da deposição de nitrogênio não agrícola.

De igual modo, o guia de orientações de 2006 compreende categorias individuais (por exemplo, energia) e subcategorias (por exemplo, produção de energia). Assim, metodologicamente, os países produzem seus respectivos inventários a partir das

³⁸ De acordo com o Ministério de Ciência e Tecnologia, a divisão dos inventários em 5 setores segue a sugestão dada pelo IPCC como explicados a seguir: **Setor energia:** São estimadas nesse setor todas as emissões antrópicas devidas à produção, à transformação e ao consumo de energia. Inclui tanto as emissões resultantes da queima de combustíveis quanto às emissões resultantes de fugas na cadeia de produção, transformação, distribuição e consumo de energia. **Setor processos industriais:** São estimadas nesse setor as emissões antrópicas resultantes dos processos produtivos nas indústrias e que não são resultado da queima de combustíveis, pois essas últimas são relatadas no setor Energia. Foram considerados os subsetores de produtos minerais, química, metalurgia, papel e celulose, alimentos e bebidas, e produção e utilização de HFC e SF₆. **Setor agropecuário:** A agricultura e a pecuária são atividades econômicas de grande importância no Brasil. Devido à grande extensão de terras agricultáveis e disponíveis para pastagem, o país ocupa também um lugar de destaque no mundo quanto à produção desse setor. **Setor de mudança no uso do solo e florestas:** A mudança no uso da terra resulta em perda ou ganho de carbono, seja na biomassa aérea como no solo. Diferentemente do primeiro Inventário onde foram consideradas apenas duas transições (a conversão de florestas para outros usos e a regeneração de áreas abandonadas) o segundo Inventário utiliza a metodologia mais detalhada do IPCC e considera todas as transições possíveis entre diversos usos (vegetação nativa, agricultura, pastagem, vegetação secundária, reflorestamento, área urbana, áreas alagadas e reservatórios e outros usos). **Setor tratamento de resíduos:** A disposição de resíduos sólidos propicia condições anaeróbicas que geram CH₄. O potencial de emissão de CH₄ aumenta conforme as melhorias das condições de controle dos aterros e da profundidade dos lixões. De igual forma, o potencial de emissões dos esgotos que apresentam efluentes com um alto grau de conteúdo orgânico tem um grande potencial de emissões de CH₄, em especial o esgoto doméstico e comercial, os efluentes da indústria de alimentos e bebidas e os da indústria de papel e celulose (Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases do Efeito Estufa – Informações gerais e valores preliminares, 2009).

subcategorias uma vez que são a partir de tais subcategorias que as emissões totais são calculadas.

De posse de tais informações, o método básico do IPCC multiplica os dados das atividades encontradas pelo fator de emissão (Tabela 3). Os fatores de emissão refletem as circunstâncias nacionais que devem ser usadas na compilação dos inventários. Esse fator de emissão é dado pelo *software* denominado *Emission Factor Database* (EFDB). No entanto, tais fatores não são encontrados tão facilmente, pois à medida em que se vai afinando em subcategorias outras variáveis vão ficando de fora. Além disso, o uso dos fatores de emissão só se torna possível se os países apresentarem todas as informações necessárias para se fazer a multiplicação. Caso contrário, de nada servem.

Outra questão é que os fatores de emissão disponibilizados no *software* foram calculados tendo como base as economias de países desenvolvidos, especialmente os EUA e as europeias. No entanto, o IPCC incentiva os especialistas a desenvolverem fatores de emissões locais para serem utilizados como alternativas adicionais para o cálculo do inventário dos gases do efeito estufa, com o objetivo de aferir os resultados e, conseqüentemente, à melhoria da qualidade da informação (ALVARES Jr. e LINKE, sd).

O EFDB se caracteriza como um banco de dados utilizado para encontrar os fatores de emissão ou outros parâmetros a serem utilizados no cálculo das emissões antrópicas por fontes e remoções por sumidouros de gases do efeito estufa.

No entanto, encontrar os fatores de emissão não se dá de forma tão simples como apresentado na tabela construída pelo IMT (PEIXOTO, sd), pois à medida que as categorias identificadas como principais vão sendo subcategorizadas, há uma necessidade extrema de conhecimento relacionada a cada subcategoria, de modo que a ausência das informações ou dados referentes à realidade local acaba inviabilizando o uso dos fatores de emissão disponibilizados no EFDB. Essa inviabilização no uso desse recurso leva a necessidade de construir não apenas fatores de emissão locais, mas principalmente, criar um banco de dados no nível local e/ou nacional sobre cada subcategoria identificada, sendo esse o principal problema no uso dos fatores de emissão na realidade local brasileira, ou seja, não existem bancos de dados de tais informações relacionados às emissões de gases do efeito estufa.

Tabela 3 – Cálculo de medições diretas de emissões de gases

Atividade econômica	X	Fatores de emissão	=	Estimativas de emissão
População		[tCO ₂ equiv./ hab.]		tCO ₂ equiv. ³⁹
Cabeças de gado		[tCH ₄ / cabeça]		CH ₄
Combustível consumido		[tCO ₂ / ton. Combustível]		CO ₂
Área desmatada		[tCO ₂ / área desmatada]		CO ₂
Produção de carros		[tCO ₂ / carro produzido]		CO ₂
Geração de resíduos		[tCH ₄ / ton. Resíduos]		CH ₄

Fonte: Adaptado de PEIXOTO (s.d.) Instituto Mauá de Tecnologia (IMT).

Assim, a ausência de informações inviabiliza qualquer tentativa de mensuração de tais gases de forma direta, haja vista que a construção de tais bancos de dados requer um esforço de vários especialistas de áreas diversas, uma vez que o tema é amplo e ao mesmo tempo específico em cada área relacionada às emissões de gases. Nessa perspectiva de esforço conjunto e de recursos disponíveis oriundos de agências públicas nacionais/locais é possível chegar à construção de um inventário de emissões e remoções de gases do efeito estufa. Para isso, o IPCC disponibiliza a metodologia a ser seguida, seja ela de acordo com as especificações dadas no guia, seja ela específica e a ser construída de acordo com a realidade do país.

O relatório “Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories” de 2006 apresenta três níveis de precisão para a realização das estimativas de emissões de gases do efeito estufa. Na medida em que vai havendo avanços nos níveis de precisão, menores serão as incertezas nos resultados apresentados nos inventários.

Os níveis de precisão podem ser definidos como de menor disponibilidade dos dados (nível 1) até a disponibilização de dados mais específicos (nível 3). Para descobrir que tipo de nível de precisão é o mais adequado para cada tipo de inventário o guia do IPCC apresenta uma metodologia para a escolha do nível que represente melhor a realidade encontrada no

³⁹ CO₂eq – Trata-se da abreviação de “equivalente de dióxido de carbono” e é uma unidade de medida que leva em conta os efeitos combinados de todos os gases de efeito estufa [...]. É uma unidade de medida importante, pois diferentes gases do efeito estufa provocam aquecimento em intensidades diferentes. Então, para descobrir quanto de aquecimento podemos esperar de todos eles, não basta apenas somar suas concentrações. Em vez disso, pesquisadores atribuem um peso diferente à concentração de cada gás, de acordo com sua potência quanto ao efeito estufa, usando o dióxido de carbono como padrão. O número resultante fornece o valor da massa de puro dióxido de carbono que teria o mesmo efeito de aquecimento de todos os gases do efeito estufa em questão combinados (WALKER & KING, 2008, p. 251 – 252).

país (Figura 13). Essa escolha começa a partir da identificação de categorias-chave⁴⁰ como fonte individual de emissões. Essa categorização torna-se importante porque enquanto mais rigoroso for o método escolhido para a mensuração das emissões menor será o grau de incerteza nos resultados apresentados no inventário.

Assim, a metodologia adotada pelo IPCC apresenta três níveis de complexidade ou de detalhamento para o cálculo das emissões de GEE, ou seja:

- Tier 1: Nível básico (fator de emissão padrão)
- Tier 2: Nível intermediário (fatores de emissão específicos do país)
- Tier 3: Nível complexo (métodos mais complexos)

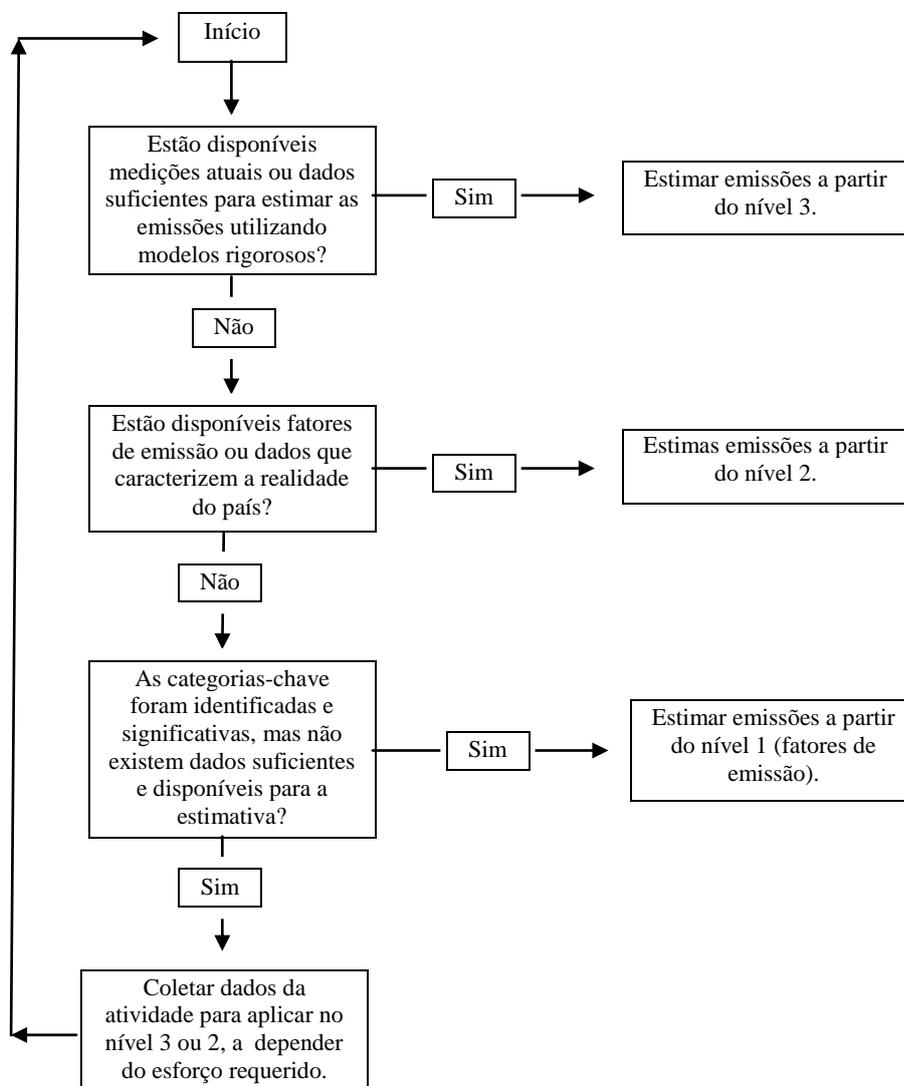
O Tier corresponde à nomenclatura específica utilizada pelo IPCC referente às diferentes metodologias de cálculo dos inventários de gases do efeito estufa (ÁLVARES Jr e LINKE, sd). A escolha do método depende da capacidade de produção de fatores de emissão e da disponibilidade de dados, assim, as estimativas de emissão e remoção podem ser obtidas a partir da relação entre o dado da atividade e do fator de emissão:

Por exemplo, para estimar as emissões de CO₂ por desmatamento, as abordagens Tier 1 e 2 do IPCC requerem uma estimativa da área desmatada (dado de atividade) e o conteúdo médio de carbono na biomassa (acima do solo, abaixo do solo) (KRUG, 2009, sp).

Para a escolha do melhor método para o cálculo das emissões, o IPCC se utiliza da metodologia da árvore de decisão com o objetivo de identificar as categorias-chave, por sua vez tal metodologia pode ser utilizada também para a escolha das subcategorias e assim, fazer a busca da disponibilização dos dados. Enquanto maior for o aprofundamento da escolha de categorias e subcategorias dentro do método, maior o nível de certeza em relação aos dados disponíveis (Figura 14).

⁴⁰ Categoria-chave é aquela que é prioridade dentro do inventário nacional porque sua estimativa tem uma influência significativa em emissões de gases do efeito estufa no total do inventário de um país em termos absolutos (<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>).

Figura 13 – Árvore de decisão para escolha do nível de precisão para estimativas de inventários



Fonte: IPCC, 2006.

Assim, à medida que cada categoria for sendo subcategorizada maior será o nível de informação disponível para a elaboração do inventário. Por sua vez cada subcategoria pode apresentar dados de primeira, segunda ou terceira ordem, dependendo da disponibilização das informações.

De acordo com o Guia do IPCC (2006), a escolha metodológica a partir de categorias é importante para reduzir o nível de incerteza no inventário. Geralmente, o nível de incerteza

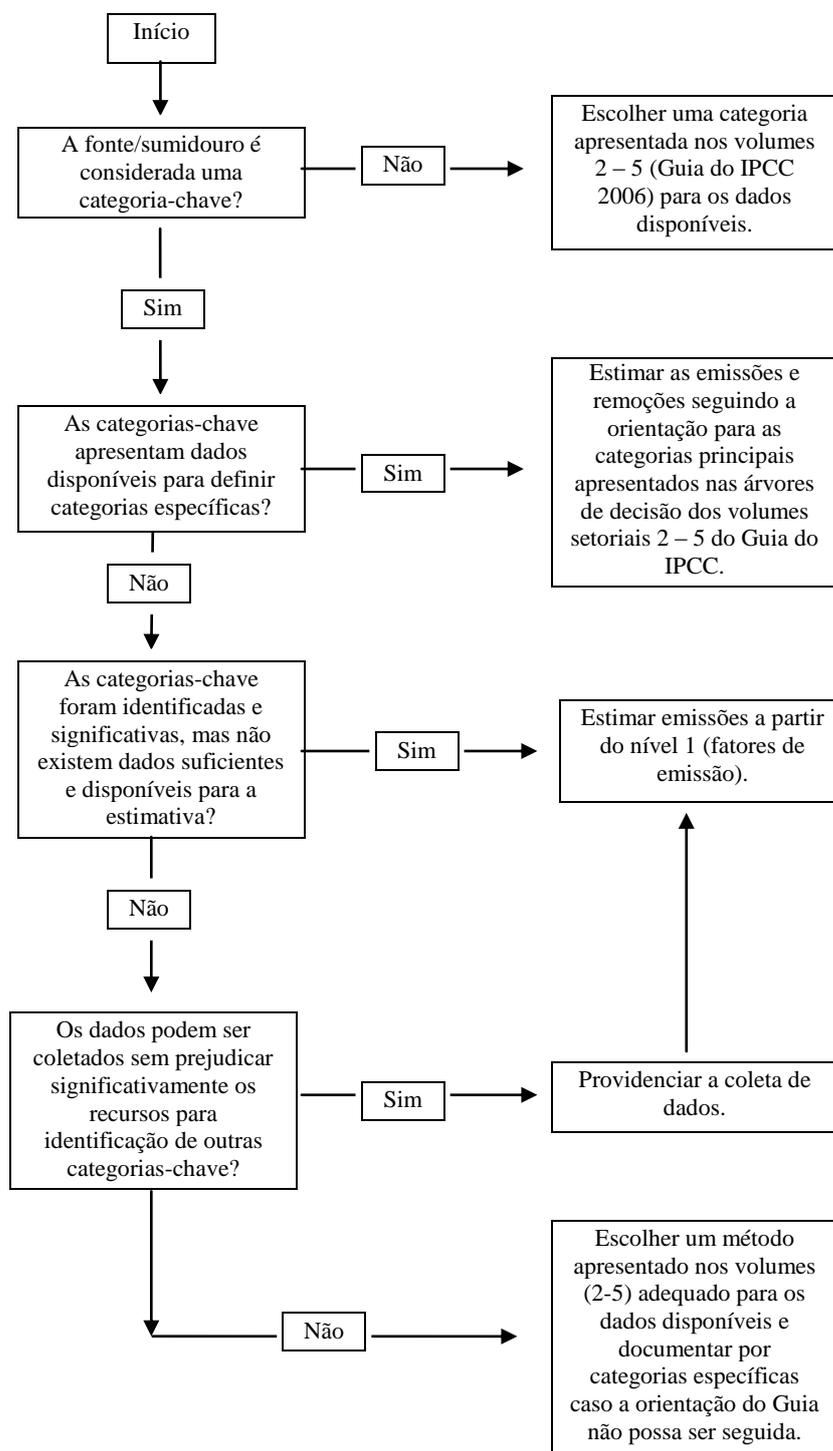
é menor quando as emissões e remoções antrópicas são estimadas usando um método mais rigoroso de escolha de categorias e subcategorias. No entanto, o uso do método mais rigoroso requer a maior quantidade de recursos para a coleta de dados, o que nem sempre é possível e fácil. Por esse motivo, a escolha das categorias e subcategorias deve ser a melhor contribuição para reduzir o nível de incerteza dos inventários. Para isso, cada país pode, e deve apresentar um método sistemático e objetivo para a escolha de tais categorias a fim de que estas representem a realidade e singularidade de cada país inventariado.

Nesse sentido, o Guia do IPCC apresenta categorias-chave que servem como base para a melhor escolha metodológica e para o desenvolvimento de estimativas sobre emissões e remoções antrópicas no nível nacional. Assim, na medida do possível, a escolha das categorias-chave deve ser considerada sob três aspectos importantes para a composição do inventário:

1. A identificação de categorias-chave permite que os recursos disponíveis para a composição do inventário sejam priorizados para obtenção e melhoria dos dados;
2. Enquanto mais detalhado for o método para a seleção das categorias, mais específicos devem ser os dados (Volume 2-5 do Guia do IPCC 2006)⁴¹. Para isso, é utilizada a metodologia da árvore de decisão para especificar o nível de complexidade do sistema. Em alguns casos, é impossível aprofundar no nível da metodologia (Tier 2 e 3) por ser impossível determinar os fatores de emissão específicos de cada país. Quando isso acontece uma nova abordagem pode ser utilizada (ver Figura 14). Nesses casos, toda abordagem metodológica deve ser documentada já que a escolha não está identificada na árvore de decisão setorial.
3. Garantir o controle de qualidade das categorias-chave (Volume 6 do Guia do IPCC 2006).

⁴¹ O Guia do IPCC 2006 é dividido em 6 volumes. O primeiro refere-se à introdução e orientações gerais. Do segundo ao quinto volume discute cada categoria geral e como trabalhar cada subcategoria de cada setor (categorias setoriais) e o último volume dá orientações em relação à qualidade dos dados e exemplos de como destrinchar cada categoria (tabelas) (<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>).

Figura 14 – Árvore de decisão para a escolha e identificação de categorias-chave



Fonte: Guia do IPCC, 2006.

Quadro 5 – Critérios de pesquisa de fatores de emissão do EFDB

<p>1 Energia</p> <p>1A Atividades com queima de combustível</p> <p>1A1 Indústrias de energia</p> <p>1A1a Produção de calor e energia elétrica pública</p> <p>1A1a1 Geração de energia elétrica pública</p> <p>1A1a2 Produção combinada de calor e geração de energia pública</p> <p>1A1a3 plantas de calor pública</p> <p>1A1b Petróleo refinado</p> <p>1A1c Produção de combustíveis sólidos</p> <p>1A1c1 Produção de combustíveis sólidos</p> <p>1A1c2 Outras indústrias de energia</p> <p>1A2 Indústrias de transformação e construção</p> <p>1A2a Ferro e aço</p> <p>1A2b Metais não ferrosos</p> <p>1A2c Química</p> <p>1A2d Celulose, papel e impressão</p> <p>1A2e Processamento de alimentos, bebidas e tabaco</p> <p>1A2f Outros</p> <p>1A3 Transporte</p> <p>1A3a Aviação civil</p> <p>1A3a1 Aviação internacional</p> <p>1A3a2 Aviação doméstica</p> <p>1A3b Transporte rodoviário</p> <p>1A3b1 Carros</p> <p>1A3b2 Utilitários</p> <p>1A3b3 Caminhões pesados e ônibus</p> <p>1A3b4 Motocicletas</p> <p>1A3b5 Emissões dos veículos por evaporação</p> <p>1A3c Ferrovias</p> <p>1A3d Navegação</p> <p>1A3d1 Navios internacionais</p> <p>1A3d2 Navios nacionais</p> <p>1A3d Outros tipos de transporte</p> <p>1A3d1 Transporte de oleoduto</p> <p>1A3d2 Outros</p> <p>1A4 Outros setores</p> <p>1A4a Comercial/Institucional</p> <p>1A4b Residencial</p> <p>1A4c Agricultura, silvicultura e pesca</p> <p>1A4c1 Estacionário</p> <p>1A4c2 Maquinários e implementos</p> <p>1A4c3 Pesca</p> <p>1A5 Outros</p> <p>1A5a Estacionário</p> <p>1A5b Móvel</p> <p>1B Emissões fugitivas de combustíveis</p> <p>...</p>

Fonte: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/find_ef_main.php Acesso em: 27 jul. 2012.

O quadro 5 se apresenta como uma amostra dos fatores de emissão disponíveis, usando como exemplo o setor de energia classificado dentro do sistema como significativo em emissões de gases. Dentro da categoria energia, a subcategoria que foi setorizada foi àquela relacionada às atividades relacionadas à queima de combustíveis: indústrias de energia, indústrias de transformação, transporte, outros setores energéticos e outros. Esse exemplo nos dá um indicativo no nível de profundidade da metodologia adotada pelo IPCC, lembrando que o uso dos fatores de emissão dados pelo sistema é classificado como nível 1, ou seja, um nível básico considerado dentro da metodologia de modo que dependendo do esforço de especialistas é possível aprofundar não apenas nas categorias e subcategorias, mas, principalmente na construção de informações e bancos de dados.

Como pôde ser visto os critérios para a escolha dos fatores de produção são bem diversos e, além dos que estão dispostos dentro do programa, outros podem ser criados para atender a necessidade local. Assim, a seleção das categorias disponíveis no *software* deve ser feita em função da disponibilidade dos dados em cada atividade categorizada para que os dados relacionados às atividades sejam multiplicados pelos fatores de emissão dados pelo EFDB. De forma que o mais difícil dentro do sistema é encontrar, no nível local, os dados específicos de cada atividade, principalmente pela ausência de informações e bancos de dados específicos dos setores categorizados como significativos em emissões de gases do efeito estufa.

Por esse motivo, o uso dos fatores de emissão no nível local tem se apresentado com muita dificuldade, pois, além da diversidade de variáveis entre as cidades, se caracteriza pelo seu alto custo de operacionalização, é demorado e exige muita perícia técnica na construção de fatores de emissão ou na construção de um banco de dados que fossem passíveis de utilização dos fatores de emissão dados pelo EFDB. A ausência tanto de dados como de fatores de emissão vem inviabilizando o conhecimento da realidade local como emissora de gases ou como potencializadora dos efeitos desses gases, o que dificulta o uso de políticas públicas específicas de adaptação ou mitigação aos efeitos recorrentes de mudanças climáticas no meio urbano.

Ainda assim, mesmo diante das dificuldades e problemas encontrados, a metodologia desenvolvida pelo IPCC vem sendo utilizada também na construção de inventários no nível estadual e municipal, porém Krug (2009) destaca algumas observações. A autora diz que, os resultados da construção de inventários estaduais e municipais não podem ser comparados

entre si, pois, dependendo da realidade que cada um apresenta, podem acabar adotando diferentes abordagens no tratamento de dados.

Por isso, os resultados da soma das emissões líquidas nessas esferas (estadual e municipal) jamais seriam iguais ao inventário nacional, a não ser que o tratamento dos dados fosse homogêneo, uso do mesmo tier e dos mesmos fatores de emissão, além da mesma abordagem para a representação das categorias e setores.

A dificuldade não apenas na elaboração do inventário em função da complexidade inerente à formatação do mesmo, se rebate também na dificuldade de comparação dos inventários em seus vários níveis.

Por outro lado, a importância de se inventariar os gases do efeito estufa no nível regional ou local está no fato de que tais inventários poderão subsidiar políticas de planejamento, se tornando uma ferramenta importante quando se trata, no caso das cidades, de políticas de planejamento urbano. Tais políticas são direcionadas em função do dimensionamento da pressão gerada pelos condicionantes urbanos que resultam em elevação da temperatura em termos locais e na busca de novas alternativas de mitigação e adaptação para infraestruturas urbanas. Desse modo, os resultados encontrados poderão indicar os setores mais significativos em emissões de gases, e que, o diagnóstico regional ou local poderá auxiliar os gestores na tomada de decisão e no direcionamento de ações mais específicas de mitigação e adaptação regional/local.

4.1.2 Metodologia adotada pelo ICLEI⁴²

O ICLEI é responsável pela organização não-governamental da CCP. Tal campanha tem como objetivo reduzir as emissões de gases no âmbito local, independente do direcionamento governamental dado à questão no nível nacional. Para isso, são utilizados inventários municipais, nos quais os dados são computados e os resultados alcançados são utilizados para implementação de políticas locais de acordo com as emissões e necessidades dos municípios.

⁴² Informações disponíveis na página de internet do Harmonized Emissions Analysis Tool (HEAT) – <http://heat.iclei.org/heatplusv4/index.aspx>

Para inventariar as emissões dos municípios participantes da campanha, o ICLEI desenvolveu uma ferramenta para o planejamento e formulação de políticas públicas a partir de instrumentos específicos de quantificação das emissões municipais e também medidas de redução das emissões. Vale salientar que, a ferramenta é baseada também no padrão adotado pelo IPCC e em modelos de mensuração adotados pela Environmental Protection Agency (EPA)⁴³.

O HEAT (Harmonized Emissions Analysis Tool) se constitui como um *software* que além de realizar o inventário e projeção das emissões, desenvolve um plano de ação, implementação e monitoramento dos resultados. O *software* utilizado pela CCP é composto por um banco de dados de emissões de gases do efeito estufa e ações concebidas para reduzir as emissões desses gases. Caracteriza-se por ser de fácil utilização se comparado com a metodologia de inventários utilizada pelo IPCC e direciona as emissões locais para o consumo energético, convertendo o uso da energia em fatores de emissão locais. Além disso, ajuda as cidades a combaterem as mudanças climáticas através do planejamento e monitoramento de ações.

A metodologia desenvolvida para o *software* calcula as emissões a serem inventariadas a partir de 5 setores principais: industrial, comercial, residencial, resíduos e transporte. Todos esses setores são inventariados a partir da disponibilização de dados sobre o seu consumo energético.

Entretanto, a ferramenta só está disponível para as cidades participantes da campanha (cidades membros), dificultando o acesso às informações relevantes da metodologia adotada (ICLEI, s.d.). Mesmo assim, há um espaço no sistema que dá acesso aos visitantes interessados em pesquisas sobre o *software* ou a metodologia adotada que pode ser solicitada no sistema online da página de internet do HEAT. Nesse caso o visitante precisa esperar a senha de acesso que será enviada por e-mail. No caso dessa pesquisa, o acesso não foi liberado em função de o *software* estar passando por mudanças e ajustes.

Grosso modo, a crítica que se faz é que, se comparado com a metodologia do IPCC, essa ferramenta se constitui de forma mais agregada, pois já estabelece planos de ação e

⁴³ EPA: A Agência de Proteção Ambiental Americana tem por objetivo reparar danos causados ao meio ambiente e estabelecer critérios para a orientação ambiental de forma a torná-lo mais limpo e saudável. Disponível em: <http://www.epa.gov/epahome/aboutepa.htm> Acesso em: 11 nov. 2009.

monitoramento das ações implementadas permitindo avaliar o alcance das metas estabelecidas de redução das emissões (Figura 15).

Figura 15 – Metodologia da campanha cidades pela proteção do clima



Fonte: ICLEI, 2010.

No entanto, todo inventário é, praticamente, fundamentado na produção de gases do efeito estufa originado do setor energético. Assim, cada cidade precisará definir que variáveis serão utilizadas para encontrar os fatores de emissão disponibilizados no sistema (base IPCC), além de identificar se tais variáveis se encontram disponibilizadas para uso na metodologia, de modo que o *software* seja alimentado com tais informações específicas.

Por outro lado, como a ferramenta é baseada na proposta de mensuração adotada pelo IPCC, os dados utilizados para a alimentação do sistema se constituem de igual forma como uma dificuldade. No entanto, para o cálculo dos inventários de emissões através da ferramenta utilizada pelo ICLEI é preciso seguir alguns passos:

- Identificar as fontes de emissão por setor;
- Identificar o alcance das fontes de emissão (escopos);
- Identificar o tipo de dados requeridos;

- Determinar as fontes dos dados requeridos e sua disponibilidade (Tiers);
- Conseguir os dados;
- Aplicar os fatores de conversão quando requeridos;
- Alimentar as ferramentas de cálculo.

Os escopos referem-se à localização e ao grau de controle sobre as fontes de emissão, ou seja:

- Escopo 1: Fontes de emissão diretas controladas pelo governo local e localizadas dentro dos limites geográficos;
- Escopo 2: Fontes de emissões indiretas limitadas ao consumo de eletricidade, cuja geração ocorre fora dos limites geográficos e organizacionais;
- Escopo 3: Outras fontes indiretas sobre as quais o governo local tem certo poder de influência (Ex. ciclo de vida dos produtos).

A título de informação, qualquer outra fonte de emissão que seja relevante para as políticas do governo local e que não estejam incluídas normalmente nos inventários dados pela metodologia, podem ser incluídos.

Da mesma forma que a metodologia adotada pelo IPCC, a metodologia utilizada pelo ICLEI também apresenta três níveis (tiers) de complexidade em relação às fontes dos dados, a saber:

- Tier 1: estatísticas nacionais e internacionais que se aproximem o suficiente para atender aos fatores locais;
- Tier 2: Dados específicos do país que atendam aos fatores locais;
- Tier 3: Dados específicos da cidade / região que atendam precisamente aos fatores locais.

A compreensão desses níveis de complexidade em relação aos dados é importante porque nem sempre é possível encontrar dados específicos no nível local, sendo necessária a utilização de dados que se aproximem da realidade e sejam utilizados como *proxies*.

Assim, da mesma forma que o IPCC, os dados das atividades encontradas (DA) são multiplicados pelos fatores de emissão (FE) e desta forma são mensuradas as emissões de determinada localidade, ou seja:

$$\text{Emissões} = \text{DA} \times \text{FE} \quad (1)$$

Em relação aos setores nos quais os dados das atividades devem ser representativos, diferentemente do IPCC que trabalha com macro setores (energia, processos industriais resíduos, agricultura, florestas e uso do solo), o ICLEI define suas categorias no âmbito da cidade, ou seja, residencial, comercial, industrial, transporte, resíduos e a categoria outros caso surjam outras categorias como significativas no âmbito local (Quadro 6).

Quadro 6 – Setores inventariados pela metodologia do ICLEI comparados aos setores inventariados pelo IPCC

Setor IPCC	Fontes de emissão	Setor ICLEI	Escopo 1	Escopo 2	Escopo 3
Energia	Combustão estacionária	Residencial	Gás natural, GLP, etc.	Eletricidade	Emissões do ciclo de vida dos combustíveis.
		Comercial	Gás natural, GLP, etc.	Eletricidade	Emissões do ciclo de vida dos combustíveis.
		Industrial	Gás natural, diesel, óleo combustível, carbono, etc.	Eletricidade	Emissões do ciclo de vida dos combustíveis.
	Combustão móvel	Transporte	Gasolina, diesel, GNV.	Petróleo e derivados	Emissões do ciclo de vida dos combustíveis.
Processos Industriais	Combustão estacionária	-	Produção de cimento, alumínio, etc.	Eletricidade	Emissões do ciclo de vida dos combustíveis.
Agricultura, florestas e usos do solo	Combustão estacionária	-	Ciclo biológico do carbono	-	-
Resíduos	Combustão estacionária e móvel	Resíduos	Aterro sanitário, águas residuais e incineração.	-	Emissões relacionadas ao transporte e disposição final de resíduos.
Outros	-	Outros	-	-	-

Fonte: Adaptado de ICLEI, 2008.

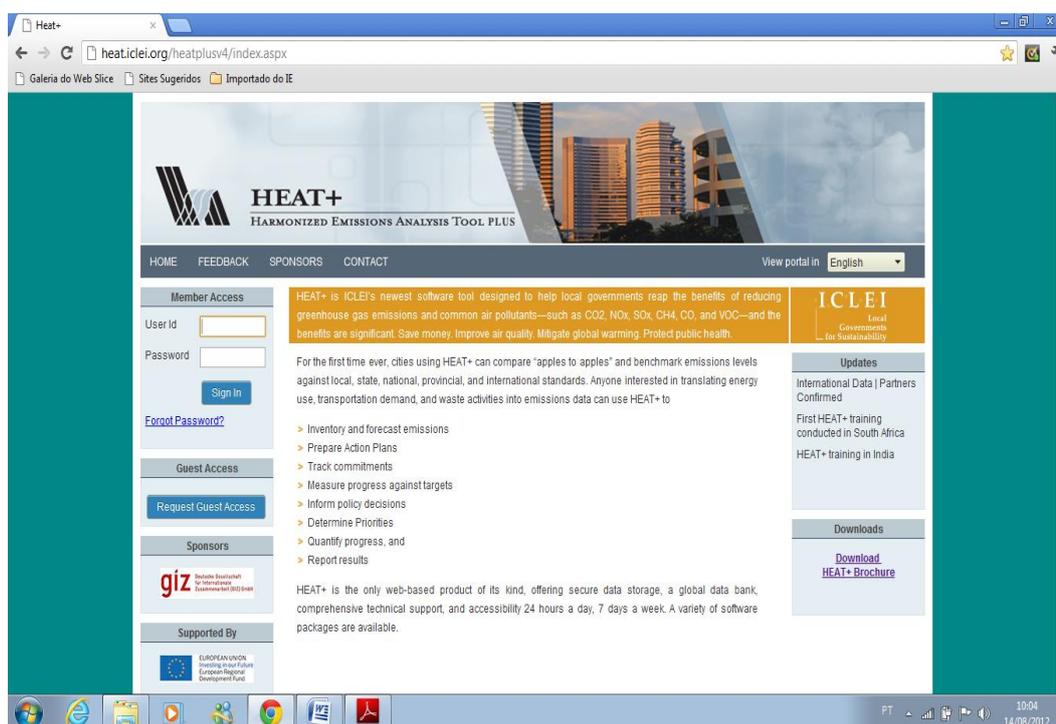
Como apresentado, as metodologias são muito parecidas entre si e se diferenciam principalmente pela escala do inventário, ou seja, enquanto o IPCC trabalha com a lógica “macro” (países), o ICLEI se define pela lógica “micro” (cidades) para o sistema de inventários. A diferença entre as metodologias pode ser caracterizada, especialmente, pelas metas de redução de emissões estabelecidas pelo ICLEI, assim como, no monitoramento e na avaliação das ações implementadas. Assim, a depender do nível de informações e dados disponíveis, os inventários do ICLEI podem ampliar ou aprofundar os níveis de mensuração para que estes se aproximem o mais perto possível da realidade local. E, na ausência de informações e dados das atividades a serem inventariadas estas podem ser construídas a depender do esforço da equipe técnica⁴⁴ responsável pelo inventário municipal.

Assim, os inventários realizados pela metodologia do ICLEI podem ser melhorados desde que as informações se tornem mais específicas e de especialistas mais experientes para a construção desse banco de dados.

O HEAT como uma ferramenta metodológica tem por objetivo ajudar as cidades a gerenciar suas emissões de gases do efeito estufa, fornecendo informações para o planejamento de ações de mitigação com base no inventário de emissões locais (Figura 16). Assim, inclui em suas funcionalidades:

- Construir um inventário de emissões baseado no uso local de energia, bem como flexibilidade para incluir novos setores e gases;
- Contabilidade e formulação de relatórios;
- Construir uma previsão de emissão simples;
- Definição de um objetivo/redução de emissões;
- Quantificar a redução das emissões de gases do efeito estufa;
- Desenvolver, reportar e acompanhar o progresso realizado no cumprimento do objetivo.

⁴⁴ A equipe técnica é formada por grupos de trabalhos divididos por setores a serem inventariados, alianças com secretarias municipais, representantes de ministérios e representantes de agências governamentais a fim de elaborar estratégias para conseguir os dados através de pesquisa, dados secundários, estatísticas, censos, inventário nacional, etc. (ICLEI, 2008).

Figura 16 – Página de internet do *software* HEAT

Fonte: <<http://heat.iclei.org/heatplusv4/index.aspx>>. Acesso em 14 ago. 2012.

O funcionamento da ferramenta consiste na alimentação do sistema com dados de emissões de atividades, ou seja, uso de combustível, consumo de eletricidade, transporte, etc. Como o *software* usa os fatores de emissão padrões (fatores específicos a partir das comunicações nacionais de cada país) da metodologia do IPCC, os coeficientes regionais de energia e transporte já estão calculados. Além disso, o *software* converte os dados da cidade em toneladas de CO₂ equivalente.

4.2 RESUMO DOS INVENTÁRIOS DE CIDADES BRASILEIRAS

Na prática, a metodologia de inventários adotada pelo ICLEI vem sendo utilizada por diversas cidades para atender a necessidade de mensuração das emissões no nível local, assim como para ajudar na implementação de ações de mitigação mais específicas de acordo com o Atlas das Mudanças Climáticas (2007).

A partir da metodologia adotada pelo ICLEI, algumas cidades brasileiras participam da campanha Cidades pela Proteção do Clima, as quais produziram seus respectivos inventários de emissões de gases do efeito estufa. O universo dessa amostra é compreendido

por sete cidades, ou seja, Betim (MG), Rio de Janeiro e Volta Redonda (RJ), São Paulo (SP), Goiânia (GO), Palmas (TO) e Porto Alegre (RS)⁴⁵. A participação de tais cidades no projeto se deu de forma voluntária e servem como estudos pilotos para o desenvolvimento da metodologia de acordo com a realidade do país. Um resumo de cada inventário aqui apresentado é fundamentado em um documento enviado pela Coordenação do ICLEI na América Latina e no Caribe em outubro de 2010 e fazem parte do projeto piloto financiado pela Agência Canadense de Desenvolvimento Internacional (CIDA).

De acordo com a metodologia utilizada pelo ICLEI, as cidades além de inventariarem seus gases do efeito estufa, estabeleceram, a partir das informações encontradas, metas para evitar ou reduzir emissões, assim como, um plano de ação para implementação de medidas.

- **Betim (MG)**

O município de Betim tem uma população de 298.258 habitantes no ano base distribuídas em uma área urbana 78 Km², e aderiu à campanha da CCP em 2002, completando seu inventário de emissões de GEE com a projeção de emissões em 2003, tendo como base o ano de 1998, com emissões estimadas em 209.071 tCO₂e (Tabela 4). Para 2010, Betim estabeleceu a meta de evitar o aumento de suas emissões de GEE e mantê-las nos níveis de 2001.

Tabela 4 – Emissões no ano-base de Betim

Ano	CO ₂ e	
	ton	%
1998		
Residencial	31.174	14,9
Comercial	6.884	3,3
Industrial	113.739	54,4
Transporte	48.832	20,5
Resíduos	14.482	6,9
Total	209.071	100

Fonte: ICLEI, 2010.

Para isso, a prefeitura de Betim possui um programa de gestão integrada de resíduos sólidos, que inclui coleta seletiva e reciclagem, a construção de um aterro sanitário, planta de

⁴⁵ Disponível em: <<http://www.iclei.org/index.php?id=1768>>. Acesso em: 31 out. 2012.

compostagem e estação de tratamento de chorume. Além disso, o município também tem um centro de monitoramento da qualidade do ar e um programa de educação ambiental que se tornou uma referência mundial na comunidade de governos locais. O município conta ainda com um programa de racionalização do trânsito e criação de ciclovias e um programa de produção mais limpa na indústria local.

Em parceria com a Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) iniciada em 2005, Betim já havia instalado cerca de 380 aquecedores solares em casas populares (Figura 17). Em 2009, a cidade já contava com 1487 casas equipadas com aquecimento solar e a partir de 2007 fundou um Centro de Referência em Energias Renováveis (CRER) que atende toda a região na divulgação e capacitação sobre o uso de energias renováveis locais e eficiência energética. Foi também a primeira cidade da região a substituir as lâmpadas a vapor de mercúrio por lâmpadas a vapor de sódio em toda sua iluminação pública.

Figura 17 – Utilização da energia solar em Betim



Fonte: ICLEI, 2010

- **Rio de Janeiro (RJ)**

O Rio de Janeiro foi a primeira cidade na América do Sul a se comprometer com a campanha internacional CCP em 1998. Nesse ano, contratou o Instituto Alberto Luiz Coimbra

de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) para realizar um inventário detalhado de suas emissões de gases causadores do efeito estufa, o primeiro inventário de uma cidade na região. Para fins do inventário, utilizou como base o ano de 1998, com uma população de 5.857.174 em uma área geográfica de 557 Km².

Além do inventário, publicado em 2003, com um total de emissões de 9.549.333 tCO₂e (Tabela 5), o Rio de Janeiro implementa diversas medidas incluídas em seus programas de gestão ambiental, que têm impacto sobre a qualidade do ar e as emissões de gases do efeito estufa. Os programas ambientais atuais cobrem assuntos como educação ambiental, qualidade do ar, qualidade da água, mudanças climáticas e poluição sonora.

Tabela 5 – Emissões no ano base do Rio de Janeiro

Ano	CO₂e	
1998	ton	%
Residencial	426.350	4,5
Comercial	294.025	3,1
Industrial	877.153	9,2
Transporte	3.943.150	41,3
Resíduos	2.906.453	30,4
Outros	1.102.202	11,5
Total	9.549.333	100

Fonte: ICLEI, 2010.

Em relação às medidas relacionadas à CCP, o município tem como meta a expansão do metrô, a conversão da frota de veículos do município para gás natural veicular (GNV) e álcool, manutenção e expansão da rede de ciclovias, programas de coleta seletiva em edifícios públicos e em diversos bairros da cidade, programas de economia energética nos edifícios municipais e o programa de reflorestamento urbano, que tem sido citado mundialmente como exemplo.

Em 2009, a prefeitura do Rio de Janeiro lançou seu Plano Municipal de Mudanças Climáticas e estabeleceu o Comitê de Mudanças Climáticas, com o objetivo de garantir a implementação do Plano.

- **Volta Redonda (RJ)**

O município de Volta Redonda tem uma população de 241.996 habitantes em uma área de 27 km² e abriga a maior indústria de aço do Brasil, que tem gerado impactos ambientais significativos.

Volta Redonda aderiu à CCP em janeiro de 2002 e sediou o I Workshop CCP, inaugurando a campanha na América do Sul. Completou o primeiro marco da CCP com o inventário em 2003, tendo 2002 como seu ano base com emissões de 482.226 tCO₂e (Tabela 6). A meta de Volta Redonda é reduzir as emissões de GEE da administração pública 10% abaixo de suas projeções para 2012. Com isso, pretende atingir uma redução na comunidade 3% abaixo de sua linha de base em 2012.

Tabela 6 – Emissões no ano base de Volta Redonda

Ano	CO ₂ e	
	2002	
	ton	%
Residencial	18.632	3,9
Comercial	10.654	2,2
Industrial	199.039	41,3
Transporte	202.255	41,9
Resíduos	51.646	10,7
Total	482.226	100

Fonte: ICLEI, 2010.

Entre as medidas de redução elencadas no Plano de Ação Climática de Volta Redonda constam, no setor de resíduos sólidos, o programa de reciclagem, com a reciclagem de papel em edifícios públicos, implantação de postos de coleta e de reciclagem voluntária nos bairros, assim como, a captura de metano do novo aterro sanitário. Para o setor de transportes, além da implantação de semáforos sincronizados para melhorar o fluxo de veículos em vias com tráfego pesado, o município irá instalar semáforos com botoeira, para vias com pouco fluxo de pedestres.

Na área de energia, a cidade implementa o programa de eficiência energética, com a troca de lâmpadas de iluminação pública e o programa de conscientização dos funcionários do

município. A substituição de lâmpadas atualmente contabiliza uma redução de 121 mil toneladas de CO₂e por ano. O programa de reciclagem, quando implementado integralmente deverá promover uma redução de 16 mil toneladas de CO₂e por ano.

- **São Paulo (SP)**

São Paulo é a maior cidade do Brasil e a 5º maior do mundo. A metrópole, que apresenta problemas ambientais característicos de cidades com um perfil de desenvolvimento acelerado, tem grande interesse em mitigar suas emissões de gases causadores do efeito estufa, e reduzir a poluição de ar causada principalmente pelo setor de transporte. Entre outras iniciativas para melhorar a qualidade de vida na cidade, São Paulo participa da campanha CCP desde janeiro de 2003, e incorporou as atividades no âmbito da campanha em seu Programa Municipal de Qualidade Ambiental, assim, aproveitou esta sinergia com a Iniciativa do Ar Limpo para Cidades da América Latina, do Banco Mundial.

São Paulo cumpriu o primeiro marco da campanha CCP com a elaboração de seu inventário de GEE, apresentando uma versão preliminar tendo 2002 como o ano base com emissões de 19.799.018 tCO₂e (Tabela 7). Para o ano base do estudo, sua população era de 9.813.187 habitantes com uma área de 968 Km².

Tabela 7 – Emissões no ano base de São Paulo

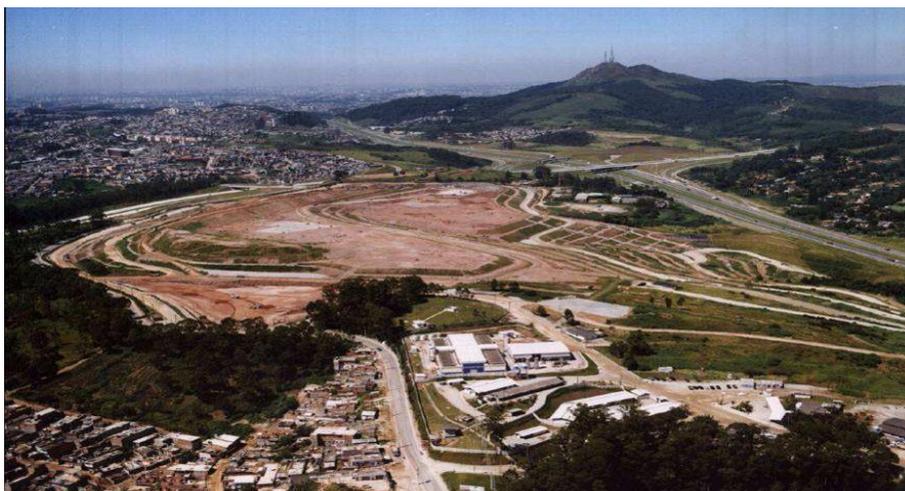
Ano	CO₂e	
2002	ton	%
Residencial	2.202.517	11,1
Comercial	1.744.229	8,8
Industrial	3.504.144	17,7
Transporte	9.522.314	48,1
Resíduos	2.825.814	14,3
Total	19.799.018	100

Fonte: ICLEI, 2010.

Seu Plano de Ação Climática inclui programas que já estavam em andamento, como por exemplo, sua participação no programa de eficiência energética do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL). Seu projeto mais importante para a redução de

emissões dos gases de efeito estufa é o de recuperação de metano do Aterro Bandeirantes, que além evitar emissões de GEE numa taxa de 11% vai gerar 20MW de energia para ser utilizado pela população de baixa renda vizinha ao aterro, promovendo economia no uso de outras fontes de energia menos limpas (Figura 18).

Figura 18 – Aterro Bandeirantes em São Paulo



Fonte: ICLEI, 2010.

Além disso, a prefeitura de São Paulo implementa desde 2007 o programa de inspeção e manutenção veicular, além do programa de restrição à circulação veicular (rodízio Horário de Pico) desde 1997. A prefeitura reduz suas emissões também por meio de ações dentro da própria administração, como programas de eficiência energética e reciclagem nos órgãos públicos e conversão da frota de veículos de gasolina ou diesel para GNV. Outra ação que certamente terá impacto no médio prazo é o da implementação de uma frota de ônibus híbridos, que já conta com 17 veículos em teste na região metropolitana. O programa está sendo realizado em parceria com a Secretaria de Estado do Meio Ambiente de São Paulo e com a Universidade de São Paulo.

Desde 2007, a cidade tem ampliado as áreas verdes com a criação de parques lineares, praças e arborização urbana. Em 2009, a prefeitura aprovou uma lei sobre a Política Municipal de Mudanças Climáticas, que prevê diversas ações setoriais para reduzir suas emissões de CO₂.

- **Goiânia (GO)**

A cidade de Goiânia foi fundada em 1933, projetada inicialmente para uma população de 50.000 habitantes. Em 2000, a cidade abrigava 1.085.806 de pessoas em uma área urbana de 257 Km². Devido a esse crescimento acelerado, a cidade sofre com os problemas característicos dos grandes centros urbanos como poluição da água, perda de áreas verdes e ilhas de calor. Uma das estratégias para lidar com as ilhas de calor e melhorar a qualidade de vida de seus cidadãos foi a implementação de um programa para criar parques aumentando as áreas verdes.

Goiânia aderiu à campanha CCP em janeiro de 2002. Completou o primeiro marco da metodologia CCP com o inventário em 2003, selecionando 1999 como seu ano base com emissões de 707.734 tCO₂e (Tabela 8). Assim, Goiânia tinha como meta evitar o aumento de suas emissões em aproximadamente 40 mil toneladas de CO₂e até 2009. Seu Plano de Ação Climática preliminar foi apresentado à CCP em janeiro de 2004.

O Plano de Ação de Goiânia prevê medidas como mudança da frota de veículos para carros a álcool, aproveitamento de metano do aterro sanitário para geração de energia, criação de programas de reciclagem, redução de desperdício de materiais nos órgãos públicos e criação de parques e áreas verdes.

Tabela 8 – Emissões no ano base de Goiânia

Ano	CO ₂ e	
	ton	%
1999		
Residencial	90.429	12,8
Comercial	54.453	7,7
Industrial	26.116	3,7
Transporte	118.818	16,8
Resíduos	390.295	55,1
Outros	27.623	3,9
Total	707.734	100

Fonte: ICLEI, 2010.

Em 2005, um estudo realizado pela COPPE-UFRJ identificou um potencial de redução, ao longo de 10 anos, de até 18.000 tCO₂e por ano com a substituição de combustíveis da frota municipal, e de até 561.000 tCO₂e por ano, com a captura de metano do

aterro, para queima e geração de energia elétrica, totalizando quase 6 milhões de toneladas de emissões de CO₂e evitadas até 2009.

- **Palmas (TO)**

A cidade de Palmas foi fundada em 1989, e é a mais nova capital estadual do Brasil, com uma área de 2.752 Km². A cidade apresenta um dos mais altos índices de crescimento do país e já conta com mais de 180.000 cidadãos. No entanto, a população estimada no ano de 2000 era de 134.179 habitantes em uma área urbana de 39 Km². Ao aderir à CCP, a cidade pretendia tornar-se a capital ecológica brasileira, investindo fortemente na recuperação de sua cobertura vegetal, uma vez que a construção da cidade foi iniciada com o desmatamento de uma imensa área de floresta no meio do cerrado. Hoje, porém, já é uma das cidades com o maior número de árvores relativo para seu tamanho, contando mais de 280 m² de área verde por habitante, um índice 23 vezes maior do que o recomendado pela Organização Mundial de Saúde (OMS).

Palmas passou a integrar a campanha CCP em 2003. Completou o inventário em 2003, tendo 2001 como ano-base com 151.595 tCO₂e (Tabela 9). Para 2011, Palmas estabeleceu uma meta para evitar o aumento de suas emissões, estabilizando-as nos mesmos níveis de seu ano-base.

Tabela 9 – Emissões no ano base de Palmas

Ano	CO₂e	
2001	ton	%
Residencial	24.938	16,5
Comercial	7.889	5,2
Industrial	548	0,4
Transporte	104.852	69,2
Resíduos	13.368	8,8
Total	152.595	100

Fonte: ICLEI, 2010.

O Plano de Ação Climática de Palmas apresentado em 2004, além de contar com uma Lei Municipal de Mudanças Climáticas, que prevê incentivos para a adoção de energias renováveis e formação de parcerias público privadas para atuar nas questões relacionadas às emissões de GEE, Palmas também conta entre suas medidas com um projeto de reciclagem

que pretende reduzir 50% das emissões de CO₂e provenientes dos resíduos sólidos (28.418 tCO₂e por ano) e um projeto de compostagem que processa 756 toneladas de lixo ao ano, reduzindo 519 tCO₂e. Estudos da COPPE-UFRJ indicaram as melhores opções para a área de transporte, com a eco-direção e a construção de ciclovias. Caso sejam implementados, os planos resultarão na redução de 13.000 tCO₂e, ao longo de 10 anos.

- **Porto Alegre (RS)**

Porto Alegre é uma cidade com 1.320.739 de habitantes na área urbana segundo o Censo de 2000 distribuídos em uma área de 161 Km², aderindo à campanha CCP em janeiro de 2002 e completou o primeiro marco em 2003, elegendo 2000 como o ano base, com emissões de 2.017.628 tCO₂e (Tabela 10). Para 2010, a meta de Porto Alegre é reduzir as emissões GEE em 10% abaixo dos níveis de seu ano base.

Tabela 10 – Emissões no ano base de Porto Alegre

Ano	CO ₂ e	
	ton	%
2000		
Residencial	276.978	13,7
Comercial	130.128	6,4
Industrial	206.659	10,2
Transporte	1.371.415	68,0
Resíduos	32.448	1,6
Total	2.017.628	100

Fonte: ICLEI, 2010.

Em 2003, Porto Alegre apresentou seu Plano de Ação Climática, que incluía medidas já em andamento, integrando as propostas à gestão ambiental da cidade para garantir a sinergia entre as ações pela melhoria da qualidade de vida e a mitigação do aquecimento global. O município vem implementando o desenvolvimento sustentável em sua administração pública consistentemente, com o aumento e conservação de áreas verdes, gestão integrada de resíduos sólidos, melhoria do sistema de transportes públicos e do gerenciamento de trânsito, programas de controle da qualidade do ar e de combate à poluição atmosférica, bem como programas de eficiência energética em edifícios públicos.

No setor de transportes, incluem-se: a melhoria da qualidade do combustível, através de parceria com a Refinaria Alberto Pasqualini para um combustível com menos emissões que o diesel, mas com mesmo preço; incentivo à redução de circulação veicular, através da campanha "Um dia sem Carro"; expansão do sistema público de transporte, com 3 novas linhas de metrô, novas estações de ônibus e 50 km de linhas exclusivas para ônibus; e redução do consumo de combustível em transporte público através de treinamento de motoristas (educação e monitoramento com computador de bordo).

No setor de energia, a administração prioriza a eficiência energética, com a adoção de tecnologias de energia mais eficientes, que já resultaram em economia da ordem de 41% no consumo de energia (setembro 2003); substituição de 60% das lâmpadas incandescentes na iluminação de rua por lâmpadas de baixo consumo de energia, mas com mesma luminosidade, resultando em uma economia de energia aproximadamente 32%; estabelecimento de uma meta de redução de 7% no consumo de energia em edifícios públicos.

No setor de resíduos sólidos, Porto Alegre inclui: o programa de automonitoramento de efluentes industriais; programa de reciclagem que tem 10 centros de triagem com capacidade para reciclar 11.5% do lixo municipal; programa de compostagem que processa 50 toneladas/dia (3.3%) de resíduos domésticos e 54 toneladas/dia (3.5%) de resíduos arbóreos; Projeto Suinocultura, com o aproveitamento das sobras de comida de 25 hospitais e 14 estabelecimentos públicos (cerca de 7 toneladas de resíduo orgânico/dia), que são enviadas a 15 criadores de porcos para alimentar os animais. Este projeto pode receber até 3200 toneladas de resíduos. Por essas iniciativas, em 2008, Porto Alegre tornou-se a segunda cidade-modelo da Rede Elo e abriga um CRER.

Observa-se, no entanto, que as cidades aqui apresentadas possuem algumas características que dificultam um nível de comparabilidade aceitável. Primeiramente, pelo ano base para a coleta de dados e informações para a formulação dos inventários que se diferenciam e que podem influenciar na obtenção de dados e nos resultados finais dos inventários (Quadro 7).

Outra questão que merece destaque é a localização do município e sua importância econômica e regional nas mesorregiões em que estão inseridos. Tais características podem refletir em mais ou menos emissões de gases, haja vista que as cidades-capitais acabam se tornando centros de crescimento econômico devido à localização de indústrias e serviços, com sistema de transporte intensivo e consumo energético elevado. Com exceção de Goiânia,

todas as capitais da amostra apresentaram um nível emissões acima de 1 tonelada de CO₂ per capita por ano. No entanto, uma densidade populacional elevada tende a reduzir as toneladas de dióxido de carbono *per capita*.

Embora as cidades de Betim e Volta Redonda não sejam capitais, ganham destaque na amostra em função não só de sua localização, mas principalmente pelas suas dotações econômicas, haja vista que apresentam um alto nível de industrialização com empresas com potencial de emissões elevado como um pólo petroquímico e automotivo localizado em Betim e uma siderúrgica em Volta Redonda.

Quadro 7 – Quadro comparativo entre as cidades inventariadas

Cidade	Ano base	Localização	População urbana (2000) ⁴⁶	Área urb (km ²) ⁴⁷	Pop/km ²	CO ₂ e (t/ano)	CO ₂ e per capita (t/ano)
Betim (MG)	1998	Região Metropolitana	298.258	78	3.823	209.071	0,70
Rio de Janeiro (RJ)	1998	Capital	5.857.904	557	10.516	9.549.333	1,63
Volta Redonda (RJ)	2002	Vale do Paraíba	241.996	27	8.962	482.226	1,99
São Paulo (SP)	2002	Capital	9.813.187	968	10.137	19.799.018	2,01
Goiânia (GO)	1999	Capital	1.085.806	257	4.224	707.734	0,65
Palmas (TO)	2001	Capital	134.179	39	3.440	152.595	1,13
Porto Alegre (RS)	2000	Capital	1.320.739	161	8.203	2.017.628	1,52

Fonte: autoria própria

Como esse tipo de empreendimento acaba influenciando a chegada de diversas indústrias de suporte, tais centros urbanos se destacam como potenciais em elevação de emissões de gases devido ao seu alto grau de industrialização e densidade populacional. Além disso, a saturação de tais cidades tanto para a chegada de novos empreendimentos econômicos como para moradia acaba levando as cidades vizinhas a serem opções de investimentos econômicos nos setores produtivos, de serviços e de construção civil como evidenciado no Quadro 3. Dessa forma, do mesmo modo que tais cidades exercem influência econômica sob

⁴⁶ Ver http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/ufs.php?tipo=31o/tabela13_1.shtm Acesso em 06 de fev. 2012.

⁴⁷ Ver <http://www.urbanizacao.cnpn.embrapa.br/conteudo/base.html> Acesso em: 06 de fev. 2012.

as cidades vizinhas, tais influências podem também ser percebidas e identificadas no âmbito dos condicionantes urbanos que favorecem para as emissões de gases.

Como pôde ser visto, a metodologia adotada pelo ICLEI apresenta algumas áreas que se mostram como significativas no âmbito das cidades para compreender as fontes de emissões de gases do efeito estufa. A identificação de tais setores como fontes de emissão ajudam na implementação de políticas mais específicas que contribuem para a redução das emissões dos gases.

No entanto, como a metodologia é fundamentada nos inventários nacionais do IPCC, se constituem como dificuldade na adoção dessa metodologia por todas as cidades que optassem por identificar suas principais fontes de emissão, haja vista que, sua utilização requer um alto grau de conhecimentos específicos sobre a temática e, por isso, requer a participação de especialistas que entendam tanto da temática como da utilização do *software*. Por esse motivo, requer um investimento financeiro mais alto para a implementação da metodologia.

Sabendo-se que a implementação das ações mitigadoras precisará de investimentos financeiros que se constituirão como custos operacionais significativos para a gestão pública, a adoção de um método mais simples de identificação dos principais condicionantes urbanos que levam a produção de emissões dos gases a partir do uso de indicadores no âmbito das cidades se apresenta como uma alternativa viável de mensuração. Isso não significa dizer que o método a partir do uso de indicadores se apresente como substituto dos inventários hoje estabelecidos e aceitos pela comunidade científica, mas sim, se apresenta como uma alternativa de mensuração para as cidades que tenham mais dificuldades, tanto no nível técnico e operacional, como no nível financeiro.

Outro fator a ser considerado é que o uso de indicadores apresenta uma ideia aproximada das emissões originadas pelas cidades, haja vista que, se utiliza de estatísticas municipais existentes, diferentemente da mensuração “*in loco*” utilizada pela metodologia do IPCC e do ICLEI e, por conta dessa característica se aproximam muito mais da realidade. Assim, a justificativa para a utilização dos indicadores para identificação das principais fontes de emissão de gases do efeito estufa reflete apenas as deficiências nas condições financeiras e técnicas/operacionais das cidades para implementação das metodologias utilizadas nos inventários.

Por fim, nesse capítulo foram apresentados os principais métodos existentes para inventariar as emissões dos gases do efeito estufa, um a nível nacional e outro a nível local, denotando sua importância para o quadro sobre emissões de gases no nível internacional e que servem como parâmetros para políticas globais de redução de emissões de gases e de políticas de mitigação e de adaptação de governos nacionais e locais. No entanto, tais metodologias apresentam algumas dificuldades que inviabilizam sua operacionalização em larga escala nos governos locais, as quais abrem uma lacuna de investigação, aqui proposta a partir da utilização de um sistema de indicadores de base estatística.

Como o foco dessa pesquisa é a cidade, foi apresentado nesse capítulo um resumo dos inventários das cidades brasileiras que participam da campanha CCP. Tais inventários ajudam a definir as categorias para a composição do sistema de indicadores aqui proposto haja vista que a metodologia utilizada faz um recorte sobre alguns condicionantes que compõem o sistema urbano (residências, comércio, indústrias, transporte, resíduos), os quais também serão considerados para a definição dos indicadores das principais fontes de emissões em cidades.

Capítulo 5

*Não se gerencia o que não se mede,
não se mede o que não se define,
não se define o que não se conhece,
não há sucesso no que não se gerencia.*

William Edwards Deming.



5 COMPOSIÇÃO DO SISTEMA DE INDICADORES

Esse capítulo tem por objetivo apresentar a relação causal entre os condicionantes urbanos (pressão) e variação da temperatura (estado) e a matriz analítica que culminou na proposição do sistema de indicadores. Além disso, apresenta a proposta teórico-metodológica do sistema de indicadores para a identificação das principais fontes de emissão dos gases do efeito estufa nas cidades, assim como apresenta as principais dificuldades e potencialidades encontradas para a proposição do sistema. A partir da proposição, os resultados encontrados são discutidos e analisados à luz da teoria original que norteou a pesquisa. Está dividido entre (5.1) matriz analítica dos condicionantes urbanos e a variação da temperatura baseada nas teorias e conceitos que delinearão a pesquisa e (5.2) proposição do sistema de indicadores para identificação das principais fontes de emissão de gases na esfera das cidades com o propósito de apresentar as fragilidades encontradas para a concepção do sistema, assim como, suas potencialidades em apresentar alternativas para a superação de tais fragilidades.

5.1 MATRIZ ANALÍTICA DOS CONDICIONANTES URBANOS QUE FAVORECEM A ELEVAÇÃO DA TEMPERATURA

Ao longo de toda discussão teórica, buscou-se nesse trabalho identificar relações entre os condicionantes urbanos e a variação da temperatura no nível local. Para isso, o arcabouço teórico apresentou as principais contribuições e inter-relações para a formação do clima urbano desde as influências externas como as influências internas (Figura 19).

Identificou-se também que na inter-relação entre o ambiente externo e o ambiente interno os fatores antrópicos se apresentavam como fatores condicionantes para a elevação da temperatura local, embora estes também sofressem as influências dos elementos naturais encontrados também no âmbito das cidades. Em conjunto, esses fatores favoreciam a criação do clima específico e característico das cidades, conhecido na literatura climatológica como clima urbano.

Alguns condicionantes urbanos identificados ao longo da pesquisa bibliográfica se apresentaram como os mais recorrentes e que exerciam pressão para a formação do clima

urbano, entre eles destacaram-se: o ambiente construído, as atividades econômicas, a população, o sistema de transportes, a energia consumida e os resíduos produzidos.

Em conjunto, tais condicionantes urbanos favorecem e/ou potencializam as emissões dos gases do efeito estufa, e que, por sua vez, implicam em elevação da temperatura. Essa condição de temperaturas mais elevadas provocam impactos no ambiente urbano caracterizado, principalmente, pela poluição atmosférica (partículas e poeiras presas no ‘domos’ das cidades), formação de ilhas de calor urbano (onde as temperaturas nos centros urbanos são mais elevadas do que o seu entorno) e o favorecimento da ocorrência de eventos extremos (como tempestades, enchentes, etc.).

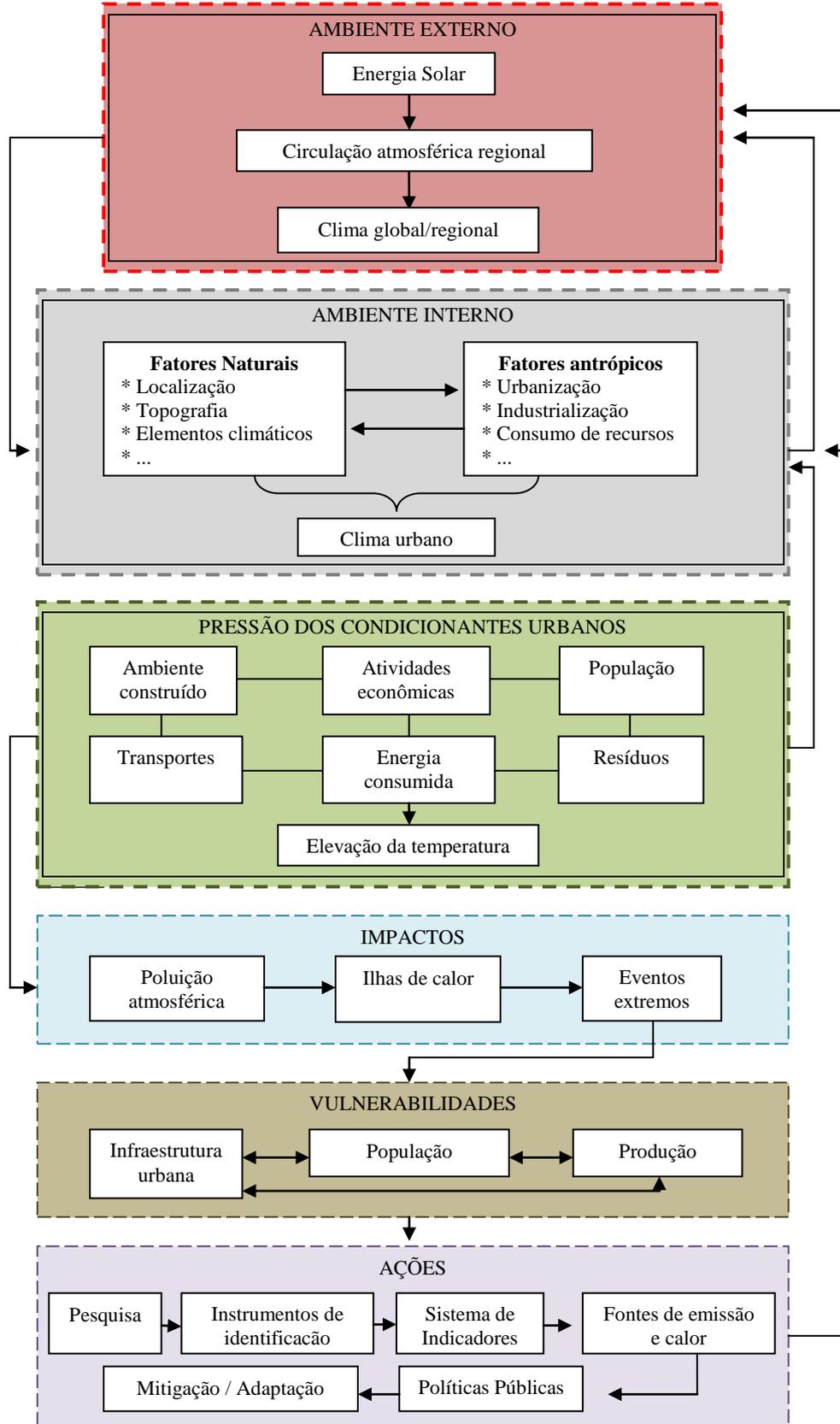
Tais impactos tornam o espaço urbano mais vulnerável, especialmente, sua infraestrutura urbana, muitas vezes não preparada para a ocorrência de eventos extremos, para sua população residente, uma vez que há uma concentração populacional nesses espaços e na sua produção que mantém economicamente tal população vivendo nesse ambiente.

Entendendo toda a vulnerabilidade existente no sistema urbano relacionado às mudanças climáticas locais, e uma vez que a discussão teórica relacionada ao tema nos dá vários indicativos de que tais relações acontecem no cotidiano urbano, o papel das cidades surge como um dos mais importantes e que contribuem significativamente para políticas de mitigação e adaptação desses espaços no novo cenário global de mudanças climáticas.

Tal discussão torna-se importante porque quando se trata de mudança climática, seja ela global, regional ou local, as políticas públicas precisam definir ações a partir de pesquisas multidisciplinares em que sejam atendidas as dimensões econômicas, ambientais e sociais.

Em se tratando de política pública direcionada para as cidades, o planejamento urbano precisa atender tais necessidades de maneira multidisciplinar e que seja capaz de apresentar estratégias que subsidiem as decisões políticas. Para isso, o uso de indicadores indiretos para a identificação das principais fontes de emissão de gases do efeito estufa nas cidades se apresenta como um instrumento que possa vir a contribuir nas decisões e direcionamentos de políticas voltadas ao planejamento urbano.

Figura 19 – Modelo teórico que culminou na proposição do sistema de indicadores



Fonte: autoria própria

Sobre essa questão, Monteiro (2009) afirma que:

A percepção e a conscientização dos problemas da cidade, em especial no caso do seu clima, decisivo à qualidade do ambiente urbano, induzem a anseios, expectativas que, em termos sociais, são extremamente importantes para encontrar os referenciais de valores no estabelecimento das metas. A pesquisa científica dirigida, interdisciplinarmente, a esses problemas, oferece os subsídios sob forma de soluções alternativas apresentadas ao poder público, a quem compete às decisões e a mudança deliberada (MONTEIRO, 2009, p. 25).

Para isso, a construção de uma proposta teórico-metodológica de indicadores direcionados para a esfera das cidades se configura como uma alternativa que possa vir a ser utilizada como um instrumento para tomada de decisões políticas, no que tange à mudança climática no nível local.

No entanto, para efetivação de políticas públicas relacionadas a essa temática, pesquisas sobre o tema são fundamentais. Nesse ínterim, já existe essa preocupação em vários centros climatológicos e universidades espalhadas no Brasil e no mundo com o objetivo não só de entender a formação do clima urbano como para entender como os impactos sofridos como consequência da variação do clima local se reverterá, especialmente na população urbana, na sua infraestrutura e no seu sistema econômico. Além disso, o uso de instrumentos para identificação de fontes de emissão e mensuração de gases do efeito estufa é indispensável para a efetivação de políticas públicas específicas. Para isso, os inventários se apresentam como o caminho mais usualmente conhecido e aceito pela comunidade científica.

No entanto, como apresentado anteriormente, as dificuldades encontradas para a efetivação de tais inventários no nível local nos remete a proposição de um modelo teórico e metodológico que identifique as principais fontes de emissão no nível das cidades, a partir do uso de dados secundários de base estatística. Para isso, foi preciso buscar variáveis explicativas relacionadas à pressão que os condicionantes urbanos causavam em tais espaços e que se configuravam em elevação na temperatura local.

Para a organização dos dados encontrados foi utilizada a matriz analítica PER, sendo que os dados do interesse da pesquisa referem-se aos indicadores de pressão (condicionantes urbanos). Esse modelo consiste em relacionar as **pressões** causadas como impactos ao meio ambiente (condicionantes urbanos), o **estado** em que se encontra o meio (elevação da temperatura nas cidades) e quais as **respostas** que a sociedade dá em relação aos impactos sofridos (políticas públicas). Para nortear essa organização, uma questão tornou-se relevante:

quais condicionantes urbanos existentes nas cidades podem contribuir para aumentar e/ou potencializar as emissões dos gases do efeito estufa e a temperatura em níveis locais?

De acordo com a literatura, alguns condicionantes urbanos que compõem a cidade acabam se destacando pelo potencial que apresentam em emitir gases do efeito estufa e também pela capacidade de reter o calor na superfície, potencializando os efeitos da ilha de calor urbano.

Inicialmente, a busca dos indicadores para a identificação das principais fontes de emissão dos gases do efeito estufa nas cidades começou pela busca dos condicionantes urbanos que compõem a cidade que apresentassem a capacidade de emitir gases, assim como, seu potencial de absorver o calor da superfície, propiciando o efeito da ilha de calor urbano. A literatura disponível foi recorrente em alguns fatores para compor tais condicionantes, principalmente as literaturas referentes à composição do clima urbano como Freitas (2008), Barbirato, Souza e Torres (2007) Monteiro (2009) e Young (2009). Além desses autores, as características das cidades que compõem a tipologia das cidades brasileiras (FASE, 2005) apresentaram duas características que se tornaram pertinentes, como: a concentração populacional e a concentração de riqueza. A partir dessas características foi possível compor os condicionantes da questão urbana que são inerentes a todas as cidades e que apresentam potencial de emissões e de elevação da temperatura em termos locais.

A partir de então, a teoria disponível sobre emissão de gases do efeito estufa fundamentada, principalmente, no relatório de 2007 do IPCC, foi possível relacionar os gases do efeito estufa aos condicionantes urbanos.

Como proposto no objetivo geral dessa pesquisa, os indicadores aqui sugeridos foram compostos a partir dos condicionantes urbanos que compõem as cidades de acordo com o seu potencial de emissões, de modo que foi possível chegar aos seguintes indicadores: área urbana construída, densidade construtiva, energia consumida, população, atividades econômicas, transportes, produção de resíduos e esgoto.

A partir da proposição de tais indicadores, foi preciso buscar variáveis explicativas, a partir de dados estatísticos municipais, que pudessem mensurar tais indicadores. Boa parte dos dados disponíveis pode ser encontrada no IBGE e no IPEADATA (Banco de dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada) e se encontram disponíveis no âmbito municipal,

no entanto, outras estatísticas não se encontram disponíveis, sendo necessário buscar medidas que se aproximassem da realidade (*Proxy*).

O Quadro 8 apresenta a matriz analítica de relação entre os condicionantes urbanos e os gases do efeito estufa relacionados aos indicadores propostos.

Quadro 8 – Matriz analítica dos condicionantes urbanos, os gases do efeito estufa e os indicadores propostos

Condicionantes urbanos	Gases	Indicadores
Impermeabilização do solo	CO ₂	Área urbana construída
		Densidade Construtiva
Consumo de energia	CO ₂	Energia consumida
Contingente populacional	CO ₂	População
Atividades econômicas	CO ₂	Atividades econômicas
Sistema de transporte	CO ₂	Transporte
Produção de resíduos	CH ₄	Resíduos sólidos
		Esgoto

Fonte: autoria própria

A composição dos condicionantes urbanos que norteiam a cidade torna-se preponderante para construção do sistema de indicadores aqui proposto, pois esses se apresentam como substanciais para as emissões de gases do efeito estufa e pelo seu potencial de absorver e reter calor.

Assim, um dos condicionantes urbanos que mais define uma cidade é a substituição do solo natural pelo concreto. Essa substituição legitima-se pela compreensão da modernidade em que a cidade está inserida. Entretanto, essa substituição provoca a impermeabilização do solo, evitando a absorção natural da água; além disso, como o concreto se apresenta como um bom condutor de calor acaba absorvendo-o sem conseguir dissipá-lo na mesma proporção.

Outro fenômeno associado à modernidade é o consumo energético. Além disso, está diretamente relacionado com o processo de urbanização, seja para atender às necessidades individuais de seus munícipes, seja para atender às necessidades de produção das atividades econômicas. Além disso, seu consumo está relacionado também com a concentração de riqueza, dessa forma, enquanto mais rico for o município, maior será seu consumo energético.

Como mais da metade da população mundial vive hoje nas cidades essa informação torna-se bastante significativa se for levado em conta as necessidades de busca de melhores condições de vida por tais indivíduos. Para atender a essas necessidades, a pressão ambiental sobre os recursos disponíveis é intensa, além de gerar impactos negativos sobre o ambiente, entre eles, as emissões atmosféricas e o efeito das ilhas de calor.

Outro condicionante que permeia a cidade é a existência de atividades econômicas. Essa característica é responsável não apenas por utilizar recursos disponíveis para a produção de bens e serviços, mas principalmente por atrair populações para os centros urbanos. Além disso, a modernização da agricultura também foi responsável por propiciar o êxodo da população da zona rural para a zona urbana.

Outro condicionante que define a cidade é a existência de um sistema de transportes para atender à necessidade de deslocamento não apenas das populações, mas também para escoamento da produção, tanto da área rural para os centros urbanos e vice-versa, como também para interligar pessoas e produção entre centros urbanos. Além disso, o sistema de transporte está relacionado ao traçado viário, outro fator que contribui para a impermeabilização do solo e para a absorção de calor em função do material utilizado.

Como um sistema, a cidade apresenta entrada de recursos (*input*) e saída de resíduos (*output*). O problema se estabelece quando esse sistema entra em desequilíbrio e passa a produzir mais resíduos do que a capacidade que o ecossistema natural tem para absorvê-los. Essa realidade é presente na maioria das cidades brasileiras, uma vez que o custo de introdução e manutenção de sistemas de coleta e tratamento de resíduos é alto para os patamares orçamentários dos municípios.

Dessa maneira, é possível observar uma relação cíclica dos condicionantes urbanos que caracterizam a cidade, ou seja, cada condicionante acaba se relacionando com outros e que, por sua vez, em conjunto, implicam em impactos para o ecossistema urbano. Em se tratando de emissões atmosféricas, cada condicionante urbano apresentado contribui

significativamente para compor o arcabouço de fatores que provocam a elevação da temperatura nas cidades.

É preciso deixar claro que não existem apenas esses condicionantes que compreendem a cidade no que se refere às emissões de gases do efeito estufa, entretanto, esses são os mais relevantes em termos de literatura existente, não descartando a possibilidade de inclusão de outros, caso surjam como significativos em futuras pesquisas. Outra questão importante a ser destacada é a existência de dados estatísticos relacionados às variáveis explicativas que compreendam esse arcabouço e que possam ser apresentados como medidas de mensuração aceitáveis. Como a pesquisa propõe o uso de dados estatísticos que mensurem as contribuições dos condicionantes urbanos, a ausência de séries estatísticas pode comprometer o resultado final, sendo necessária, para isso, a utilização de *proxies* que se aproximem dos dados e que sejam diretamente relacionados aos indicadores propostos.

Para fins de operacionalização, os gases aqui utilizados foram aqueles diretamente relacionados com os condicionantes urbanos, ou seja, o dióxido de carbono (CO₂) e o metano (CH₄). Embora os outros gases que contribuem para o efeito estufa estejam intrinsecamente ligados e ocorram simultaneamente, em termos de concentração, o dióxido de carbono e o metano são os gases que mais contribuiriam para elevar a temperatura do planeta. E, por sua vez, estão relacionados com as características das cidades e com as atividades econômicas nelas desenvolvidas.

Por sua vez, os indicadores propostos buscam traduzir como os condicionantes urbanos (pressupondo que tais condicionantes exerçam pressão sobre o sistema energético) desequilibram o processo de absorção, retenção e dissipação do calor e comprometam o sistema para a formação das ilhas de calor urbano (em níveis locais) e para a elevação da temperatura nos níveis regional e global.

5.2 SISTEMA DE INDICADORES PARA IDENTIFICAÇÃO DAS PRINCIPAIS FONTES DE EMISSÃO DE GASES DO EFEITO ESTUFA NAS CIDADES

Para a composição do sistema de indicadores proposto no objetivo geral dessa pesquisa, a utilização da estrutura metodológica definida por Jannuzzi e Wong (2006) se apresenta como a mais adequada e é conhecida como os quatro passos necessários para a

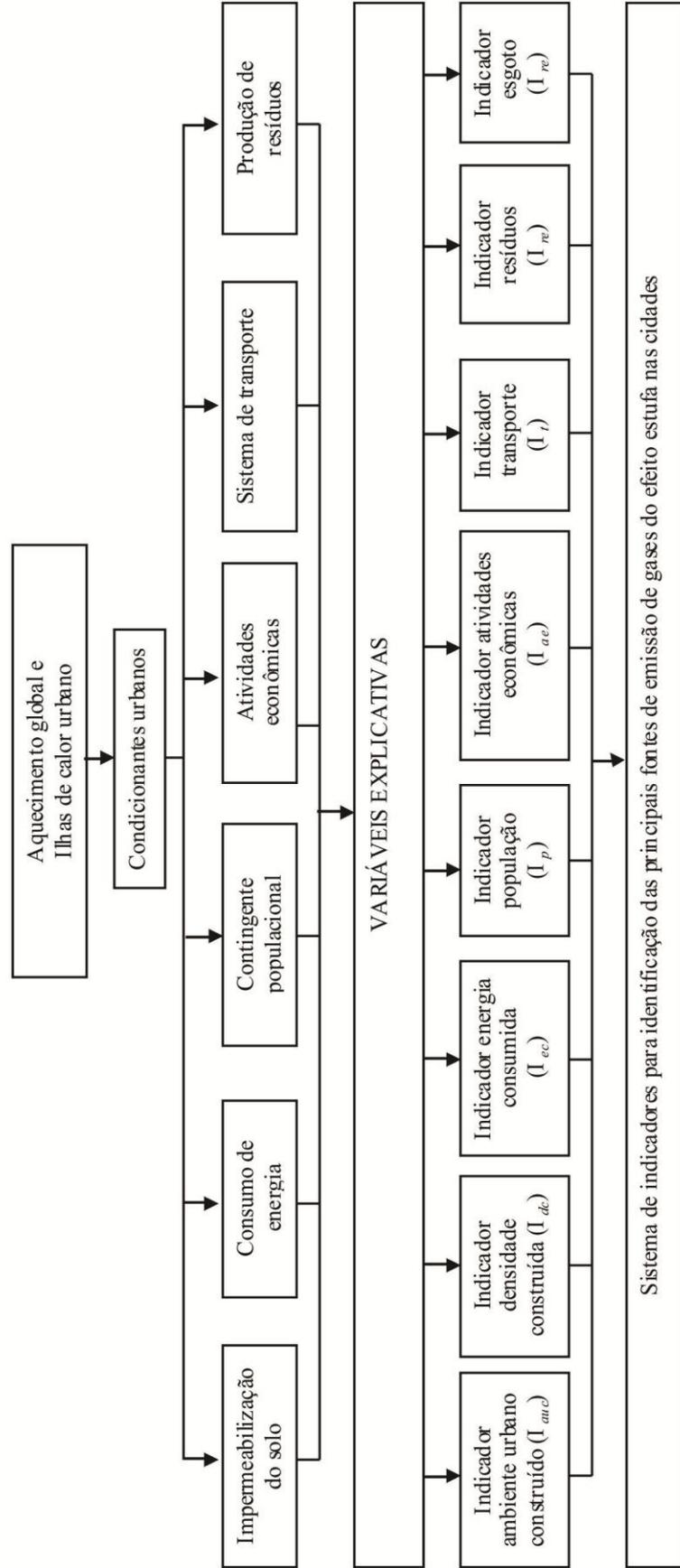
concepção de um sistema, ou seja, a partir de uma (1) definição teórica – aquecimento global e ilhas de calor urbano, parte-se para a (2) definição das abordagens que serão utilizadas – condicionantes urbanos, após tais definições a (3) identificação das variáveis explicativas e dados e, só então para a (4) proposição dos indicadores.

Nessa pesquisa os passos 1 e 2 foram fundamentados a partir do referencial teórico apresentado nos capítulos dois e três desse trabalho nos quais foram apresentadas as principais teorias que fundamentaram a pesquisa e os condicionantes urbanos que emitem ou potencializam a emissão dos gases do efeito estufa nas cidades.

Já o passo 3 foi determinado pela definição das variáveis explicativas e pela pesquisa de dados de base estatística que refletissem as abordagens definidas no passo 2 da pesquisa e que estivessem amplamente disponíveis nos principais bancos de dados do país. Como nem todas as informações necessárias estavam disponíveis, outras fontes de informação foram utilizadas como *proxies* para atender a necessidade de obtenção de dados para a pesquisa. E, a partir das informações disponíveis, foi possível avançar para o passo 4 que se refere a proposição dos indicadores propriamente dita.

O uso desse método permite que as relações feitas a partir da abordagem teórica sejam estabelecidas com o uso de dados e informações concretas e que reflitam a realidade do objeto de estudo analisado. Assim, a proposta metodológica a seguir adotou essa mesma concepção e se estabeleceu da seguinte maneira (Figura 20):

Figura 20 – Proposição do sistema de indicadores



Fonte: autoria própria

A partir do modelo teórico definido na pesquisa foi possível chegar à proposição do sistema de indicadores para a identificação das principais fontes de emissão de gases do efeito estufa nas cidades com suas respectivas variáveis explicativas (Quadro 9).

Quadro 9 – Sistema de indicadores das principais fontes de emissão de gases do efeito estufa nas cidades

Sistema de indicadores das principais fontes de emissão de gases do efeito estufa nas cidades		
Indicadores	Variáveis explicativas	Fonte de dados
Área Urbana Construída (I_{auc})	Área total do município (km ²) Área urbana do município (km ²) Área verde dentro da área urbana (km ²) Unidades residenciais (número) Unidades não residenciais (número)	IBGE EMBRAPA ⁴⁸ INDISPONÍVEL IBGE IBGE
Densidade Construtiva (I_{dc})	Índice de coeficiente construtivo Consumo de cimento per capita nacional (ton) Consumo total de cimento nacional (ton) Consumo de cimento municipal (ton)	A DEPENDER SNIC SNIC INDISPONÍVEL
Energia Consumida (I_{ec})	Energia elétrica <i>per capita</i> nacional (kW) Energia elétrica municipal (kW) Renda per capita municipal PIB municipal Consumo de combustível fóssil municipal (Kg) Unidades residenciais com energia elétrica (%)	ANEEL/BEN INDISPONÍVEL IPEADATA IPEADATA ANP IPEADATA
População (I_p)	Tamanho da população urbana (hab.) Tamanho da população rural (hab.) Tamanho da população total (hab.) Densidade populacional	IBGE IBGE IBGE IBGE
Atividades Econômicas (I_{ae})	PIB municipal (R\$) Renda per capita municipal (R\$) PEA urbana municipal (número) PEA total (número) Número de unidades industriais	IPEADATA IPEADATA IPEADATA IPEADATA IBGE
Transporte (I_t)	Veículos licenciados municipais (número) População total (hab.)	DENATRAN IBGE
Resíduos (I_r)	Produção per capita regional (Kg) Produção total de resíduos regional (ton) Produção total de resíduos municipal (ton) Resíduos coletados por município (%)	SNIS SNIS INDISPONÍVEL IBGE
Esgoto (I_e)	Volume de esgoto nacional (m ³) Volume de esgoto per capita (m ³) Volume total de esgoto municipal (m ³) Volume de esgoto coletado (%)	IBGE IBGE INDISPONÍVEL IBGE

Fonte: autoria própria

⁴⁸ Existe um estudo realizado pelo EMBRAPA para a definição das áreas urbanas no Brasil. No entanto, no momento da concepção dessa pesquisa, apenas uma amostra de municípios brasileiros foram contemplados com informações sobre sua área urbana.

Para o indicador de área urbana construída (I_{auc}), as variáveis explicativas no nível municipal referem-se à área total do município dividida entre a área urbana e área rural. Foram encontrados dados referentes ao número de unidades residenciais e não residenciais existentes no nível municipal. No entanto, a relação área urbana / área rural retrata melhor o percentual de urbanização na escala municipal. Outro dado importante refere-se a existência de área verde dentro da área urbana, no entanto não estão disponibilizadas no nível municipal estatísticas referentes às áreas verdes dentro dos municípios. A variável explicativa área verde pode indicar que embora a cidade esteja emitindo gases do efeito estufa pode também estar sequestrando carbono em função de sua área verde, haja vista que áreas verdes em processo de crescimento são responsáveis pela absorção de carbono da atmosfera. Na ausência de tais dados, o número de unidades residenciais e não residenciais podem ser utilizados como *proxies* dessa mensuração. Tal variável pode indicar o nível de urbanização das cidades a partir da construção civil, uma das fontes que mais emitem gases do efeito estufa dentro da área urbana.

Para o indicador da densidade construtiva (I_{dc}), os dados estatísticos disponíveis, relacionados às variáveis explicativas, e que se aproximam da mensuração desejada referem-se à quantidade de cimento consumida total, assim como seu consumo *per capita* no nível nacional, no entanto a disponibilidade de estatísticas em relação ao consumo de cimento no nível municipal poderia representar melhor o indicador na escala municipal. O uso do consumo de cimento como variável explicativa deve-se ao fato que este está diretamente relacionado ao nível de crescimento físico da cidade, seja na construção civil, seja no nível de impermeabilização do solo. Como o uso do cimento dentro do setor da construção civil se apresenta como um dos principais emissores de gases do efeito estufa pode vir a ser utilizado como variável explicativa desse indicador, além disso, é um bom condutor de calor favorecendo o aquecimento das cidades. Outro dado que poderia vir a ser utilizado seria a taxa de ocupação do solo que corresponde à porcentagem do terreno sobre o qual há edificação. No entanto, não estão disponíveis estatísticas no nível municipal que pudessem mensurar tal indicador até esse ponto da pesquisa.

Para o indicador de energia consumida (I_{ec}), foi utilizado como parâmetro o consumo de energia elétrica, o consumo de combustíveis fósseis, a renda per capita e o PIB. A utilização dos dados estatísticos que mensuram o consumo de energia apresentam uma relação entre a riqueza da cidade e o tamanho da população, sendo um indicador extremamente importante no sistema de indicadores ora proposto. Entretanto, para o consumo de energia

elétrica, as estatísticas não se encontram disponíveis no âmbito municipal, comprometendo o resultado do indicador, haja vista que o consumo de energia elétrica tem um papel fundamental para as emissões de gases do efeito estufa nas cidades. Além disso, tal consumo está altamente correlacionado ao aumento da renda *per capita* observado nos indicadores econômicos do país nos últimos anos. Portanto, para este indicador, são utilizadas apenas as estatísticas referentes ao consumo de combustíveis fósseis, a renda *per capita* dos municípios e seus respectivos PIBs. Assim, o uso de combustíveis fósseis como variável explicativa deve-se ao fato de que este está diretamente relacionado às emissões de gases que estavam anteriormente fora do sistema energético do planeta e é responsável diretamente pelas mudanças climáticas identificadas ao longo do tempo, tornando-se uma das variáveis explicativas mais significativas dentro do sistema de indicadores. Na ausência de tal variável, pode vir a ser utilizado como *proxy* a renda *per capita* e os PIBs dos municípios, pois estes refletem o nível de produção e riqueza, principalmente se esta produção estiver associada ao nível de industrialização do município.

Para o indicador população (I_p), as variáveis explicativas referem-se ao tamanho da população urbana, da população rural e da população total, todos disponíveis no nível municipal, não apresentando para esse indicador nenhuma dificuldade na utilização dos dados disponíveis. Também pode ser utilizada a densidade populacional que relaciona o número da população com a área do município. A utilização dessas variáveis explicativas deve-se ao fato de quanto maior a concentração da população na área urbana, mais emissões direta de gases serão identificadas em função da construção civil, das atividades econômicas e do modo de vida moderno (cada vez mais dependente de energia) da população residente.

Para o indicador das atividades econômicas (I_{ae}) são propostas as variáveis explicativas referentes ao PIB (Produto Interno Bruto) municipal que reflete o nível de riqueza das cidades e a população economicamente ativa (PEA) urbana e total. Tal indicador pode ser mensurado a partir da relação PEA urbana / PEA total, a PEA urbana e a população urbana e pela relação PIB / população. Assim como pelo número de unidades industriais existentes no município. No entanto, é preciso esclarecer que nem todas as atividades econômicas são emissoras de gases do efeito estufa nas cidades. Entretanto, a teoria aponta que quanto maior o nível de riqueza de um determinado município maior o nível de setores industriais que exercem pressão sobre o meio ambiente urbano, haja vista que tais setores agregam mais valor economicamente e se utilizam de uma base de produção com utilização intensiva de recursos naturais, entre eles, consumo de energia fóssil e elétrica.

Já o indicador transporte (I_t) procura retratar a relação entre o número de veículos licenciados e o tamanho da população. Os dados estatísticos para tal indicador se apresentam no nível municipal a partir de 2001. Esse indicador tem por objetivo mensurar o grau de dependência da população urbana em relação ao transporte público e, principalmente, ao transporte privado. Além disso, está diretamente relacionado ao consumo intensivo de combustíveis fósseis que contribui para as emissões dos gases do efeito estufa, sendo este um setor que já vem sendo estudado pelo grande impacto causado em emissões atmosféricas e um dos principais contribuintes em emissões no espaço urbano. Assim, com o aumento do número de veículos concentrados espacialmente nos grandes centros, este se apresenta como uma variável explicativa significativa na concepção do sistema de indicadores. Por outro lado, o material utilizado na produção de veículos se apresenta como um bom condutor de calor, absorvendo intensivamente o calor recebido durante o dia e expelindo-o durante a noite favorecendo a formação da ilha de calor urbano.

Em relação ao indicador resíduos sólidos (I_{rs}) a proposta é utilizar a quantidade de resíduos produzidos e coletados no nível municipal. No entanto, o que se tem disponível é a produção de resíduos *per capita* no nível nacional e regional e o percentual de resíduos coletados no nível municipal. Para a resolução de tal problema, é possível, a partir dos dados estatísticos disponíveis, chegar a um valor que se aproxime, ou seja, uma *proxy*, uma vez que os dados disponíveis em relação à população urbana e o percentual de coleta podem fornecer um valor final. Estas variáveis explicativas refletem o nível de consumo de recursos, assim como o nível de perda de energia dentro do sistema de gestão de resíduos sólidos, uma vez que no Brasil, cerca de 56% dos municípios destinam os resíduos coletados em lixões á céu aberto. Este dado denota que as emissões originadas nesse setor são significativas, principalmente por estar relacionado ao metano, gás este 23 vezes mais poluente do que o dióxido de carbono.

De igual forma, as variáveis explicativas referentes ao Indicador esgoto (I_e) são apresentadas a partir de dados nacionais (volume total e volume *per capita* nacional), apresentando no nível municipal apenas o percentual coletado por município, sendo necessária a utilização do volume esgoto produzido no nível municipal para a mensuração de tal indicador. Esta variável explicativa também se torna significativa, pois dentro do sistema de saneamento básico brasileiro o tratamento de esgoto é o que apresenta mais *déficits*, ou seja, é o que menos apresenta investimentos para a efetivação de um tratamento adequado do esgoto produzido. Como o processo de decomposição do esgoto se apresenta como um dos

principais emissores de metano, o nível de volume de esgoto municipal se torna significativo dentro do sistema de indicadores.

5.2.1 Escopo dos Indicadores: relevância, validade e confiabilidade

O escopo dos indicadores está relacionado à sua relevância para a construção do sistema de indicadores para a identificação das principais fontes de emissão dos gases do efeito estufa nas cidades. Segundo Jannuzzi (2006, p. 26) “a relevância é um atributo fundamental para justificar sua produção e legitimar seu emprego no processo de análise, formulação e implementação de políticas”. Além dessa propriedade, pretende-se abordar sua validade e sua confiabilidade. Validade no sentido de se aproximar a medida ora estabelecida ao conceito que o originou e confiabilidade relacionada à qualidade dos dados utilizados para a mensuração.

Relevância

Para esse caso, a relevância dos indicadores propostos está no potencial que cada indicador apresenta em emitir gases do efeito estufa ou que potencializam tais emissões.

- **Área urbana construída:** Para esse indicador foi analisado que este refletia o processo de urbanização e que estava relacionado, também, ao tamanho da população, construção civil, traçado viário e ao nível de industrialização. Como o traçado viário é outro fator que contribui para a impermeabilização do solo, assim como a construção civil, tais fatores estão diretamente relacionados com o consumo de cimento. Mas, o seu principal agravante refere-se ao seu condicionamento à cultura do automóvel, responsável por emissões de gases do efeito estufa referente ao consumo de combustíveis fósseis. Com o processo de urbanização em constante expansão para atender as demandas sociais e econômicas da população, esse indicador reflete a artificialização dos ecossistemas naturais e é responsável, em termos globais, por 40%

das emissões de gases (IPCC, 2007). Outra referência relevante refere-se área total e urbanizada dos municípios.

- **Densidade construtiva:** Em se tratando de densidade construtiva, a construção civil é a principal responsável pela impermeabilização do solo em tais espaços. Como o concreto está relacionado à modernidade, a construção civil está diretamente relacionada ao desenvolvimento econômico. Esse indicador apresenta relações, principalmente, com o consumo de energia e com o consumo de cimento. De acordo com o Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SNIC, 2010), 5% das emissões globais de gases do efeito estufa estão relacionados à produção e ao consumo de cimento. No Brasil, tais emissões correspondem a 2% das emissões nacionais. Por outro lado, além de impermeabilizar o solo, outro fator que permite a absorção da radiação solar é a densidade construtiva. Dependendo do volume construído e do material utilizado nas paredes e tetos dos edifícios (geralmente concreto), a radiação solar que incide na estrutura “se acumula na forma de energia durante o dia e, à noite, é liberada para a atmosfera, alimentando a ilha de calor urbano” (CONTI, 1998, p. 43-44). Por absorver calor, o consumo de energia é alto para garantir o conforto térmico com o uso do ar condicionado.
- **Energia consumida:** A principal contribuição do setor energético para a elevação da temperatura está na produção de eletricidade. Tais processos emitem gases do efeito estufa que contribuem para o aquecimento, inclusive na energia hidráulica que mesmo sendo considerada uma energia limpa seu processo de produção contribui para tais emissões (EPI, 2010). Além disso, o consumo de combustíveis fósseis se apresenta como o principal agravante do processo de emissões do estoque de carbono que estava fora do balanço energético do planeta (WALKER E KING, 2008). No Brasil, o setor energético é responsável por cerca de 15% das emissões de gases de acordo com o inventário nacional.
- **População:** De acordo com o IPCC (2007), países com grandes populações tendem a emitir mais gases do efeito estufa. Entretanto, é importante considerar que países em desenvolvimento ou subdesenvolvidos, se comparados com países desenvolvidos, emitem menos gases devido ao menor impacto do setor industrial (menos desenvolvido) e pelo estilo de vida (menor intensidade do uso de energia).

- **Atividades econômicas:** Esse indicador reflete o grau de desenvolvimento econômico da área urbana. Pode ser utilizado tanto na produção de bens quanto na produção de serviços. Entretanto, por suas características, o setor industrial apresenta um peso maior em relação às emissões de gases, se comparado ao setor de serviços. Por esta afinidade, enquanto mais desenvolvido for o setor industrial maiores serão as emissões de gases. Além disso, este indicador também está relacionado ao consumo energético. Esse indicador torna-se relevante, pois reflete as demandas econômicas e sociais da população urbana espacialmente concentrada nas cidades e regiões metropolitanas, tanto na produção e consumo de bens e serviços (pressões ambientais sobre os recursos) como na geração de emprego e renda, que serve como retroalimentação do sistema econômico agravando ainda mais os impactos ambientais identificados anteriormente.
- **Transportes:** Este indicador refere-se ao sistema de transporte (público/privado) necessário para atender a demanda de deslocamento das populações urbanas e também da produção. Sua relevância está no fato de que este setor é responsável por 9% das emissões de gases no inventário nacional (BRASIL, 2009). Além disso, está relacionado ao quantitativo de automóveis (refletido principalmente a partir do aumento da renda *per capita* brasileira) e ao consumo de combustíveis fósseis.
- **Resíduos Sólidos:** A produção de resíduos reflete o grau de desenvolvimento das populações, assim como sua destinação final. Seu potencial em emissões está principalmente relacionado ao metano (CH₄), 21 vezes mais potente em reter o calor na atmosfera se comparado ao CO₂. De acordo com a PNSB (2000) mais de 60% das cidades brasileiras utilizam como destino final de seus resíduos os lixões a céu aberto. Outra questão a se considerar é que nas cidades que apresentam um destino final mais adequado, nem sempre o metano produzido pela decomposição da matéria orgânica é reaproveitado no sistema energético.
- **Esgotos:** De igual forma à gestão de resíduos sólidos, os esgotos também apresentam um potencial significativo de emissão de gases, principalmente, o metano. Embora as cidades brasileiras apresentem dados significativos referentes ao sistema de coleta de esgoto, seu principal agravante está na ausência de tratamento relacionado ao aproveitamento energético do metano. De acordo com o IDS (2008), o percentual de esgoto que recebe algum tipo de tratamento no Brasil está em torno de 1/3 do total coletado.

Validade

Quanto à validade buscou-se para esse estudo, variáveis explicativas que refletissem, o mais próximo possível, não apenas a abordagem conceitual utilizada na parte teórica desse documento, mas principalmente a sua relação empírica com a realidade que caracteriza o universo das cidades brasileiras. Para isso, a partir da literatura disponível e da identificação de quais condicionantes urbanos apresentavam potencial para emissões de gases e variação da temperatura local foi construído o arcabouço para a concepção da proposta do sistema de indicadores e busca de variáveis explicativas que refletissem os conceitos que fundamentaram a pesquisa. No entanto, muitos dados fundamentais para o desenvolvimento do sistema de indicadores se apresentaram como indisponíveis comprometendo significativamente seu uso em estudos futuros, a menos que essas estatísticas comecem a ser produzidas e/ou disponibilizadas.

Confiabilidade

Trata-se da confiabilidade em relação aos dados propostos no estudo. Nesse sentido, essa questão se apresenta como uma das mais frágeis na proposição desse trabalho. Existe a fragilidade tanto nos dados utilizados (muitos não refletem a realidade como se almejava anteriormente, pois muitas das medidas foram utilizadas como alternativas (*proxy*)) como também na ausência de informações relevantes a saber, dados no nível municipal relacionados ao consumo energético a partir do consumo de combustíveis fósseis e consumo de energia elétrica. Assim, a ausência de tais informações compromete o resultado final da proposta ora estabelecida porque embora a pesquisa apresente relações teóricas sobre a pressão desses condicionantes encontrados no ambiente urbano que causam impactos significativos, relacionados, principalmente, à elevação da temperatura, o mesmo não pode ser utilizado como parâmetro de identificação das principais fontes de emissões de gases do efeito estufa em função da falta de confiabilidade nos dados propostos já que esses não se encontram disponíveis, sendo necessária a utilização de *proxies*.

Assim, como denota Jannuzzi (2006), um bom indicador precisa apresentar tais características para que seu uso torne-se fácil e os resultados encontrados sejam amplamente aceitáveis, pois em conjunto, favorecem o monitoramento da realidade e, partir de tal monitoramento, a formulação de políticas públicas mais específicas.

5.2.2 Avaliação do sistema de indicadores: dificuldades e potencialidades

Para fins de mensuração dos indicadores propostos foram utilizados dados estatísticos no nível municipal, pois esses refletem a realidade encontrada em determinado período de tempo. Diferentemente dos dados disponíveis no âmbito estadual e nacional que retratam apenas um parâmetro geral, sem levar em consideração as heterogeneidades e as especificidades locais.

No entanto, a concepção do sistema de indicadores a partir da utilização dos dados disponíveis que mensurassem as variáveis explicativas apresentaram algumas dificuldades, uma vez que estes embora disponíveis à primeira vista, não correspondiam ao dado específico e desejado que atendesse as necessidades da proposta.

É importante considerar que as variáveis explicativas trabalhadas no passo 3 dessa pesquisa são apenas propostas que podem ser mudadas dependendo da necessidade do município ou da disponibilidade de informações. Além disso, dados específicos e que atendam a realidade do município podem ser criados.

Isso porque a grande dificuldade encontrada no passo 3 dessa proposta metodológica, relacionada a identificação dos dados que refletissem o objeto de estudo investigado, nesse caso os recortes dados a partir da abordagem teórica e conceitual, inviabilizaram a abordagem empírica que seria dada ao final dessa pesquisa. Como os resultados encontrados na tentativa de se aplicar a metodologia foram ínfimos (Apêndice A), serão apresentadas aqui as alternativas e possibilidades de superação das dificuldades relacionadas à busca de dados no longo prazo.

Como apresentado no quadro 9, grande parte das estatísticas pode ser encontrada nos bancos de dados voltados para os municípios, tantos os dados disponíveis no IBGE como no IPEADATA. Entretanto, existem alguns dados estatísticos que não se encontram disponíveis

por município, sendo necessário buscar alternativas para fins de mensuração dos indicadores de emissões de gases do efeito estufa nas cidades.

Para isso, foi montado um quadro (Quadro 10) no qual são apresentadas as principais dificuldades encontradas no momento da identificação e utilização dos dados que ajudam a entender o motivo da não utilização ou utilização parcial dos mesmos. Além disso, em função das dificuldades encontradas, alguns indicadores precisaram ser suprimidos para atender a realidade da pesquisa (Apêndice A).

Por esse motivo, a dificuldade na identificação e utilização dos dados que se encontram indisponíveis se apresenta como a principal fragilidade na concepção da proposta de indicadores desse trabalho.

Quadro 10 – Relação das variáveis explicativas para alguns indicadores e os principais problemas encontrados

Indicador proposto	Variáveis explicativas	Principais problemas encontrados na coleta de dados
Área urbana construída (I_{auc})	Área total, urbana e rural do município	A área total dos municípios pode ser encontrada disponível no IBGE e no IPEADATA. No entanto, é preciso considerar que ao longo dos anos vem ocorrendo uma expansão na população urbana (84% em 2010) levando ao aumento gradativo das áreas urbanas municipais. Assim como redução das áreas rurais/verdes. Na EMBRAPA existe um estudo feito para identificação das áreas urbanas no Brasil para o ano de 2005, não sendo possível comparar com outro parâmetro para verificar se houve expansão nas áreas urbanas do país. ⁴⁹
	Áreas verdes dentro da área urbana do município	Como o presente estudo está voltado para a área urbana, um dado significativo é a disponibilização de dados sobre áreas verdes inseridas dentro das áreas urbanas (áreas verdes urbanas ⁵⁰). Existem vários estudos para cidades específicas como Recife, João Pessoa e Rio de Janeiro, mas não existem dados disponíveis baseados em uma metodologia única que mensurem as áreas verdes urbanas em todos os municípios do país.
Densidade construtiva	Índice de coeficiente construtivo	Também conhecido como índice de coeficiente de aproveitamento. Esse índice é dado pela quantidade máxima de metros quadrados que podem ser construídos em um lote, somando-se as áreas de todos os pavimentos. No entanto, cada município possui, ou não, suas próprias

⁴⁹ MIRANDA, E. E. de; GOMES, E. G. GUIMARÃES, M. **Mapeamento e estimativa da área urbanizada do Brasil com base em imagens orbitais e modelos estatísticos**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.urbanizacao.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 1 nov. 2012.

⁵⁰ De acordo com Julião et al (2005) são as áreas verdes urbanas, parques públicos e áreas de lazer. Possuem poucas edificações e pequena superfície tomada por ruas e caminhos. Presença de formações vegetacionais nativas, em estágios sucessionais diversos (Disponível em: www.scielo.br/scielo.php?pid=50085-56262005000100010&script=sci_arttext) Acesso em: 05 set. 2012.

(I _{dc})		regras para a definição desse coeficiente de aproveitamento. Dependendo do tamanho da cidade, de sua vocação econômica ou de outros parâmetros a serem definidos, tal coeficiente pode variar de cidade para cidade e até de bairro para bairro. Assim para cada caso, é possível ter um coeficiente diferente. Isso implica diretamente na não disponibilização de dados que viessem a ser utilizados (SABOYA, 2007) ⁵¹ .
	Consumo de cimento municipal	Uma variável que poderia explicar a densidade construtiva é o consumo de cimento utilizado na construção civil no nível municipal. No entanto, os dados disponíveis pelo Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SNIC) estão relacionados ao consumo nacional e estadual de cimento, de modo que ainda não estão disponíveis dados produzidos na escala municipal. A partir dos dados sobre consumo nacional, foi produzido o consumo per capita nacional de cimento.
Energia consumida (I _{ec})	Consumo de energia elétrica municipal	Para a formalização da proposta de indicadores, esse trata-se de um dos dados mais importantes dentro da contextualização teórica abordada nessa pesquisa. No entanto, informações e dados sobre consumo final de energia elétrica por municípios simplesmente não são disponibilizados pela ANEEL ou pelas concessionárias de distribuição de energia. A única fonte confiável sobre a temática vem do Balanço Energético Nacional (BEN) que começou a ser produzido em 2003 em função da crise energética sofrida pelo país em 2001. No balanço estão disponíveis informações sobre as principais fontes de produção energética e planos de ampliação para as matrizes energéticas alternativas. Em relação ao consumo, as informações disponibilizadas estão relacionadas às Regiões e Estados da Federação, apresentando também dados sobre o consumo per capita nacional de energia elétrica. A não disponibilização de dados de consumo municipal inviabiliza, sobremaneira, a apresentação dos resultados esperados nessa pesquisa. Na tentativa de reverter esse problema, foram enviados e-mails solicitando dados sobre consumo final de municípios para três concessionárias de distribuição de energia, sem a obtenção de nenhuma resposta.
	Consumo de combustível fóssil municipal	Outro dado relevante na pesquisa é o consumo de combustíveis fósseis no âmbito municipal. A única fonte de informação sobre tal dado é a Agência Nacional de Petróleo (ANP). As informações existentes disponíveis são às relacionadas ao consumo per capita de toneladas de combustível de origem fóssil, ou informações relacionadas ao nível estadual. No entanto, para o ano de 2009 foram feitas estatísticas sobre o consumo municipal desses combustíveis, disponibilizados por e-mail, mas que por questões metodológicas não houve uma continuidade na produção desses dados. Como as únicas informações disponíveis foram do ano de 2009 não puderam ser utilizadas nessa pesquisa.
Transporte (I _t)	Veículos licenciados municipais	Essa estatística está disponível na página de internet do Departamento Nacional do Trânsito (DENATRAN) estadual e nacional desde o ano de 1998. No entanto, apenas a partir do ano 2000 começaram a ser produzidas

⁵¹ Disponível em www.urbanidades-arq.br/2007/12/taxa-de-ocupacao-e-coeficiente-de-aproveitamento. Acesso em 05 de set. 2012.

		estatísticas anuais da frota municipal (número e tipo de veículo existente). Antes disso, os dados não estão disponibilizados.
Resíduos Sólidos (I _{rs})	Produção de resíduo sólido municipal (ton)	O que se tem sobre produção de resíduos nos principais bancos de dados existentes é a produção <i>per capita</i> nacional (IBGE) e a produção <i>per capita</i> regional (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS). Para essa pesquisa o ideal é que haja uma estimativa de produção de resíduos no nível municipal. A única informação que pode ser utilizada como <i>proxy</i> é o percentual de resíduos coletados por município disponível no IBGE. No entanto, existem estudos no nível municipal que poderiam servir como base para a produção de dados sobre resíduos sólidos municipais como é o caso do estudo desenvolvido pelo Grupo de Resíduos Sólidos (GRS) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) que produziu estatísticas sobre produção de resíduos nos municípios pernambucanos. No entanto, tais estudos são pontuais e não se aplicam a todos os municípios.
Esgoto (I _e)	Volume de esgoto municipal (m ³)	A existência dessa informação é ainda pior se comparada com as informações disponíveis sobre resíduos. De acordo com a PNSB (2002), mais de 50% do esgoto das cidades brasileiras, ou caem diretamente em rios, lagos e mares ou quando canalizados, não são tratados adequadamente de modo que a única informação disponível no IBGE é relacionada ao percentual de esgoto coletado (não tratado) por município. Além disso, foram encontradas informações sobre a produção <i>per capita</i> nacional de esgoto. Uma <i>proxy</i> que pode vir a ser utilizada é o cálculo baseado na Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA), a qual calcula a produção de esgoto em 80% do consumo residencial de água, ou seja, de toda água consumida em uma residência, 80% se torna água residual.

Fonte: autoria própria

Como apresentado no quadro, a indisponibilidade de dados e informações, principalmente relacionadas às mudanças climáticas, e mais especificamente, de dados que compreendam o ambiente urbano nessa perspectiva, comprometem o desenvolvimento de instrumentos para a identificação das principais fontes de emissão, inclusive de instrumentos para mensuração dos gases emitidos utilizados e aceitos pela comunidade científica como os inventários, por exemplo. Nesse sentido, a busca de novas metodologias também acabam sendo comprometidas nas proposições alternativas de identificação de tais fontes, como é o caso dessa pesquisa.

Como a ciência da mudança climática, e mais especificamente, estudos urbanos e ambientais requerem cada vez mais instrumentos para identificação e mensuração dos gases do efeito estufa nas cidades, a necessidade de produção de dados que respondam a essas lacunas torna-se imprescindível para a execução e melhoramento da proposta ora apresentada.

Acredita-se que a produção de dados por parte dos principais bancos de dados e agências governamentais do país precisa ser direcionada para atender as especificidades da escala local, haja vista que, muitas das informações necessárias para a execução dessa proposta metodológica estão disponíveis no nível nacional e/ou regional. Além disso, tais informações disponíveis também facilitariam a implementação de inventários municipais, já que esta metodologia está consolidada e amplamente aceita pela comunidade científica.

Assim, são apresentados aqui os dados que apresentaram mais dificuldades de serem encontrados ao longo da pesquisa e que não estavam disponíveis em banco de dados nacionais, e como seriam considerados ideais para a concepção da proposta metodológica trazida nesse trabalho (Quadro 11).

Quadro 11 – Alternativas para superação dos problemas relacionados à disponibilidade dos dados

Indicador	Variáveis que apresentaram dificuldades na disponibilização das informações	Alternativas de superação das dificuldades
Área urbana construída (I_{auc})	Consumo de cimento no nível municipal	O SNIC já produz a informação no nível nacional e regional, assim como seu consumo <i>per capita</i> . Como a proposta requer dados no nível municipal, o SNIC poderia desenvolver uma metodologia para identificar o consumo municipal de cimento. Os dados sobre consumo de cimento já são produzidos anualmente desde 2003. Estas informações já podem contribuir para a produção de um banco de dados mais completo já que o setor tem um grande potencial na produção de emissão de gases do efeito estufa. E como a aceleração da construção civil nas últimas décadas é um indicador de crescimento econômico nas cidades, os dados se tornam relevantes para o estudo da mudança climática no nível local.
	Área urbana	Essa informação pode ser encontrada no IBGE e no IPEADATA. O grande problema é que tal informação não apresenta um recorte temporal dificultando a comparação entre dois períodos de tempo. Além disso, as informações podem ser diferentes entre um banco de dados e outro pela ausência desse recorte temporal. Com a disponibilidade de tecnologias existentes (georreferenciamento, por exemplo) é possível identificar a expansão da área urbana em séries históricas, facilitando a comparação e identificando a expansão, ou não, das áreas urbanas municipais.
		Outra informação relevante e que não existe nos principais bancos de dados. Essa informação é importante para o estudo do clima urbano, pois atua como sequestrador de carbono e favorece amenidades

	Áreas verdes municipais	reduzindo a sensação térmica das ilhas de calor urbano. A mensuração de tais áreas verdes também poderia ser construída pelo IBGE nos mesmos parâmetros utilizados para a identificação das áreas urbanas e serem apresentadas em séries estatísticas.
Energia consumida (I_{ec})	Consumo de energia elétrica municipal	A informação só existe no nível nacional e regional. Para a informação ser disponibilizada no nível municipal, as principais fontes de informação seriam as concessionárias de distribuição de energia elétrica para os municípios. Tais informações seriam repassadas para a ANEEL e esta disponibilizaria as informações sobre o consumo municipal em seu banco de dados.
	Consumo de combustível fóssil municipal	Houve uma tentativa de construção desses dados no nível municipal produzida pela ANP em 2009, mas que não foi amplamente divulgada (acesso por e-mail, apenas). No entanto, por dificuldades metodológicas os dados deixaram de ser produzidos. Acredita-se que com a melhoria do desenvolvimento da metodologia e pelo fato da ANP ter um controle das principais fontes de distribuição desses produtos, isso viabilizaria a composição de banco de dados no nível municipal.
Atividades econômicas (I_{ae})	Número de unidades industriais	O IBGE dispõe de informações no banco de dados IBGE Cidades @. A informação disponível refere-se a estatística sobre cadastro central de empresas, mas não diferencia se a empresa é de origem industrial, agropecuária ou de serviços. Além disso, a informação é disponibilizada por município e, dependendo do tamanho da amostra, dificulta o acesso já que é preciso procurar a informação por Estados e depois por municípios. Essa informação também poderia ser produzida pela Pesquisa de Informações Municipais (MUNIC) do IBGE.
Resíduos Sólidos (I_{rs})	Toneladas de resíduos coletadas por município	Os municípios são responsáveis pela gestão municipal de resíduos sólidos. Por esse motivo devem apresentar informações referentes à gestão, inclusive sobre a quantidade de resíduos que são coletados e enviados para lixões e aterros sanitários. Existem dois órgãos que poderiam produzir tais dados a partir das informações prestadas pelo município que seriam o IBGE (PNSB) e o SNIS. Tais órgãos produzem dados e informações semelhantes e que poderiam unir forças para produzir bancos de dados com informações referentes a resíduos, esgoto e água.
Esgoto (I_e)	Volume de esgoto coletado por município	Comparado às informações existentes sobre resíduos, dados sobre volume de esgoto praticamente não existem. De igual forma, os dados poderiam ser produzidos pelo IBGE e pelo SNIS.

Fonte: autoria própria

Os elementos dispostos nesse quadro denotam a necessidade de se melhorar as informações disponíveis nos principais bancos de dados e agências governamentais no que se refere à proposição de dados sobre o tema das mudanças climáticas e, mais especificamente, que esses dados sejam produzidos também para a esfera local, haja vista que são nas cidades em que as políticas de adaptação/mitigação frente às emissões de gases do efeito estufa estão

se estabelecendo na prática. Além, disso, informações específicas e que refletissem a realidade local poderiam contribuir para políticas direcionadas e que atendessem a realidade de cada município.

Outro grande entrave encontrado na pesquisa refere-se à disponibilidade de dados referente à variação da temperatura das cidades, uma vez que essa informação é usada como parâmetro para identificação de elevação, ou não, da temperatura no nível local. Como a pesquisa se propôs a fazer relações entre a variação da temperatura e os condicionantes urbanos tal informação torna-se fundamental para o desenvolvimento dos indicadores propostos.

Para isso, seriam necessárias séries históricas de temperatura no nível local, e no caso da ciência climatológica, séries históricas de 30 anos seriam as mais adequadas para afirmar se houve mudança climática, ou não, nos espaços geográficos analisados. É sabido que no nível global, a mudança climática já é considerada e aceita pela maioria dos cientistas climatológicos, especialmente quando considerados os últimos 150 anos, o que coincide com a Revolução Industrial, e por sua vez, com a grande aceleração da urbanização para dar as condições ideais para o desenvolvimento da industrialização e da tecnologia, assim como, dar suporte às populações que passaram a migrar para esses espaços.

Na proposta metodológica, o objetivo do uso do nível de temperatura como parâmetro e relacionado aos condicionantes urbanos foi identificar se tais condicionantes, em crescente expansão, e por emitirem ou potencializarem as emissões de gases do efeito estufa nas cidades, exercem pressão sobre a composição do clima urbano, favorecendo a elevação da temperatura no nível local.

Os dados sobre temperatura das cidades podem ser obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), mas só podem se tornar acessíveis a partir de uma solicitação formal, explicando o objetivo do uso e o pesquisador se comprometendo em não repassá-los para terceiros, assim como, enviar uma cópia do trabalho desenvolvido para compor o acervo do órgão. Salvo as informações disponíveis na página de internet⁵², onde apresentam as informações climatológicas para as capitais brasileiras.

⁵² Informações climatológicas disponíveis no <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos> >. Acesso em 15 nov. 2012.

Informações sobre temperatura também estão disponíveis no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), no entanto, as informações disponibilizadas por e-mail (também não estão disponibilizadas em banco de dados), vieram no formato Word, inviabilizando o uso, já que gerariam mais de 2 milhões de informações que deveriam ser organizadas em planilhas do Excel para terem condições de serem utilizadas.

Diante das dificuldades encontradas no uso da temperatura como parâmetro para a identificação da alteração climática e da urgência em que o tema vem tomando nas agendas governamentais, seja, ela no nível global, regional e principalmente local, a composição e disponibilização de séries históricas de temperatura são fundamentais para o desenvolvimento de políticas públicas. Especialmente na esfera das cidades. Nesse sentido, tanto o INMET como o INPE já têm tecnologias e metodologias para o desenvolvimento desse banco de dados, o que falta é ampliar as informações e disponibilizá-las em bancos de dados para dar acesso aos pesquisadores do tema.

Superadas as dificuldades relacionadas à identificação dos dados que atendessem a realidade de cada município, tanto relacionados à variação da temperatura no nível local como relacionados aos condicionantes urbanos, o passo seguinte é usar metodologias de base estatística e/ou econométricas para a ponderação dos dados utilizados. No caso dessa pesquisa, a proposta seria utilizar a análise de regressão múltipla para identificar se os condicionantes urbanos faziam pressão sobre a variação da temperatura local. Nesse caso,

$$Y_{it} = f(X_{it}; \eta_{it}; \varepsilon) \quad (2)$$

Onde Y_{it} refere-se a variável dependente, ou seja, temperatura média dos municípios em dois períodos de tempo, X_{it} são as variáveis independentes encontradas nos bancos de dados de base estatística relacionadas aos condicionantes urbanos e que exercem pressão para a variação da temperatura, η_{it} são os efeitos fixos constantes para a formação do clima urbano, mas que são diferentes entre os municípios e ε são os erros, nesse caso, todas as variáveis que não apresentaram dados, ou que apresentaram dados mas não foram utilizados, e que no entanto, afetam a variação da temperatura.

Assim, pressupõe-se nessa pesquisa que a temperatura das cidades é função tanto de elementos antrópicos (condicionantes urbanos) quanto de elementos naturais e que estes podem ser extraídos e identificados com a utilização de métodos estatísticos desde que os dados necessários para a sua identificação estejam disponíveis, além de conseguir apontar quais dos condicionantes urbanos são os mais significativos em termos de pressão ambiental no que se refere à variação da temperatura no nível local.

Embora esse trabalho apresente uma proposta teórico-metodológica para a identificação das principais fontes de emissão de gases do efeito estufa nas cidades, toda a sua estrutura organizacional foi fundamentada em função das teorias e conceitos relacionados à teoria do aquecimento global e formação da ilha de calor urbano, culminando na elaboração de tal proposta, levando às relações estabelecidas ao longo da abordagem conceitual e também ao que se percebe no cotidiano urbano, ou seja, cidades com potenciais de emissão de gases e favorecimento do aquecimento, formação de ilhas de calor, percepção de eventos extremos, nem sempre de exceção, com impactos sofridos especialmente pela população urbana, assim como na estrutura urbana das cidades e seu sistema econômico.

O uso da proposta ora apresentada necessita não apenas de aperfeiçoamento, ou seja, para que seja utilizado como um sistema de indicadores é preciso que este responda aos critérios relacionados à validade e confiabilidade dos dados, requisitos não atendidos pela proposta metodológica aqui apresentada, assim como, testes com o uso de outros métodos estatísticos, já que com o uso da análise de regressão múltipla, muitos problemas resultaram na não aplicação empírica do modelo, como explicitado anteriormente.

Entretanto, esse exercício se apresenta apenas como o início da discussão, ou seja, é necessário pensar quais métodos seriam os mais eficientes para apreender a realidade das emissões de gases do efeito estufa nas cidades e seu potencial de favorecer o aquecimento, já que os métodos existentes não conseguem identificar suas fontes de emissão (por motivação financeira, técnica, operacional, etc.) ou por apresentarem estimações que não refletem a realidade das cidades e que são direcionadas há apenas alguns setores como o setor de transporte e de energia. Nesse contexto, espera-se que esse estudo suscite novas abordagens e metodologias que compreendam o universo das cidades em suas mais diversas categorias de forma integrada já que estas se apresentam como categorias conhecidas como de efeito

borboleta⁵³, ou seja, a expansão de uma variável dentro do universo da cidade implica em efeitos significativos em outras variáveis, e por essa característica, um estudo sobre a cidade em seus diversos elementos se configura de maneira tão complexa, principalmente no que se refere aos estudos do clima urbano e mudanças climáticas no nível local.

⁵³ De acordo com a Teoria do Caos, fatores insignificantes, distantes, podem eventualmente produzir resultados catastróficos imprevisíveis. Disponível em:< <http://www.professores.uff.br/saete/caos.htm>>. Acesso em 26 nov. 2012.

Considerações Finais

*Não podemos recuperar o tempo perdido,
mas podemos decidir não perdê-lo mais.*

Autor desconhecido.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa tese teve como objetivo propor um modelo teórico e metodológico de sistema de indicadores urbanos que pudesse identificar de forma indireta as principais fontes de emissão dos gases do efeito estufa das cidades. Para isso teve como desafios entender a formação do clima global, regional e local percebendo as relações e influências existentes em cada uma dessas escalas, além de buscar dissociar as influências dos elementos naturais para a composição do clima na tentativa de se extrair dos condicionantes urbanos suas contribuições para a emissão dos gases do efeito estufa e para a elevação da temperatura no nível local.

Outro desafio para a proposição ora estabelecida foi entender como se dá a estrutura para formulação e aplicação dos inventários nos níveis nacionais e locais com o objetivo de identificar limitações e deficiências para a sua efetivação no nível local, sendo este um fator fundamental para a justificativa da proposição teórica e metodológica trazida nesse trabalho.

Considerando os objetivos específicos do trabalho: (a) analisar as relações entre os fatores naturais e antrópicos que contribuem para a formação do clima urbano e para as emissões dos gases do efeito estufa em termos locais; e (b) verificar se as variáveis explicativas relacionadas aos condicionantes urbanos podem ser utilizadas como medidas para os indicadores indiretos de identificação das fontes de emissão nas cidades, originaram-se da necessidade de que estudos mais específicos sejam produzidos na escala local, já que esses espaços estão se configurando como mais atuantes na busca de medidas mitigadoras e adaptativas em relação às mudanças climáticas observadas no planeta e que se rebatem diretamente nas cidades.

À medida que os inventários no nível local se apresentam como entraves na definição de quais condicionantes urbanos são mais significativos em termos de emissões atmosféricas, o uso de medidas alternativas para a identificação das principais fontes de emissão se apresenta como uma possibilidade de viabilizar um diagnóstico no nível local. Nesse sentido, o uso de um sistema de indicadores que apontasse as principais fontes relacionadas aos condicionantes urbanos se tornaria um instrumento que ajudaria na escolha de políticas públicas direcionadas para mitigação e adaptação frente às mudanças climáticas no nível local.

Considerando o primeiro objetivo específico da pesquisa, ou seja, a análise das relações entre os fatores naturais e antrópicos que contribuem para a formação do clima urbano e para as emissões dos gases do efeito estufa em termos locais, este apresentou informações significativas para o entendimento das contribuições dos condicionantes urbanos para a formação do clima local e global e para o aporte teórico para a concepção da proposta aqui apresentada. Essa questão torna-se importante porque muitas das bibliografias existentes e utilizadas ao longo desse trabalho ou eram relacionadas à teoria do aquecimento global (nível macro) ou relacionadas à teoria das ilhas de calor urbano (nível micro), trazendo poucas relações entre os dois níveis estudados, principalmente no nível global. Embora, a teoria do aquecimento apresente as principais fontes de emissão de gases que estão levando às mudanças climáticas globais, estas fontes são apresentadas em termos globais não direcionando tais emissões, também, como originadas nas cidades.

Por outro lado, a teoria das ilhas de calor urbano apresenta não apenas as condições pelas quais o clima das cidades é formado denotando especialmente a influência dos condicionantes urbanos para a sua formação, como também apresenta as influências do sistema climático global para a formação do clima local. No entanto, embora essas influências globais sejam apresentadas, pouco se afirma especificamente se as cidades também possam contribuir para a teoria do aquecimento global, salvo pela discussão trazida por Molion (2008) quando afirma que as mudanças climáticas locais observadas ao longo do tempo são originadas do processo de urbanização no entorno das estações meteorológicas e não em função do aquecimento devido às emissões atmosféricas, contrariando a discussão trazida por Freitas (2008), Monteiro (2009) e Rosensweig *et al* (2011) quando estes afirmam que as relações entre o clima global e o clima local existem enfatizando que as cidades são contribuintes significativas para as emissões de gases do efeito estufa que contribui para a teoria do aquecimento global.

Assim, esse trabalho apresenta não apenas o aporte teórico utilizado por ambas as teorias (aquecimento global e ilhas de calor urbano) como apresenta as relações encontradas nas teorias estudadas que levam às contribuições das cidades para as emissões atmosféricas globais e que implicam em mudanças climáticas tanto no nível global como no nível local, sendo esta a sua principal contribuição teórica.

A partir da identificação teórica de que as cidades apresentam variáveis explicativas condicionadas às emissões de gases do efeito estufa e que também favorecem a elevação da

temperatura local, o segundo objetivo específico se propôs a verificar se as variáveis explicativas relacionadas aos condicionantes urbanos poderiam ser utilizadas como medidas para os indicadores indiretos de identificação das fontes de emissão nas cidades. Nesse ínterim, a matriz analítica de relações entre os condicionantes urbanos e os principais gases do efeito estufa foi fundamental para identificar quais condicionantes se apresentavam como causadores de pressão ambiental relacionados à variação da temperatura local. A partir dessa matriz foi possível pesquisar e identificar quais variáveis explicativas seriam as mais representativas e que estivessem relacionadas à pressão causada pelos condicionantes urbanos, sendo essa a contribuição teórica desse trabalho.

No entanto, a busca por dados estatísticos que representassem quantitativamente as variáveis explicativas denotou que tanto no nível nacional como no nível local, os dados necessários para a concepção do sistema de indicadores apresentaram problemas na disponibilização de tais informações que refletissem a realidade do objeto de estudo analisado, nesse caso, a relação entre os condicionantes urbanos e as mudanças climáticas locais. A existência de dados em séries históricas torna-se uma condição necessária para a concepção de metodologias que objetivam mensurar gases ou identificar fontes de emissão seja na escala global, regional ou local. Para essa pesquisa, os dados relacionados ao universo local se apresentaram como insuficientes ou indisponíveis inviabilizando, ao menos momentaneamente, a aplicação empírica da metodologia proposta.

Em função de tal fragilidade a busca de alternativas como a utilização de *proxies* se apresentou como necessária para a finalização da proposta teórico-metodológica. As dificuldades encontradas não corresponderam apenas aos dados estatísticos relacionados às variáveis explicativas, mas também aos dados referentes à variação da temperatura média das cidades, haja vista que estes deveriam ser utilizados como variáveis dependentes, ou seja, a variação da temperatura local nessa pesquisa é função não apenas dos elementos climáticos e naturais como também dos condicionantes urbanos e, que em conjunto, formam o clima urbano.

Considerando as contribuições dos condicionantes urbanos para as emissões de gases do efeito estufa, como apresentado na abordagem teórica dessa pesquisa e que, em conjunto, tais condicionantes exercem pressão ambiental para a formação das ilhas de calor urbano e, conseqüentemente, para a teoria do aquecimento global se for considerado que muitos dos condicionantes urbanos estudados são apontados diretamente como responsáveis pelas

mudanças climáticas globais observadas ao longo dos últimos 150anos, as cidades contribuem de forma direta e indireta para as emissões globais e, conseqüentemente, para a teoria do aquecimento.

Ao menos, teoricamente, já que os dados estatísticos necessários e que reflitam a realidade das cidades brasileiras não se encontravam disponíveis como se pensava anteriormente, para isso, foi preciso identificar quais dados seriam esses e como e onde poderiam ser produzidos para atender a necessidade dessa e de futuras pesquisas relacionadas às mudanças climáticas locais.

Para a concepção de um sistema de indicadores no longo prazo, os dados relacionados à variação da temperatura devem ser considerados a partir de um recorte temporal com a utilização de séries de temperatura que compreendam o período de tempo de 30 anos, como apontado pela ciência climatológica. Para isso, os dados referentes aos condicionantes urbanos devem obedecer a esse critério para que as relações estabelecidas na teoria sejam identificadas também na prática.

Todas as dificuldades apresentadas ao longo da identificação dos dados necessários para a aplicação empírica do sistema de indicadores levou a uma proposição, apenas teórica, do que seria um sistema de indicadores que apontasse quais condicionantes urbanos seriam os mais significativos em termos de pressão causada em função das emissões atmosféricas originadas nas cidades.

Tal proposição se utilizou da teoria proposta por Jannuzzi e Wong (2006) a qual foi norteada pelas teorias do aquecimento global e da formação das ilhas de calor urbano. A partir das definições trazidas pelas teorias foi possível identificar os principais condicionantes urbanos associadas às cidades e que seriam apontados como as principais fontes de emissão de gases no nível local.

Embora a estrutura organizacional do sistema de indicadores proposto apresente uma lógica que relaciona os condicionantes urbanos (pressão) à variação da temperatura local (estado), tais relações não puderam ser identificadas e analisadas a partir de um embasamento empírico devido à falta de dados suficientes que explicassem tais relações. Essas relações só puderam ser identificadas e analisadas à luz do embasamento conceitual trazido pela fundamentação teórica da pesquisa, sendo essa sua principal fragilidade, embora tenha trazido

uma contribuição teórica significativa no que tange às inter-relações entre clima global/regional e clima local.

Assim, a proposta teórico-metodológica requer ainda muitas inferências tanto no seu aporte teórico, como no seu aporte metodológico, sendo essa proposição apenas o início de uma discussão a respeito de novas metodologias que precisam ser pensadas para que seja possível chegar a uma metodologia que seja o mais próxima possível da realidade do universo que compreende as cidades, haja vista que esses espaços estão se consolidando como os mais significativos para implementação de políticas de mitigação e adaptação dos sistemas econômicos, sociais e ambientais relacionados às mudanças climáticas, já que no universo global as decisões necessárias a serem tomadas se arrastam ao longo dos últimos 20 anos, sem que nenhuma decisão significativa, no que se refere à redução de emissões, tenha sido tomada pelos gestores nacionais.

Assim, retomando a questão principal que norteou a pesquisa que foi identificar quais indicadores urbanos seriam os mais adequados para a identificação das principais fontes de emissão dos gases do efeito estufa nas cidades – ambiente urbano construído, densidade construtiva, energia consumida, população, atividades econômicas, transportes, resíduos e esgoto –, verificou-se que esses foram identificados e analisados à luz da literatura pesquisada, se apresentando como os mais frequentes quando se discute a pressão urbana exercida por tais indicadores relacionada às emissões de gases do efeito estufa nas cidades.

A potencialidade da proposta é apresentar uma metodologia baseada em dados estatísticos para a concepção de um sistema de indicadores relacionado às mudanças climáticas no nível local que seja acessível e de fácil utilização para os gestores locais. Os resultados encontrados nesse sistema de indicadores poderiam ajudar na concepção de políticas públicas de convivência/combate às mudanças climáticas de acordo com a realidade local, principalmente em seus aspectos urbanísticos, sociais e financeiros.

Considerando a segunda questão norteadora da pesquisa, ou seja, quais condicionantes urbanos contribuem para a concentração dos gases do efeito estufa e elevação da temperatura nas cidades, foi percebido que, ao longo da abordagem teórica, os condicionantes urbanos trazidos no trabalho se apresentaram como significativos em emissões atmosféricas e que influenciavam na variação da temperatura local e que tal variação não ocorria apenas em função dos elementos naturais e elementos climáticos, mas especialmente pela formação das cidades que compreende os fatores antrópicos advindos da urbanização e da industrialização.

No entanto, se considerarmos a estrutura lógica e conceitual na qual essa pesquisa foi direcionada é possível estabelecer as inter-relações existentes entre a formação do clima local e do clima global, principalmente se considerarmos os fatores antrópicos que elevam as emissões de gases do efeito estufa no nível global originados a partir da utilização dos combustíveis fósseis, especialmente utilizados na esfera local, e mais especificamente nos processos de urbanização e de industrialização como apresentados e analisados à luz da literatura utilizada. A partir de tal análise foi possível verificar que os condicionantes urbanos estudados contribuem não apenas para a elevação da temperatura local, como se apresentam como substanciais para a elevação da temperatura em termos globais.

A partir dos objetivos específicos postos foi possível atingir ao objetivo geral dessa pesquisa que foi propor um modelo teórico e metodológico de sistema de indicadores urbanos que pudessem identificar de forma indireta as principais fontes de emissão dos gases do efeito estufa das cidades. Ao menos teórica e metodologicamente, já que a abordagem empírica ficou comprometida em função da indisponibilidade dos dados.

Todavia, foi possível chegar aos indicadores urbanos para identificação das principais fontes de emissão de gases nas cidades, no entanto, os grandes entraves ocorreram em função da não disponibilização de dados e informações que pudessem quantificar estatisticamente a proposta ora apresentada, ou seja, houve problemas tanto na variável dependente (temperatura) como nas variáveis independentes/explicativas (disponibilidade de estatísticas municipais) no sistema proposto. Embora, teoricamente, seja possível fazer relações entre os condicionantes urbanos (pressão) e a variação da temperatura (estado), o mesmo não ocorreu na tentativa de se relacionar os dados estatísticos que mensurassem as variáveis explicativas relacionados aos condicionantes urbanos à variação da temperatura local numa abordagem empírica.

Contudo, foi a partir das relações estabelecidas na abordagem teórica que se afirma que as cidades também são contribuintes significativas de emissões de gases do efeito estufa e que os efeitos das ilhas de calor urbano identificados como variação da temperatura local contribuem, também, para a variação da temperatura em termos globais, já que não foi possível estabelecer tais relações a partir de um embasamento empírico em função da abordagem metodológica utilizada na pesquisa. Claro que inferências tanto conceituais quanto metodológicas ainda são necessárias para fundamentar a argumentação feita, no entanto, para o recorte dado para esse estudo, as deduções feitas já se apresentam como suficientes para

fundamentar e ampliar estudos futuros já que essa pesquisa apresenta apenas o início de uma discussão ainda muito maior e mais complexa, haja vista o emaranhado de dados e informações que compreendem o universo urbano e a teoria do aquecimento, seja ele no nível global ou no nível local.

REFERÊNCIAS

- ÁLVARES Jr, Olímpio de Melo e LINKE, Renato Ricardo Antonio. **Metodologia simplificada de cálculo das emissões de gases do efeito estufa de frotas de veículos no Brasil**. Disponível em: http://homologa.ambiente.sp.gov.br/proclima/PDF/inventario_efeitoestufa.pdf Acesso em: 29 jan. 2010.
- AFIF, Tamer e WARNER, koko. **The Impact of Environmental on Degradation on Migration Flows across Countries**. United Nations University. Institute for Environment and Human Security, 2008. Disponível em: < www.ihdp.unu.edu/file/download/3884.pdf >. Acesso em: 06 jun 2012.
- ANDRADE, Aparecido Ribeiro de. **Articulações entre o clima urbano e o clima regional: uma abordagem a partir da análise entre Irati e Guarapava / PR**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências da Terra. Pós-Graduação em Geografia. 266 p. 2010.
- ASSIS, Wellington Lopes e ABREU, Magda Luzimar. Mudanças climáticas locais no município de Belo Horizonte ao longo do século XX. In: HOGAN, Daniel Joseph; MARANDOLA JÚNIOR, Eduardo (Orgs.). **População e mudança climática: dimensões humanas das mudanças ambientais globais**. – Campinas: Núcleo de Estudos de População – Nepo/ Unicamp; Brasília: UNFPA, 2009.
- BANCO Mundial. **Relatório sobre o desenvolvimento mundial de 2010: desenvolvimento e mudança climática** / Banco Mundial. – São Paulo: Editora UNESP, 2010.
- BARBIERI, José Carlos. **Gestão Ambiental Empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. – 2ª ed. atual e ampliada. – São Paulo: Saraiva, 2007.
- BARBIRATO, Gianna Melo, SOUZA, Lea Cristina Lucas de e TORRES, Simone Carnaúba. **Clima e Cidade: a abordagem climática como subsídio para estudos urbanos**. – Maceió: EDUFAL, 2007.
- BARBOSA, Vanessa. Megacidades declaram guerra ao aquecimento global. **Revista Eletrônica Exame.com** de 31/05/2011. Disponível em: < <http://exame.abril.com.br/meio-ambiente-e-energia/noticias/megacidades-declaram-guerra-ao-aquecimento-global?page=1> >. Acesso em: 17 jun.2011.
- BAUDRILLARD, Jean. **A sociedade de consumo**. São Paulo: Edições 70, 2010 (reimpressão).
- BELLEN, Hans Michael Van. **Indicadores de Sustentabilidade: uma análise comparativa**. – Rio de Janeiro: Editora FGV, 2005.

BIGIO, Anthony G. Cities and climate change. In: **Building Safer Cities – The future of disaster risk**. Edited by Alcira Kreimer, Margaret Arnold and Anne Carlin. The World Bank. Disaster Risk Management Series. n. 3. Washington, DC, 2003.

BOTELHO, Adriano. A produção do espaço urbano e o empresariamento urbano: o caso de Barcelona e seu Fórum das Culturas de 2004. GEOUSP – Espaço e Tempo, São Paulo, Nº 16, pp. 111-124, 2004. Disponível em: <http://www.geografia.fflch.usp.br/publicacoes/geousp/Geousp16/Artigo7.pdf> Acesso em: 15 jul. 2011.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Inventário Brasileiro das Emissões e Remoções Antrópicas de Gases do Efeito Estufa – Informações Gerais e Valores Preliminares** (24 de novembro de 2009). Disponível em: <<http://pagina22.com.br/wp-content/uploads/2009/11/inventario1.pdf>> Acesso em: 05 de fev. 2012.

_____. Comitê Interministerial sobre Mudança Climática. Decreto nº. 6.263 de 21 de novembro de 2007. **Plano Nacional sobre Mudanças Climáticas**. Versão para Consulta Pública, setembro de 2008a.

_____. Comitê Interministerial sobre Mudança Climática. Decreto nº. 6.263 de 21 de novembro de 2007. **Plano Nacional sobre Mudanças Climáticas**. Brasília, dezembro de 2008b.

_____. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Inventário Nacional de Emissões de Gases do Efeito estufa**, 2007.

_____. **Convenção sobre Mudança do Clima – O Brasil e a Convenção-Quadro das Nações Unidas**. Ministério de Ciência e Tecnologia, 2004.

_____. **Estatuto da Cidade**. Lei Nº 10.257 de 10 de julho de 2001.

_____. **Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas**. Decreto nº 3.515 de 20 de junho de 2000.

_____. **Agenda 21 Brasileira - Bases para discussão**/por Washington Novaes (Coord.) Otto Ribas e Pedro da Costa Novaes. Brasília MMA/PNUD, 2000.

_____. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Protocolo de Quioto**, 1998.

_____. **Convenção sobre Mudança do Clima**. Editado e traduzido pelo Ministério da Ciência e tecnologia com o apoio do Ministério das Relações Exteriores da República Federativa do Brasil, 1992.

_____. CONAMA. **Resolução CONAMA nº 001** de 23 de janeiro de 1986.

BRUNDTLAND, Gro. **Nosso Futuro Comum**. Rio de Janeiro: Editora da FGV, 1987.

CARLEY, Michael. **Indicadores Sociais: teoria e prática**. Rio de Janeiro: Zahar, 1985.

CARMO, Roberto Luiz do e SILVA, César Augusto Marques da. População em zonas costeiras e mudanças climáticas: redistribuição espacial e riscos. In: HOGAN, Daniel Joseph; MARANDOLA JÚNIOR, Eduardo (Orgs.). **População e mudança climática: dimensões humanas das mudanças ambientais globais**. – Campinas: Núcleo de Estudos de População – Nepo/ Unicamp; Brasília: UNFPA, 2009.

CARVALHO, Georgia et al. **Perguntas e Respostas sobre Mudanças Climáticas**. Belém: IPAM – Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, 2002.

CAVALCANTI. Economia e Ecologia: problemas da governança ambiental no Brasil. **Revista Iberoamericana de Economía Ecológica**. Vol. 1:1-10. ISSN: 13902776, 2004. Disponível em: http://www.redibec.org/archivos/revista/revista5_1a.htm . Acesso em: 21 ago. 2008.

CONDON, Patrick. Planning for Climate Change. Lincoln Institute of Land Policy. **Land Lines**. Cambridge, v. 20, n. 1, Jan. 2008. Disponível em: http://www.rpa.org/pdf/edgeless-city/2009/Planning_for_Climate_Change.pdf Acesso em: 08 jan. 2010.

CONTI, José Bueno. **Clima e meio ambiente**. – São Paulo: Atual, 1998. (Série Meio Ambiente).

CONEXÃO Clima: Ação local contra o aquecimento global (**Revista Eletrônica**). Ano I, Número 1, 2002. Disponível em: <
http://www.iclei.org/fileadmin/user_upload/documents/LACS/Portugues/Noticias_e_Eventos/Conexao_Clima/Conexao_Publicacoes/Conex_o_Clima_1.pequeno_pdf.pdf>. Acesso em: 04 nov. 2012.

COMISSÃO Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Nosso Futuro Comum**. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1987.

COSTA, Heloisa Soares de Moura, BRAGA, Tânia Moreira. Entre a conciliação e o conflito: dilemas para o planejamento e a gestão urbana e ambiental. In: Acselrad, Henri (Org.). **Conflitos ambientais no Brasil**. – Rio de Janeiro: Relume Dumará: Fundação Heinrich Böll, 2004. pg. 195 – 216.

DIAMOND, Jared. **Colapso: como as sociedades escolhem o fracasso ou o sucesso**. Editora RCB, 2005.

DIAS, Genebaldo Freire. **Pegada ecológica e sustentabilidade humana**. – São Paulo: Gaia, 2002.

DODMAN, David. Blaming cities for climate change? An analysis of urban greenhouse gas emissions inventories. **Environment and Urbanization**, 2009 21:185. Disponível em: <<http://eau.sagepub.com/content/21/1/185.full.pdf>>. Acesso em 04 nov. 2012.

DOW, Kirstin e DOWNING, Thomas E. **O atlas da mudança climática: o mapeamento completo do maior desafio do planeta**. Tradução: Vera Caputo. – São Paulo: Publifolha, 2007.

DOWBOR, Ladislau. **Governabilidade e Descentralização**. São Paulo em Perspectiva, SEADE, São Paulo, vol. 10, n.3, jul/set 1996.

EPI. **Environment Performance Index**. Disponível em:
[HTTP://sedoc.ciesin.columbia.edu/es/ese](http://sedoc.ciesin.columbia.edu/es/ese) Acesso em: 04 ago. 2010.

ÉPOCA (Revista). Meio Ambiente – Como o aquecimento global vai afetar o Brasil. **Edição nº. 463**. 09 de abril de 2008.

FASE. Observatório das Cidades. **Sistema Nacional de Informações das Cidades. Classificação (Tipologia) das Cidades Brasileiras**. Março, 2005.

FIGUERES, Christiana e IVANOVA, Maria H. Mudança climática: interesses nacionais ou um regime global? In: **Governança Ambiental Global: opções & oportunidades**. São Paulo: Editora SENAC São Paulo, 2005.

FOLADORI, Guillermo. **Limites do Desenvolvimento sustentável**; Tradução: Marise Manoel. – Campinas, SP: Editora da Unicamp, São Paulo: Imprensa Oficial, 2001.

FRANCO, Roberto Messias. Principais problemas ambientais municipais e perspectivas de solução. In: **Municípios e Meio Ambiente: perspectivas para a municipalização da gestão ambiental no Brasil**. Arlindo Philippi Jr. et al. – São Paulo: Associação Nacional de Municípios e Meio Ambiente, 1999.

FREITAS, Ruskin. **Entre mitos e limites: as possibilidades do adensamento construtivo face à qualidade de vida no ambiente urbano**. – Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2008.

GIDDENS, Anthony. **A política da mudança climática**. Rio de Janeiro: Zahar, 2010.

HOGAN, Daniel Joseph e MARANDOLA Jr. Eduardo (Orgs.). **População e mudança climática: dimensões humanas das mudanças ambientais globais**. – Campinas: Núcleo de Estudos de População – Nepo/ Unicamp; Brasília: UNFPA, 2009.

HOUAISS, Antônio e VILLAR, Mauro de Salles. **Dicionário da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001

IBGE. Pesquisa de Informações Básicas Municipais. **Perfil dos Municípios Brasileiros**. Meio Ambiente 2002a.

_____. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2002b.

_____. **Censo Demográfico 2000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2002c.

_____. **Vocabulário Básico de Recursos Naturais e Meio Ambiente**. 2ª Edição. Rio de Janeiro: IBGE, 2004.

_____. **Índice de Desenvolvimento Sustentável 2008 – Brasil – n. 5**. Rio de Janeiro: IBGE, 2008.

ICLEI. Conselho Internacional pelas Iniciativas Ambientais Locais. **Cidades participantes da Campanha Cidades pela Proteção do Clima**. Disponível em: www.iclei.org/index.php?id=1768. Acesso em: 17 dez. 2008.

_____. **Cidades em ação pela proteção do clima**. Balanço Brasileiro, 2010. (Mensagem pessoal). Mensagem recebida por: < florence.laloe@iclei.org > em 29 out. 2010.

_____. **Mudanças Climáticas e Desenvolvimento Limpo**. Um guia do ICLEI, sd.

INDRIUNAS, Luís. **Como funciona o ciclo do carbono**. Disponível em: www.ambiente.uol.com.br Acesso em: 14 fev. 2011.

IPCC. **Cambio Climático 2007: Informe de síntesis**. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III ao Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R. K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 2007.

_____. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories 2006**. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K. Ngara T. and Tanabe K. (eds), IGES, Japan. Disponível em: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.htm>. Acesso em: 31 jan. 2010.

_____. **Diretrizes para Inventários Nacionais de Gases do Efeito Estufa 1996**. Traduzido pelo Ministério de Ciência e tecnologia (2004).

JANNUZZI, Paulo de Martino. **Indicadores sociais no Brasil: conceitos, fontes de dados e aplicações**. 3ª ed. – Campinas, SP: Editora Alínea, 2006.

KOLBERT, Elizabeth. **Planeta terra em perigo: o que está, de fato, acontecendo no mundo**. São Paulo: Globo, 2008.

KOUSKY, Carolyn e SCHENEIDER, Stephen H. Global climate policy: will cities lead the way?. Elsevier. (2003) 359-372, 2003.

KRUG, Thelma. **Os métodos do Inventário do IPCC e sua aplicação em nível estadual**. Presidente da Força Tarefa em Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima – IPCC. (mensagem pessoal). Mensagem recebida por: thelma.krug@mma.gov.br em 15 mai. 2009. Também disponível em: www.forumclima.pr.gov.br/arquivos/File/ThelmaKrug.ppt Acesso em 29 jan. 2010.

LACERDA, Norma, ZANCHETTI, Sílvio Mendes e DINIZ, Fernando. Planejamento metropolitano: uma proposta de conservação urbana e territorial. **Revista Eure**. Vol. XXVI, nº 79. pp. 77 – 94, Santiago de Chile, diciembre, 2000.

LEAL, Suely. **Fetichismo da participação popular: novas práticas de planejamento, gestão e governança democrática no Recife – Brasil**. Recife. Ed. do autor, 2003.

LEIS, Héctor Ricardo. Um modelo político-comunicativo para superar o impasse do atual modelo político-técnico de negociação ambiental no Brasil. In: **Meio ambiente**,

desenvolvimento sustentável e políticas públicas. Clóvis Cavalcanti (Org.). – 3ª ed. – São Paulo: Cortez: Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 2001.

LEROY, Jean-Pierre...[et al.]. **Tudo ao mesmo tempo agora: desenvolvimento, sustentabilidade, democracia: o que isso tem a ver com você?** Ilustrações Claudius. – Petrópolis, RJ: Vozes, 2002.

LIAN, Koh Kheng e ROBINSON, Nicholas A. Governança ambiental regional: exame do modelo da Associação das Nações do Sudeste Asiático. In: **Governança Ambiental Global: opções & oportunidades.** Daniel C Esty e Maria H. Ivanova (Orgs.); Tradução Assef Nagib Kfourí. – São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2005.

LOMBORG, Bjorn. **O ambientalista cético: revelando a real situação do mundo.** – Rio de Janeiro: Editora Campus, 2001.

LOUREIRO, André Oliveira Ferreira e COSTA, Leandro Oliveira. Uma breve discussão sobre modelos com dados em painel. **Nota Técnica Nº 37.** Governo do Estado do Ceará: SEPLAG/IPECE, 2009. Disponível em: http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/notas_tecnicas/NT_37.pdf Acesso em: 04 de jun. 2012.

LYNAS, Mark. **Seis graus: o aquecimento global e o que você pode fazer para evitar uma catástrofe.** Tradução: Roberto Franco Valente. – Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed. 2008.

MARANDOLA Jr., Eduardo. Tangenciando a vulnerabilidade. In: HOGAN, Daniel Joseph; MARANDOLA JÚNIOR, Eduardo (Orgs.). **População e mudança climática: dimensões humanas das mudanças ambientais globais.** – Campinas: Núcleo de Estudos de População – Nepo/ Unicamp; Brasília: UNFPA, 2009.

MARCOVITCH, Jacques. **Para mudar o futuro: mudanças climáticas, políticas públicas e estratégias empresariais.** – São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: Editora Saraiva, 2006.

MARICATO, Ermínia. **Brasil, cidades: alternativas para a crise urbana.** – Petrópolis, RJ: Vozes, 2001.

MAY, Peter H., Maria Cecília LUSTOSA & Valéria da VINHA (orgs.). **Economia do Meio Ambiente: Teoria e Prática.** Rio de Janeiro: EcoEco & Editora Campus, 2003.

MILARÉ, Édis. Instrumentos legais e econômicos aplicáveis aos municípios. Sistema Municipal de Meio Ambiente – SISMUNA / SISNAMA. In: **Municípios e Meio Ambiente: perspectivas para a municipalização da gestão ambiental no Brasil.** Arlindo Philippi Jr. et al. – São Paulo: Associação Nacional de Municípios e Meio Ambiente, 1999.

MISSIO, Fabrício e JACOBI, Luciane Flores. Variáveis dummy: especificações de modelo com parâmetros variáveis. **Ciência e Natura**, UFSM, 29 (1): 111-135, 2007. Disponível em: http://cascavel.cpd.ufsm.br/revista_ccne/ojs/index.php/cienciaenatura/article/viewFile/56/68 Acesso em: 05 de jun. 2012.

MMA – IBAMA. **Cidades Sustentáveis: Subsídios à Elaboração da Agenda 21 Brasileira**. Brasília, 2000.

MOLION, Luiz Carlos Baldicero. Aquecimento global: uma visão crítica. In: VEIGA, José Eli da. **Aquecimento Global: frias contendidas científicas**. Editora SENAC São Paulo, 2008.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. Teoria e clima urbano – um projeto e seus caminhos. In: **Clima urbano**. Francisco Mendonça e Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro (Orgs.). – 1ª Ed., 1ª reimpressão. – São Paulo: Contexto, 2009.

MONTIBELLER FILHO, Gilberto. **O mito do Desenvolvimento Sustentável: meio ambiente e custos sociais no moderno sistema produtor de mercadorias**. 2ª ed. rev. – Florianópolis:Ed. da UFSC, 2004.

NASCIMENTO, Diego Tarley Ferreira. **Emprego de técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento na análise multitemporal do fenômeno de ilhas de calor no município de Goiânia – GO (1986/2010)**. Dissertação de mestrado. – 2011.

NOBRE, Marcos. Desenvolvimento Sustentável: origens e significado. In: Nobre, Marcos e AMAZONAS, Maurício de Carvalho (Org.). **Desenvolvimento Sustentável: a institucionalização de um conceito**. Brasília: Ed. IBAMA, 2002.

NUCCI, João Carlos. **Qualidade ambiental e adensamento urbano: um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP)**. 2ª ed. – Curitiba: o autor, 2008. Disponível em: <http://www.geografia.ufpr.br/laboratorios/labs> Acesso em: 05 jan. 2010.

OBAID, Thoraya Ahmed. UNFPA – Fundo de População das Nações Unidas. **Situação da população mundial 2007. Desencadeando o potencial do crescimento urbano**. Disponível em: http://www.unfpa.org.br/pcp_publicacoes.htm Acesso em: 08 out. 2008.

OECD. Organisation for Economic Co-operation and Development. **OECD Environmental Indicators: development, measurement and use**. Reference Paper, 2003.

OJIMA, Ricardo. Perspectivas para adaptação frente às mudanças ambientais globais no contexto da urbanização brasileira: cenários para os estudos da população. In: HOGAN, Daniel Joseph; MARANDOLA JÚNIOR, Eduardo (Orgs.). **População e mudança climática: dimensões humanas das mudanças ambientais globais**. – Campinas: Núcleo de Estudos de População – Nepo/ Unicamp; Brasília: UNFPA, 2009.

OKE, Tim R. **Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites**. New York, 2004. (World Meteorological Organization. Instruments and observing methods: report n. 81). Disponível em: <http://www.geog.ubc.ca/~toke/IOM-81-UrbanMetObs.pdf> Acesso em: 08 jan. 2010.

OLIVEIRA, Sonia Maria Barros de. Bases científica para a compreensão do aquecimento global. In: VEIGA, José Eli da. **Aquecimento Global: frias contendidas científicas**. Editora SENAC São Paulo, 2008.

OLIVEIRA, Gilvan Sampaio de. **O El Niño e você – o fenômeno climático**. Editora Transtec. São José dos Campos (SP), 2001.

ONU. **Economic and Social Development**. Population Division, 2000.

PEIXOTO, Roberto de Aguiar. **Mudanças Climáticas e Inventários de Gases do Efeito Estufa**. Instituto Mauá de Tecnologia – IMT, s.d. (mensagem pessoal). Mensagem enviada por: <robertopeixoto@maua.br> em 12 nov. 2009.

PEREIRA, André S. e MAY, Peter H. Economia do aquecimento global. In: MAY, Peter H., Maria Cecília LUSTOSA & Valéria da VINHA (orgs.). **Economia do Meio Ambiente: Teoria e Prática**. Rio de Janeiro: EcoEco & Editora Campus, 2003.

PEREIRA, André Santos. **Do fundo ao mecanismo: gênese, características e perspectivas para o mecanismo de desenvolvimento limpo: ao encontro ou de encontro à equidade?** (Dissertação de mestrado). Programa de Pós-Graduação em Planejamento estratégico (COPPE). UFRJ. Rio de Janeiro, 2002.

PIRES, Isabela Cristina Gomes. **Análise do desempenho da Gestão Pública de arborização da cidade de Piracicaba**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Departamento de Ciências Florestais. USP, 2009.

QUADRI, Gabriel. Políticas ambientais para uma cidade sustentável. In: ALVA, Eduardo Neira. **Metrópoles (In)sustentáveis**. – Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1997.

RIBEIRO, Wagner Costa. Impactos das mudanças climáticas em cidades no Brasil. In: **Parcerias Estratégicas / Centro de Gestão e Estudos estratégicos. Semestral. N. 27**. (Dez. 2008). – Brasília. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos: Ministério da Ciência e Tecnologia. Edição Especial.

RIBEIRO, José Cláudio Junqueira e HELLER, Leo. **Indicadores ambientais para Países em Desenvolvimento**. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsAIDIS/PuertoRico29/junque.pdf>> Acesso em 06 de fev. 2012.

RICKLEFS, Robert E. **A Economia da Natureza**. 5ª ed. Rio de Janeiro: editora Guanabara Koogan S.A., 2003.

ROSENSWEIG, Cynthia *et al.* **Climate Changes and Cities – First Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network**. Urban Climate Change Research Network (UCCRN), Center for Climate Systems Research, Earth Institute, Columbia University 2011. Disponível em: < <http://www.iddri.org/Publications/Rapports-and-briefing-papers/ARC3%20report.pdf>> . Acesso em: 04 nov. 2012.

SACHS, Ignacy. **Ecodesenvolvimento : crescer sem destruir**. Trad. de E. Araujo. - São Paulo: Vértice, 1981.

SALATI, Enéas, SANTOS, Ângelo Augusto dos e NOBRE, Carlos. **As mudanças climáticas globais e seus efeitos nos ecossistemas brasileiros**, 2002. Disponível em: <http://www.comciencia.br/reportagens/clima/clima14.htm> Acesso em: 06 mai. 2009.

SANTOS JÚNIOR, Orlando Alves. Descentralização e governança Democrática. In: Orlando Alves dos Santos Júnior. **Democracia e Governo Local: dilemas da reforma municipal no Brasil**. – Rio de Janeiro: REVAN: FASE, 2001.

SPETH, James Gustave. A agenda ambiental global: origens e perspectivas. In: **Governança Ambiental Global: opções & oportunidades**. Daniel C Esty e Maria H. Ivanova (Orgs.); Tradução Assef Nagib Kfourí. – São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2005.

SNIC. Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. **Press Kit**, 2010.

TALBOTT, Strobe. Prefácio. In: **Governança Ambiental Global: opções & oportunidades**. Daniel C Esty e Maria H. Ivanova (Orgs.); Tradução Assef Nagib Kfourí. – São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2005.

TUDELA, Fernando. Para uma cultura de sustentabilidade urbana. In: ALVA, Eduardo Neira. **Metrópoles (In)sustentáveis**. – Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1997.

UNEP. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **UNEP Year Book**, 2008.

_____. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **Climate Change. Science Compendium**, 2009. Disponível em: http://www.unep.org/pdf/ccScienceCompendium2009/cc_ScienceCompendium2009_full_en.pdf Acesso em: 11 mar. 2013.

UN-HABITAT. **Draft International Standard for Determining Greenhouse Gas Emissions for Cities**. UNEP. The World Bank. 5th World Urban Forum. Rio de Janeiro, Brazil, 2010.

VASCONCELLOS, Marco Antonio de Sandoval e GARCIA, Manuel Enriquez. **Fundamentos de Economia**. – 2^a ed. – São Paulo: Saraiva, 2006.

VEIGA, José Eli da. **Cidades imaginárias: o Brasil é menos urbano do que se calcula**. – 2^a ed. – Campinas, SP: Autores Associados, 2003.

_____. **Desenvolvimento Sustentável: o Desafio do Século XXI**. 2^a Ed. São Paulo: Editora Garamond, 2006.

_____. **Aquecimento Global: frias contendidas científicas**. Editora SENAC São Paulo, 2008.

YOUNG, Andréa Ferraz. Mudanças climáticas: entre a coesão e a fragmentação dos assentamentos humanos, os conflitos e as transformações da paisagem na Baixada Santista. In: HOGAN, Daniel Joseph; MARANDOLA JÚNIOR, Eduardo (Orgs.). **População e mudança climática: dimensões humanas das mudanças ambientais globais**. – Campinas: Núcleo de Estudos de População – Nepo/ Unicamp; Brasília: UNFPA, 2009.

WALKER, Gabrielle & KING, Sir David. **O tema quente: como combater o aquecimento global e manter as luzes acesas**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2008.

WONG, Cecilia. **Indicators for Urban and Regional Planning: the interplay of policy and methods**. The RT PI Library Series. Ed.: Routledge – USA, 2006.

Referências consultadas

ALMEIDA, Demétrius Henrique Cardoso de. **Mudanças Climáticas – Premissas e Situação Futura**. Ed. LCTE, 2007.

AMARAL, Sergio Pinto. Indicadores de sustentabilidade ambiental, social e econômica: uma proposta para a indústria de petróleo brasileira. VI Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais**. Vitória / ES, 2002.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 12ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

BELLEN, Hans Michael Van. Desenvolvimento Sustentável: Uma descrição das principais ferramentas de avaliação. **Ambiente & Sociedade** – Vol VII nº 1 jan./jun., 2003.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Questões atuais sobre o Brasil e a mudança do clima: perguntas e respostas**. 2008.

CAVALCANTI, Clóvis. **Meio Ambiente, Desenvolvimento Sustentável e Políticas Públicas**. São Paulo, Recife: Editora Cortez e Fundação Joaquim Nabuco, 1997.

ESTY, Daniel & IVANOVA, Maria (Orgs.). **Governança Ambiental Global: opções & oportunidades**. São Paulo: Editora SENAC São Paulo, 2005.

FIRJAN, Sistema. **Manual de indicadores ambientais**. Rio de Janeiro: DIM/GTM, 2008.

HOFFMAN, Andrew J. e WOODY, John G. **Mudanças Climáticas: desafios e oportunidades empresariais**. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

KREIMER, Alcira, ARNOLD, Margaret, CARLIN, Anne. **Building Safer Cities: the future of disaster risk**. Washington, D.C.: The World Bank, 2003.

MENDONÇA, Fancisco e MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. **Clima Urbano**. Editora Contexto, 2003.

OLIVEIRA, Isabel Cristina Pereira de. **Lixo na “Escada”: um estudo sobre a gestão municipal de resíduos sólidos**. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental. Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2006.

SCHRADER, Achim. **Métodos de pesquisa social empírica e indicadores sociais**. Clarissa Eckert Baeta Neves e Emil Albert Sobottka (Orgs.). – Poro Alegre: Ed.: Universidade / UFRGS, 2002.

VEIGA, José eli da. **A emergência socioambiental**. – São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2007.

APÊNDICE

APÊNDICE A – Análise de regressão múltipla a partir dos dados estatísticos disponíveis

A partir da construção da matriz analítica, o método estatístico utilizado para ponderar os indicadores foi a análise de regressão múltipla que busca explicar a relação entre as variáveis dependentes (resposta) com as variáveis independentes (explicativa). Para esse caso, a finalidade da análise de regressão múltipla foi estimar o quanto a variável independente influencia a variável dependente.

Dentre os métodos estatísticos para a ponderação, Wong (2006) destaca a análise de regressão

[...] como um modelo estatístico que apresenta um resumo de importância das variáveis independentes de acordo com seus pontos fortes para explicar a variação das variáveis dependentes. O coeficiente de regressão de cada variável independente fornece uma ponderação automática de cada variável dependente que pretende explicar. O maior problema desse método é encontrar uma variável única que seja válida para explicar o conceito de uma forma apropriada. Para isso, o ideal é que a escolha das variáveis seja orientada pela teoria. Por esse motivo, esse método será utilizado para a ponderação dos indicadores propostos nessa pesquisa (WONG, 2006, p. 86-87).

As variáveis dependentes, para esse estudo, referiam-se aos inventários de emissões de gases do efeito estufa das cidades brasileiras que participam da campanha “Cidades pela Proteção do Clima”. Como o número de cidades participantes da campanha é pequeno e, conseqüentemente, insuficiente para a análise de regressão múltipla, foi utilizado como *proxy* dessa ponderação, os níveis de variação da temperatura para os municípios brasileiros com mais de 100 mil habitantes, registrados nas décadas de 1990 e 2000.

A busca de séries estatísticas para essa pesquisa foram aquelas que apresentassem o maior número de informações. Para isso, foram utilizadas as estatísticas relacionadas aos períodos dos censos demográficos brasileiro mais recentes, ou seja, os Censos de 1991 e 2000 disponíveis no IBGE. Seria interessante a utilização de dados mais atuais, no entanto, o resultado do censo 2010 ainda não dispunha de todas as informações necessárias durante a aplicação empírica dessa proposta metodológica.

Percebe-se nessa pesquisa que, à medida que o tempo vai passando e as atualizações tecnológicas e metodológicas vão se aprimorando, os dados vão se tornando mais disponíveis, facilitando a utilização de séries estatísticas na pesquisa. No entanto, como um dos parâmetros de tempo foi o ano de 1991, com o objetivo de identificar a evolução das variáveis explicativas do fenômeno ‘ilha de calor urbano’ para o ano 2000, nem todas as informações desejáveis e necessárias para a concepção dessa pesquisa estavam disponíveis. Assim, a opção metodológica foi fazer projeções da evolução dos dados disponíveis no nível estadual para o municipal na tentativa de se chegar aos dados que se aproximassem da realidade. Embora essa opção metodológica não seja a ideal para a busca de um parâmetro indicador, foi a alternativa mais viável encontrada no momento.

Para analisar o efeito das variáveis independentes sobre a temperatura média, a metodologia econométrica utilizada foi a estimação com uma estrutura de dados em painel com efeitos fixos. Ou seja, combinação das unidades individuais, os 42 municípios, em diferentes períodos de tempo, 1991 e 2000. Dentre as vantagens de se estimar por dados em painel, destaca-se o aumento no número de observações, aumentando assim os graus de liberdade e a eficiência dos parâmetros estimados, ademais os efeitos fixos controlam as heterogeneidades não observadas nas variáveis independentes, e existentes entre os municípios que são constantes no tempo.

Esse tipo de estimação tem como base a seguinte equação:

$$Y_{it} = \eta_i + \sum_{k=1}^K \alpha_k X_{kit} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Onde i representa os diferentes municípios e t os diferentes anos, Y é a variável dependente, neste caso a temperatura média nos municípios nos anos de 1991 e 2000. X_k são as diferentes variáveis independentes que influenciam a temperatura. Já η_i é o efeito não observado do município ou efeito fixo do município, ou seja, capta fatores que afetam a temperatura média nos municípios e são constantes ao longo do tempo, mas, que diferem entre as unidades individuais, a chamada heterogeneidade individual. O termo ε_{it} representa os distúrbios estocásticos. Ademais, em algumas estimações uma *dummy* para o ano 2000 foi adicionada.

Para se estimar a equação (1) por efeitos fixos existem duas formas equivalentes. Uma delas é estimar através da *Least Squares Dummy Variable* (LSDV), que consiste em se estimar o efeito não observado (η_i) através de *dummies* para $(n-1)$ municípios, para a equação em questão e estimar via Mínimos Quadrado Ordinários (MQO). Uma segunda formulação observada na literatura e equivalente ao LSDV, e que será utilizada nesse trabalho, é a dos estimadores intra-grupo (*within*). Na aplicação desse método, para cada variável devem-se obter os dados centrados na média da respectiva unidade individual e assim estimar a equação com essa configuração. Todas as estimações foram feitas com a utilização do *software Stata 11.0*.

Inicialmente, a proposta de utilização da variável dependente seriam os resultados encontrados nos inventários de emissões de gases do efeito estufa dos municípios brasileiros em toneladas equivalentes de dióxido de carbono. No entanto, no momento da concepção da metodologia apenas 7 (sete) municípios brasileiros dispunham de seus inventários, o que inviabilizaria a utilização do método estatístico da análise de regressão múltipla. Para compensar a ausência de tal dado, foi preciso buscar na literatura outro elemento que estivesse altamente correlacionado ao nível de emissões nos inventários municipais, assim optou-se pela variação da temperatura média municipal em graus celsius.

Uma amostra com 42 municípios foram utilizados para o estudo empírico desse trabalho. A escolha desses municípios ocorreu em função das características tipológicas encontradas no relatório do Observatório das Cidades, ou seja, tamanho da população (mais de 100.000 habitantes) e nível de riqueza (PIB per capita acima de R\$ 5.000,00). A partir dessas características foi composta uma amostra não aleatória, uma vez que a escolha dos municípios foi em função de um procedimento segundo um critério objetivo determinado anteriormente. Assim, a partir desse procedimento a pesquisa chegou a uma amostra de 225 municípios brasileiros. Além disso, como as variáveis independentes foram de base estatística foram utilizados os dados disponíveis dos anos de 1991 e 2000 (censos demográficos) haja vista a ampla consolidação e disponibilização das informações nos bancos de dados brasileiros. Por esse motivo, não foram utilizados dados do Censo Demográfico 2010, uma vez que as informações apenas recentemente foram divulgadas o que poderia comprometer o cronograma da pesquisa, já consideravelmente comprometido.

A partir dessa amostra foi enviado um documento solicitando a informação sobre temperatura média dos municípios junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para

os anos de 1991 e 2000 uma vez que apenas os dados referentes às capitais estão amplamente disponíveis. Assim, para o período de 1991 e 2000 o INMET dispunha de dados de estações meteorológicas as informações de apenas 75 municípios, reduzindo drasticamente a amostra que, estatisticamente, já se apresentava reduzida. Além disso, como a análise é comparativa seria necessário a utilização dos dados de temperatura para os dois espaços de tempo solicitados, o que não aconteceu, pois por motivo de não existência da estação meteorológica ou por defeito e/ou quebra da mesma, alguns dados não estavam disponíveis. Assim, a amostra que já estava restringida a 75 municípios foi reduzida a 42 municípios, sendo essa a principal deficiência e fragilidade da aplicação empírica da proposta metodológica.

Além disso, como se optou pela utilização da temperatura média como variável dependente, o ideal seria o emprego de séries históricas de temperatura, ou seja, no caso do Brasil, de 1931 a 1960 e de 1961 a 1990, pois de acordo com a literatura só é possível perceber alguma alteração climática significativa quando duas séries históricas de temperatura são comparadas, antes disso, as alterações percebidas podem estar associadas a eventos extremos de exceção. No entanto, para esses dois períodos (séries de temperatura), os problemas estariam relacionados à disponibilização dos dados das variáveis independentes relacionadas à urbanização e à industrialização, com recorte direcionado às cidades. Como o objetivo da proposta metodológica é verificar se as cidades contribuem para as mudanças climáticas globais e que tais espaços nas duas últimas décadas vêm sendo intensamente utilizados denotando em impactos ambientais relacionados à variação da temperatura e formação de ilhas de calor urbano, assumiu-se nessa pesquisa que houve alteração climática para o período entre 1991 e 2000.

No entanto, tal passo implica em duas fragilidades na proposta, ou seja, (1) a não alteração climática esperada para os anos entre 1991 e 2000 e (2) na amostra reduzida que, estatisticamente, não se apresentava como viável para responder aos objetivos da proposta metodológica. No entanto, mesmo reconhecendo essas fragilidades a pesquisa manteve a tese de que as influências do espaço urbano implicam em contribuições significativas para a teoria do aquecimento global uma vez que a literatura utilizada na fundamentação teórica dessa pesquisa apresenta vários indicativos de tais contribuições.

Para a análise de regressão múltipla, a temperatura média dos municípios foi utilizada como variável dependente para a ponderação dos indicadores propostos. Já as variáveis

disponíveis no nível municipal e que buscam mensurar os indicadores correspondem às variáveis independentes (explicativas) do sistema de indicadores proposto.

De acordo com a teoria da análise de regressão múltipla, o número de variáveis independentes deve ser maior que o número de variáveis dependentes, uma vez que a técnica propicia estimar o quanto as variáveis independentes influenciam as variáveis dependentes e, para esse caso, o quanto os dados estatísticos disponíveis no nível municipal relacionados às emissões de gases do efeito estufa influenciam na variação da temperatura das cidades estudadas, a partir dos resultados encontrados.

Assim, optou-se por utilizar o nível de temperatura municipal como variável dependente, assumindo que, ao longo dos anos, os níveis de temperatura nos municípios da amostra apresentaram variações significativas de temperatura em função do número da população residente (urbanização) e de suas atividades econômicas desenvolvidas.

A justificativa pela utilização de níveis de temperatura aqui proposta refere-se ao fato de que houve uma mudança significativa na produção do espaço urbano nos últimos trinta anos, a começar pela população. Em 1980, a população urbana brasileira correspondia a 68%, e hoje compreende cerca de 84% da população, segundo o Censo de 2010, ou seja, um crescimento populacional urbano de cerca de 24%. Essa concentração populacional foi motivada pelo nível de industrialização e urbanização dos centros urbanos, causando pressões ambientais significativas em termos de emissões atmosféricas, retenção de calor e, conseqüentemente, elevação da temperatura.

Desse modo, assumiu-se nessa proposta metodológica que a variação da temperatura nas cidades está relacionada, também, às emissões atmosféricas de origem antropogênica, sendo possível usar o parâmetro da temperatura como variável dependente, uma vez que apenas sete cidades brasileiras dispunham de inventários municipais de gases do efeito estufa.

Caso haja outras cidades que apresentem inventários municipais e essas se apresentem em maior número em relação à quantidade de variáveis independentes, torna-se mais viável para fins de mensuração, através de indicadores, a utilização de tais cidades, do contrário, usa-se como medida alternativa, a variação da temperatura registrada nas décadas de 1990 e 2000 como parâmetros dos indicadores aqui propostos.

Assim, a análise de regressão foi feita através do método de dados em painel que de acordo com Loureiro e Costa (2009)

Dados em Paineis ou dados longitudinais são caracterizados por possuírem observações em duas dimensões que em geral são o tempo e o espaço. Este tipo de dado contém informações que possibilitam uma melhor investigação sobre a dinâmica das mudanças nas variáveis, tornando possível considerar o efeito das variáveis não-observadas (LOUREIRO e COSTA, 2009, pg.1).

Ao utilizar esse método consideraram-se todas as unidades individuais (municípios) em mais de um período de tempo (nesse caso, 1991 e 2000), com efeitos fixos que controlam fatores fixos, mas, heterogêneos entre os municípios. Todavia, os resultados encontrados mostraram que todas as variáveis explicativas de interesse da pesquisa não mostraram impactos estatisticamente significativos sobre a variação da temperatura como observado na tabela 1.

Acredita-se que esse resultado ocorreu em função do período de tempo utilizado como parâmetro, ou seja, uma década é um período de tempo muito curto para verificar se houve alguma alteração climática. Nesse caso, se a variável dependente (temperatura) não varia em média, os fatores dentro desse período (variáveis independentes) não acarretaram em mudanças climáticas.

Como discutido anteriormente, o ideal para verificação de alguma alteração climática seria o uso de séries de temperatura, o que não ocorreu nessa pesquisa. Considerando que as variáveis independentes nessa análise não exerceram pressão sobre a variação da temperatura, foi feito um segundo teste e acrescentou-se a variável *dummy*, ou seja,

Na análise de regressão, a variável dependente pode ser influenciada por variáveis quantitativas e qualitativas. As variáveis quantitativas são facilmente mensuradas em alguma escala o que não ocorre com as variáveis qualitativas, uma vez que essas indicam a presença ou a ausência de uma qualidade ou atributo. Dessa forma, um método para "quantificar" esses atributos é construir variáveis artificiais que assumam valores de 1 ou 0 (indicando ausência de um atributo e indicando a sua presença) que são conhecidas pela literatura existente de "variáveis *dummy*" (MISSIO e JACOBI, 2007, pg. 112).

Por isso, outro ponto importante foi pesquisar se houve eventos climáticos extremos para o período pesquisado com o objetivo de se fazer considerações das influências que tais eventos poderiam exercer sobre o sistema climático global e suas consequências diretamente relacionadas ao espaço urbano.

Para isso foi pesquisado a ocorrência de El Niño e La Niña para os períodos de 1991 e 2000, pois, tais fenômenos podem alterar o clima global e regional, uma vez que uma das componentes do sistema climático é dada pela interação entre a superfície dos oceanos e a baixa atmosfera. De acordo com Oliveira (2001), o El Niño é representado pelo aquecimento anormal das águas superficiais e sub-superficiais do Oceano Pacífico Equatorial e apresentam consequências na circulação de ventos (enfraquecimento), mudanças nos padrões de umidade e, portanto, variações na distribuição de chuvas, principalmente em regiões tropicais. Por isso, em algumas regiões do globo terrestre podem ser observadas elevação ou queda na temperatura.

Os eventos de El Niño e La Niña têm uma tendência de se alternarem a cada 3-7 anos, no entanto, tal alternância pode ir de 1 a 10 anos. De acordo com os dados disponíveis no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), a ocorrência de El Niño para o período de 1991 (que compreendeu o período de 1990 a 1993) foi considerado como de forte intensidade, o que por sua vez pode ter influenciado significativamente nos padrões de temperatura no período. Para o ano de 2000, a ocorrência foi de La Niña considerada de intensidade moderada ocorrendo no período de 1998 a 2001. Dessa maneira, embora seja difícil separar das séries estatísticas a influência de tais fenômenos naturais é importante considerar que os fenômenos aqui apresentados podem ter influenciado no aumento ou queda da temperatura em termos globais e que, por sua vez, podem ter influenciado a formação de ilhas de calor urbano, ou não, em termos locais.

Assim, para essa pesquisa foi acrescentada a variável *dummy* qualitativa (Coluna 2 da Tabela 1) referente à ocorrência do fenômeno *La Niña* no período de 1999-2001 de moderada intensidade que, ao contrário do fenômeno *El Niño* provoca anomalias na temperatura média global que podem chegar até 4° C abaixo da média, quando de forte intensidade.

Tabela 1

VARIÁVEIS	(1) Temp	(2) temp
pop	4,63e-07 (1,16e-06)	9,05e-07 (1,47e-06)
renda	-0,00217 (0,00161)	-0,000896 (0,00302)
dom_energia_p	-0,0668 (0,0534)	-0,0581 (0,0567)
resíduos_p	0,0182 (0,0116)	0,0203 (0,0125)
frota	8,04e-08 (1,24e-06)	-2,21e-07 (1,39e-06)
Ano 2000		-0,193 (0,385)
Constante	27,51** (4,606)	25,86** (5,694)
Observações	84	84
R ² (Within)	0,101	0,107
Número de municípios	42	42

Erros padrões entre parênteses

** p<0.01, * p<0.05

Para isso, foi feito um teste “t” simples de médias emparelhadas (Tabela 2) para saber se a temperatura média de 1991 podia ser considerada igual a de 2000. Nesse caso, o resultado do teste concluiu que sim, aceitando-se a hipótese nula de médias iguais, ou seja, mesmo havendo mudanças nas variáveis independentes para essa amostra e esse período, não houve alterações na temperatura que pudessem ser explicadas pelas pressões relacionadas à urbanização e à industrialização.

Esse resultado pode ser explicado, também, pelo episódio do fenômeno climático *La Niña* que pode ter causado pressão para a ocorrência de temperaturas mais baixas do que se esperava dada as influências do processo de urbanização e industrialização das cidades, uma vez que as variáveis independentes apresentaram taxas de crescimento elevadas.

Tabela 2

	1991	2000
Média	22,2881	22,22143
Variância	11,02449	11,6149
Observações	42	42
Correlação de Pearson	0,979656	
Hipótese da diferença de média	0	
Gl	41	
Stat t	0,631466	
P(T<=t) uni-caudal	0,26562	
t crítico uni-caudal	1,682878	
P(T<=t) bi-caudal	0,531241	
t crítico bi-caudal	2,019541	

Mesmo que os resultados encontrados venham se apresentando como insignificantes, estatisticamente, foram feitos outros testes para a avaliação do modelo, de forma que as variáveis independentes foram sendo testadas haja vista que ao longo da fundamentação teórica tais variáveis foram apresentadas como relevantes e como forçantes da variação da temperatura. Assim, a análise de regressão usada no modelo tem a seguinte função:

$$\text{Temp} = f(\text{Vpop}; \text{Vrenda}; \text{Vresíduos}; \text{Várea}; \text{Vdomici}; \text{Venerg}; \text{Vcombust}; \text{Vcimento}; \text{VPEA}; \text{Vfrota}; \text{Vesgoto}; \text{ano}_{2000}; \text{efeitos fixos}; \text{dummy}_{2000})$$

Onde:

Temp = temperatura

Vpop = população

Vrenda = renda (per capita)

Vresíduos = resíduos (ton)

Várea = área do município (Km²)

Vdomici = número de domicílios

Venerg = consumo de energia (Gigajoules per capita)

Vcombust = consumo de combustível fóssil (Kg_{ep} per capita)

Vcimento = consumo de cimento (Kg per capita)

VPEA = população economicamente ativa

Vfrota = número de automóveis licenciados

Vesgoto = percentual de volume coletado

Dummy = ocorrência de La Niña

No programa estatístico utilizado muitas das variáveis explicativas apresentaram uma correlação muito alta (bem próxima de 1), isso gera o problema da multicolinearidade (Tabela 3). A multicolinearidade indica que há uma forte correlação entre duas (ou mais) variáveis explicativas, ou seja, em outras palavras, devido à alta colinearidade entre as variáveis o programa automaticamente omitiu algumas das variáveis, neste caso população e consumo de energia elétrica (Tabela 4). De qualquer forma os resultados mostraram que as variáveis não são estatisticamente significativas.

Tabela 3: Multicolinearidade entre as variáveis

	<i>Pop</i>	<i>Pop_urbana</i>	<i>n_dom</i>	<i>cons_energia</i>	<i>cons_combust</i>	<i>cimento</i>	<i>resíduos_ton</i>	<i>PEA</i>	<i>PEA urbana</i>	<i>frota</i>
Pop	1,000									
Pop_urbana	0,999	1,000								
n_dom	0,998	0,996	1,000							
cons_energia	0,993	0,991	0,996	1,000						
cons_combust	0,997	0,995	0,998	0,999	1,000					
Cimento	0,992	0,990	0,996	1,000	0,999	1,000				
resíduos_ton	0,876	0,876	0,859	0,868	0,872	0,867	1,000			
PEA	0,998	0,996	1,000	0,998	0,999	0,997	0,866	1,000		
PEA urbana	0,998	0,998	0,999	0,996	0,998	0,996	0,866	0,999	1,000	
Frota	0,976	0,973	0,986	0,981	0,981	0,981	0,795	0,984	0,982	1,000

Tabela 4

VARIÁVEIS	(1) temp
renda	-0,00664 (0,00430)
resíduos_ton	-1,39e-08 (3,32e-06)
área_mun	5,78e-06 (3,10e-05)
n_dom	-3,85e-05 (3,70e-05)
cons_combustivel_fossil	8,72e-09 (1,11e-08)
cimento	-6,09e-08 (4,09e-08)
Pea	2,92e-05 (2,28e-05)
frota	1,02e-05 (6,19e-06)
esgoto_p	0,00370 (0,0116)
Ano 2000	0,470 (0,472)
Constante	22,04*** (2,402)
Observações	84
Número de municípios	42
R ² (Within)	0,169

Nas tabelas 5 e 6 foram feitas estimações retirando todas as variáveis que apresentassem uma correlação muito grande com a variável população (quase próxima de 1). Na tabela 5 o modelo contém as variáveis em nível e na tabela 6 as variáveis população e renda foram adicionadas em logaritmo natural, ou seja, neste último caso os coeficientes como interpretados como variação absoluta na temperatura dada a variação relativa na variável em questão, exemplo, na renda. De qualquer forma novamente os resultados para ambas as tabelas mostraram que os coeficientes são estatisticamente insignificantes.

Tabela 5

VARIÁVEIS	(1) Temp
pop	7,05e-07 (7,50e-07)
renda	-0,00111 (0,00268)
dom_energia_p	-0,0591 (0,0555)
resíduos_p	0,0203 (0,0123)
2000.ano	-0,167 (0,343)
Constante	26,13*** (5,368)
Observações	84
Número de municípios	42
R ² (Within)	0,107

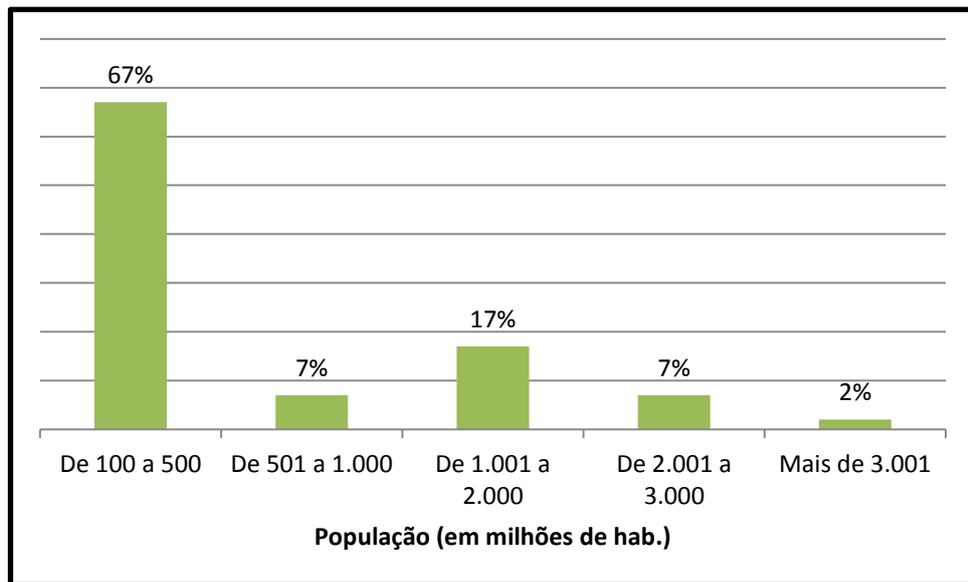
Tabela 6

VARIÁVEIS	(1) temp
Inpop	-0.167 (1.488)
Inrenda	-0.586 (1.281)
dom_energia_p	-0.066 (0.068)
resíduos_p	0.020 (0.014)
esgoto_p	0.005 (0.013)
Ano 2000	-0.024 (0.520)
Constante	32.109 (20.241)
Observações	84
Número de municípios	42
R ² (Within)	0.089

Na amostra da pesquisa, foi observada uma variação muito grande no quesito população, uma vez que esta variável é a que vem sendo utilizada como parâmetro inicial para a definição do modelo, assim, verificou-se que 67% da amostra correspondem aos municípios com população que variam de 100 a 500.000 habitantes e que apenas o município de São Paulo apresentava uma população de mais de 10 milhões de habitantes em 2000 (Figura 1).

Como a variação populacional é muito grande na amostra, o município de São Paulo foi retirado do modelo com o objetivo de testar se as variáveis independentes se comportavam de maneira diferenciada, influenciando dessa forma a variação da temperatura. Entretanto, como a amostra já se mostra insuficiente para uma inferência estatística não foi possível retirar mais nenhum elemento do modelo.

Figura 1: Proporção de municípios da amostra em função da população



Fonte: autoria própria

Nas tabelas seguintes as estimações se basearam no modelo mais básico para evitar problemas de multicolinearidade (comparável às duas últimas estimações da análise feitas anteriormente), ademais em vez de utilizar a variável população foi utilizada a variável população urbana. A tabela 7 contém as estimações para as variáveis em níveis e na tabela 8 as variáveis população urbana e renda foram adicionadas em logaritmo natural, ou seja, como explicado anteriormente, neste último caso os coeficientes são interpretados como variação absoluta na temperatura dado a variação relativa na variável em questão. Nessas tabelas o município de São Paulo foi excluído. Percebe-se que todas as variáveis não apresentam coeficientes estatisticamente significativos.

Tabela 7

VARIÁVEIS	Coeficientes
pop_urbana	1,06e-06 (8,07e-07)
renda	-0,000761 (0,00272)
dom_energia_p	-0,0495 (0,0567)
resíduos_p	0,0191 (0,0123)
Ano 2000	-0,244 (0,354)
Constante	25,25** (5,440)
Observações	82
Nº de municípios	41
R ² (Within)	0,126

Notas: Erros padrões entre parênteses.
** significa $p < 0,01$ e * $p < 0,05$.

Tabela 8

VARIÁVEIS	Coeficientes
lnpop_urbana	0,240 (0,570)
lnrenda	-0,390 (1,214)
dom_energia_p	-0,076 (0,060)
resíduos_p	0,020 (0,013)
esgoto_p	0,006 (0,013)
Ano 2000	-0,161 (0,409)
Constante	26,853* (10,519)
Observações	82
Nº de municípios	41
R ² (Within)	0,093

Notas: Erros padrões entre parênteses.
** significa $p < 0,01$ e * $p < 0,05$.

Por fim, na Tabela 9 foi feito um teste “t” de *Student* para amostras emparelhadas para analisar se as temperaturas médias de 1991 e 2000 podem ser consideradas iguais (excluindo São Paulo), e a conclusão foi que sim, ou em outras palavras, não houve variação estatisticamente significativa na temperatura média.

Tabela 9

	<i>1991</i>	<i>2000</i>
Média	22,341	22,276
Variância	11,177	11,779
Observações	41	41
Correlação de Pearson	0,979	
Hipótese da diferença de média	0	
G1	40	
Stat t	0,609	
P(T<=t) uni-caudal	0,273	
t crítico uni-caudal	1,684	
P(T<=t) bi-caudal	0,546	
t crítico bi-caudal	2,021	

As Tabelas 10, 11, e 12 seguem a mesma lógica desta análise, sendo que foram considerados apenas os municípios que possuíam população urbana no ano 2000 menor que 1 milhão. Em geral os resultados encontrados levam as mesmas conclusões, ou seja, como não houve variação significativa na temperatura não foi possível perceber uma correlação de influência das variáveis independentes sobre a variável dependente.

Tabela 10

VARIÁVEIS	Coeficientes
pop_urbana	5,69e-07 (1,29e-06)
renda	-0,00679 (0,00488)
dom_energia_p	-0,0955 (0,0686)
resíduos_p	0,0249 (0,0140)
Ano 2000	0,320 (0,514)
Constante	30,97** (6,663)
Observações	62
Nº de municípios	31
R ² (Within)	0,188

Notas: Erros padrões entre parênteses.

** significa $p < 0,01$ e * $p < 0,05$.

Tabela 11

VARIÁVEIS	Coeficientes
lnpop_urbana	0,223 (0,620)
lnrenda	-1,819 (1,734)
dom_energia_p	-0,091 (0,073)
resíduos_p	0,030 (0,016)
esgoto_p	0,008 (0,015)
Ano 2000	0,115 (0,528)
Constante	35,327* (13,442)
Observações	62
Nº de municípios	31
R ² (Within)	0,164

Notas: Erros padrões entre parênteses.

** significa $p < 0,01$ e * $p < 0,05$.

Tabela 12

	<i>Temp1991</i>	<i>Temp2000</i>
Média	22,239	22,110
Variância	11,668	12,274
Observações	31	31
Correlação de Pearson	0,977	
Hipótese da diferença de média	0	
gl	30	
Stat t	0,968	
P(T<=t) uni-caudal	0,170	
t crítico uni-caudal	1,697	
P(T<=t) bi-caudal	0,341	
t crítico bi-caudal	2,042	

Embora os resultados tenham se apresentado irrelevantes estatisticamente, o objetivo do exercício proposto foi o de testar o instrumento. Teoricamente, as relações podem ser feitas quando se relaciona os elementos urbanos como causadores de pressão ambiental para a composição do clima urbano. No entanto, em função da amostra se apresentar estatisticamente pequena tais correlações não puderam ser observadas. Assim, a disponibilização de dados de base estatística em larga escala pode propiciar resultados mais promissores e que podem viabilizar o uso do instrumento no longo prazo.

Uma das dificuldades encontradas foi em relação ao recorte temporal que seria dado à pesquisa, pois de acordo com os teóricos da climatologia é preciso um espaço de tempo de 30 anos para se fazer comparações e, assim, identificar se houve uma variação significativa na temperatura. No caso do Brasil, tais dados estão disponíveis para o período de 1931 a 1960 e de 1961 a 1990 para algumas cidades. A utilização de tal recorte temporal implicaria na ausência de dados estatísticos disponíveis e relacionados à temática que norteia essa pesquisa. Para isso, foi utilizado o período de tempo de 1991 e 2000 haja vista à disponibilização de dados nos censos demográficos do país (Tabela 13).

Os dados sobre a temperatura média das cidades brasileiras foram solicitados ao INMET para uma amostra de 225 cidades. Essa amostra foi escolhida em função do tamanho da população (mais de 100 mil habitantes em 2000) e em função da renda *per capita* (maior de R\$ 5.000,00) de acordo com os parâmetros dados pelo Observatório das Cidades (FASE, 2005).

Tabela 13- Média da temperatura nas cidades da amostra

Cidade	Temperatura	
	1991	2000
São Paulo / SP	20,1	20,0
Salvador / BA	25,1	25,5
Belo Horizonte /MG	21,4	21,7
Brasília / DF	20,4	21,1
Curitiba / PR	17,3	17,3
Recife /PE	25,6	25,8
Manaus / AM	27,0	26,5
Porto Alegre / RS	20,1	19,2
Belém / PA	26,2	26,5
Goiânia / GO	23,5	24,1
Guarulhos / SP	20,0	20,2
São Luís / MA	26,2	26,5
Natal / RN	26,1	25,7
João Pessoa / PB	26,5	26,7
Aracaju / SE	26,0	25,8
Juiz de Fora / MG	18,7	19,0
Londrina / PR	20,8	20,8
Campos dos Goytacazes / RJ	23,9	24,2
Caxias do Sul / RS	16,4	16,5
Montes Claros / MG	22,2	22,8
Maringá / PR	22,2	22,3
Franca / SP	21,1	21,0
Macapá / AP	26,9	27,1
Uberaba / MG	21,5	22,1
Santa Maria / RS	21,0	18,8
Imperatriz / MA	27,1	27,9
Petrolina / PE	27,5	26,3
São Carlos / SP	20,7	19,9
Presidente Prudente / SP	23,4	23,3
Rio Grande / RS	18,4	17,8
Passo Fundo / RS	18,3	17,7
Marabá / PA	26,9	27,1
Lages / SC	15,9	15,8
Barreiras / BA	24,9	24,5
Paranaguá / PR	21,7	21,1
Uruguaiana / RS	17,7	19,0
Patos de Minas / MG	21,1	21,4
Bagé / RS	18,3	17,4
Barbacena / MG	18,3	18,6
Linhares / ES	23,5	23,7
Catanduva / SP	23,0	23,4
Resende / RJ	23,2	21,2
Média	22,2881	22,2214
Fonte: INMET, 2011.		

No entanto, os dados solicitados para o período de tempo e para a amostra desejada só estavam disponíveis para um total de 42 cidades brasileiras. Para um estudo estatístico tal

amostra se sorna irrelevante, pois dentro de um universo de 5.561 municípios em 2000, tal número corresponde a menos de 1%. Além disso, como a proposta é a utilização da análise de regressão múltipla para identificar se a pressão causada pelos elementos urbanos implica em variação da temperatura, tal amostra se torna mais uma vez inviável.

Outra questão importante refere-se aos dados disponíveis sobre a temperatura média das cidades da amostra. Quando comparado os períodos de tempo entre 1991 e 2000 observou-se que, em média, ocorreu uma variação da temperatura negativa, ou seja, houve uma queda na temperatura da amostra em torno de $-0,6^{\circ}$. Assim, estatisticamente, não é possível afirmar que houve mudança na temperatura média das cidades contidas na amostra.

Por outro lado, a partir da seleção dos dados estatísticos relacionados às principais fontes de emissão de gases e disponíveis nos principais bancos de dados do país, verificou-se que em todos os parâmetros utilizados na tentativa de operacionalização do sistema de indicadores proposto (APÊNDICE B) apresentaram crescimento significativo nas informações disponíveis, ou seja, embora tais elementos urbanos se apresentem na literatura como condicionantes que elevam ou potencializam a elevação da temperatura, a variação da temperatura esperada não ocorreu na amostra (Tabela 14).

A explicação mais aceitável para essa ocorrência é o fato de que no segundo período de tempo estudado (ano 2000) a temperatura das cidades da amostra tenha sofrido as influências do evento atmosférico La Niña de média intensidade, haja vista que esse evento climático natural favorece a queda da temperatura global/regional e esta pode ter exercido influência no clima urbano de um modo geral e, em especial, nas cidades estudadas.

Tabela 14 – Variação do crescimento dos dados estatísticos disponíveis relacionados aos indicadores propostos

Indicadores	Dados estatísticos disponíveis e trabalhados na pesquisa	Variação percentual de crescimento (1991 – 2000)
Área urbana construída (I_{auc})	Unidades residenciais (número)	+ 27,10
Energia consumida (I_{ec})	Consumo de energia elétrica (<i>per capita</i>)	+ 23,62
	Unidades residenciais com energia (%)	+ 2,58
	Consumo de combustível fóssil per capita (Kg)	+ 15,46
	Renda per capita (R\$)	+ 29,89
População (I_p)	População urbana (hab.)	+ 17,79
Resíduos e esgoto (I_{re})	Resíduos coletados (%)	+ 13,50
	Esgoto coletado (%)	+ 16,59
Atividades econômicas (I_{ae})	PEA urbana (hab.)	+ 32,75
Transporte (I_t)	Frota (número)	+ 42,77

Fonte: autoria própria

As informações dispostas nessa tabela refletem que mesmo que a discussão sobre mudanças climáticas e a necessidade de redução das emissões de gases do efeito estufa estejam tomando caminhos para uma definição de política global, no nível local tais definições políticas ainda não se configuraram em ações para redução de tais emissões, haja vista que muitas das políticas econômicas adotadas têm como principal objetivo o estímulo ao consumo.

Observa-se que em 10 anos o número de veículos no país cresceu mais de 42% em 2000, associado a esse crescimento também houve expansão no consumo de combustíveis fósseis, já que nesse período o setor sucroalcooleiro sofreu forte crise econômica. Além disso, a expansão da renda favoreceu o aumento de unidades residenciais (o setor de construção civil é extremamente significativo por conta das emissões associadas ao uso do cimento) e no aumento do consumo energético *per capita*, já que muitas famílias brasileiras começaram a consumir bens industrializados como os eletrodomésticos (produtos linha branca) e produtos eletrônicos.

Assim, a expansão do crescimento econômico do país favoreceu também a expansão das emissões de gases do efeito estufa, se for considerado a contribuição de cada variável citada. Se for analisado também os dados atuais, ao longo da última década (2001-2010), o

país acelerou seu processo de crescimento econômico, e é fato que tais variáveis também tenham sofrido expansão. Por exemplo, desde a crise econômica financeira dos EUA iniciada em 2008, o Brasil passou a adotar políticas de redução de impostos e ampliação do financiamento do crédito para compra de veículos automotivos. Tal política teve o objetivo de manter o ritmo de crescimento do país, fomentando o consumo de bens industriais. Mesmo que estes bens industriais venham se caracterizando como mais eficientes energeticamente, o impacto causado pela grande quantidade de veículos, especialmente nos grandes centros e regiões metropolitanas, continua a exercer pressão ambiental sobre a qualidade de vida da população, sobre os recursos naturais, e no caso da temática da pesquisa, sobre a composição do clima urbano.

No caso, dessa pesquisa, o período de tempo estudado (1991-2000) não se apresenta como suficiente para determinar se houve mudança climática no nível local, mesmo que os elementos urbanos utilizados, a partir das estatísticas disponíveis, tenham apresentado crescimento expressivo.

Embora a decisão da utilização desse recorte temporal tenha sido consciente, seu emprego se configurou como um problema haja vista que as temperaturas médias das cidades da amostra não apresentaram mudanças significativas para a análise estatística. Por outro lado, a utilização desse recorte temporal propiciou uma maior disponibilidade de dados referentes aos elementos urbanos e que já estavam disponíveis nos principais bancos de dados nacionais. No entanto, essa opção metodológica não se apresenta como adequada já que para estudos climáticos é imprescindível a utilização de séries históricas de temperatura que ampliam o recorte temporal para 30 anos, o que poderá tornar os resultados encontrados mais substanciais.

APÊNDICE B – Estatísticas disponíveis e utilizadas na pesquisa

Cidade	População		% dom.c/energia	
	Pop urbana 1991	Pop Urbana 2000	1991	2000
São Paulo / SP	9.416.228	9.813.187	99,92	99,91
Salvador / BA	2.073.510	2.442.102	99,49	99,80
Belo Horizonte / MG	2.013.257	2.238.526	99,62	99,83
Brasília / DF	1.515.889	1.961.499	98,29	99,68
Curitiba / PR	1.315.035	1.587.315	98,49	99,91
Recife /PE	1.297.876	1.422.905	99,77	99,92
Manaus / AM	1.006.585	1.396.768	99,23	99,00
Porto Alegre / RS	1.236.024	1.320.739	99,46	99,84
Belém / PA	851.519	1.272.354	98,97	99,46
Goiania / GO	912.189	1.085.806	99,69	99,89
Guarulhos / SP	776.795	1.049.668	99,75	99,88
São Luís / MA	222.190	837.584	99,06	99,68
Natal / RN	606.887	712.317	98,28	99,69
João Pessoa / PB	497.600	597.934	99,17	99,88
Aracaju / SE	402.341	461.534	98,46	99,73
Juiz de Fora / MG	381.530	453.002	98,51	99,64
Londrina / PR	359.818	433.369	99,21	99,50
Campos dos Goytacazes / RJ	317.981	364.177	94,23	98,51
Caxias do Sul / RS	264.775	333.391	98,67	99,75
Montes Claros / MG	227.759	289.183	93,37	98,40
Maringá / PR	234.079	283.978	99,85	99,94
Franca / SP	227.854	282.203	99,81	99,85
Macapá / AP	140.136	270.628	93,72	98,70
Uberaba / MG	200.705	244.171	99,27	99,55
Santa Maria / RS	194.536	230.696	97,66	99,31
Imperatriz / MA	210.051	218.673	96,04	99,25
Petrolina / PE	124.240	166.279	87,41	96,97
São Carlos / SP	148.408	183.433	99,82	99,94
Presidente Prudente / SP	160.227	185.229	98,92	99,79
Rio Grande / RS	165.025	179.208	98,30	99,02
Passo Fundo / RS	135.561	163.764	95,83	99,49
Marabá / PA	102.435	134.373	83,93	87,78
Lages / SC	136.384	153.582	96,99	99,16
Barreiras / BA	70.870	115.784	81,27	91,26
Paranagua / PR	85.115	122.347	96,91	99,23
Uruguaiana / RS	104.405	118.538	95,99	97,99
Patos de Minas / MG	87.403	111.333	95,19	99,58
Bage / RS	90.240	97.290	95,94	98,74
Barbacena / MG	83.319	103.669	94,80	99,34
Linhares / ES	78.345	92.917	94,46	98,40
Catanduva / SP	88.011	104.268	99,39	99,89
Resende / RJ	72.757	95.963	98,42	98,79

Cidade	Frota (número)		Domicílios (número)	
	1991	2001	1991	2000
São Paulo / SP	3.040.072	4.027.184	2.540.656	2.985.977
Salvador / BA	233.267	352.606	478.128	651.293
Belo Horizonte / MG	454.270	706.480	500.062	628.447
Brasília / DF	424.206	645.133	377.718	547.656
Curitiba / PR	479.179	733.192	350.698	471.163
Recife / PE	188.015	288.020	306.071	376.022
Manaus / AM	137.710	185.647	205.899	326.852
Porto Alegre / RS	348.179	481.914	379.855	440.557
Belém / PA	75.346	145.237	256.085	296.352
Goiania / GO	309.458	482.260	233.683	313.708
Guarulhos / SP	160.017	211.974	192.794	289.979
São Luís / MA	56.418	99.759	140.683	202.231
Natal / RN	97.028	144.291	134.497	177.783
João Pessoa / PB	60.552	107.129	109.971	151.865
Aracaju / SE	86.820	155.278	90.176	116.689
Juiz de Fora / MG	66.525	103.459	100.388	132.465
Londrina / PR	109.867	168.107	99.920	127.692
Campos dos Goytacazes / RJ	63.111	69.959	95.753	112.037
Caxias do Sul / RS	94.855	131.289	80.023	109.396
Montes Claros / MG	40.570	63.095	54.244	75.676
Maringá / PR	79.893	122.245	62.647	84.208
Franca / SP	74.154	98.232	58.722	80.655
Macapá / AP	14.407	29.122	33.290	60.400
Uberaba / MG	54.549	84.835	55.020	72.546
Santa Maria / RS	46.172	63.906	59.201	72.515
Imperatriz / MA	17.460	30.873	56.104	54.354
Petrolina / PE	16.461	25.216	35.547	50.596
São Carlos / SP	52.475	69.514	40.641	55.366
Presidente Prudente / SP	50.336	66.680	42.949	55.178
Rio Grande / RS	30.154	41.737	49.409	56.818
Passo Fundo / RS	32.648	45.188	39.184	49.598
Marabá / PA	7.595	14.061	24.963	37.919
Lages / SC	23.333	40.076	36.894	43.063
Barreiras / BA	10.700	16.174	18.160	31.464
Paranagua / PR	14.032	21.470	26.251	34.530
Uruguaiana / RS	19.649	27.196	29.781	34.558
Patos de Minas / MG	22.286	34.659	25.607	35.335
Bage / RS	19.981	27.656	31.735	35.119
Barbacena / MG	16.611	25.833	23.733	30.846
Linhares / ES	13.404	19.700	26.588	28.957
Catanduva / SP	34.588	45.819	25.043	31.482
Resende / RJ	19.037	21.103	23.124	29.399
Fonte	DENATRAN		IPEADATA	

Cidade	Renda per capita		Resíduos (% coletado)		Esgoto (% coletado)	
	1991	2000	1991	2000	1991	2000
São Paulo / SP	536,28	610,04	98,51	99,33	85,0	90,9
Salvador / BA	289,30	341,32	77,73	93,23	63,5	83,4
Belo Horizonte / MG	414,94	557,44	85,42	98,39	81,9	93,3
Brasília / DF	472,24	605,41	98,36	98,29	83,1	89,7
Curitiba / PR	451,00	619,82	97,48	99,48	82,4	92,9
Recife / PE	303,12	392,46	81,63	96,04	47,7	58,1
Manaus / AM	276,90	262,40	78,06	91,30	45,3	69,3
Porto Alegre / RS	525,21	709,88	96,99	99,32	84,5	92,3
Belém / PA	271,04	313,93	84,63	95,95	59,8	75,1
Goiania / GO	359,20	508,30	93,42	99,06	68,3	80,1
Guarulhos / SP	322,18	343,91	92,09	98,34	68,4	83,0
São Luís / MA	189,45	252,13	64,97	75,91	56,6	52,4
Natal / RN	256,35	339,92	89,10	97,23	78,9	71,9
João Pessoa / PB	247,55	334,69	84,32	94,47	71,2	60,1
Aracaju / SE	263,00	352,74	82,18	96,09	69,8	83,5
Juiz de Fora / MG	311,64	419,40	90,29	98,62	91,4	94,2
Londrina / PR	330,87	439,35	96,29	98,17	82,5	76,7
Campos dos Goytacazes / RJ	190,56	247,20	78,09	92,98	46,8	61,7
Caxias do Sul / RS	379,36	490,65	95,14	98,96	81,6	90,1
Montes Claros / MG	168,40	245,43	75,80	96,33	64,7	86,6
Maringá / PR	327,08	465,37	96,79	99,40	40,4	69,9
Franca / SP	333,88	359,60	98,88	99,78	94,1	98,0
Macapá / AP	233,51	253,69	79,03	83,64	20,9	31,9
Uberaba / MG	279,32	400,40	95,85	99,15	89,0	95,3
Santa Maria / RS	319,36	429,25	83,48	97,46	76,5	80,0
Imperatriz / MA	140,04	193,11	43,04	89,35	45,4	64,7
Petrolina / PE	149,60	201,23	88,77	92,64	54,4	72,9
São Carlos / SP	400,08	456,25	97,10	99,69	95,0	97,0
Presidente Prudente / SP	370,02	482,62	92,82	98,78	75,4	96,1
Rio Grande / RS	235,17	318,37	90,34	98,51	73,1	87,4
Passo Fundo / RS	286,59	405,65	83,80	98,63	22,3	43,9
Marabá / PA	132,00	188,59	43,10	66,21	26,0	33,0
Lages / SC	216,95	335,45	76,00	96,77	67,8	77,4
Barreiras / BA	166,98	229,24	43,76	86,28	2,8	41,2
Paranagua / PR	227,36	305,36	83,39	96,57	67,3	83,6
Uruguaiana / RS	238,63	290,12	89,25	96,86	61,5	85,9
Patos de Minas / MG	225,42	306,03	75,08	97,50	83,4	88,8
Bage / RS	228,95	295,20	93,92	98,08	67,3	81,1
Barbacena / MG	193,40	284,79	70,65	95,39	88,1	86,2
Linhares / ES	160,04	258,48	64,47	92,86	39,5	54,6
Catanduva / SP	335,40	385,10	97,38	99,41	89,2	97,4
Resende / RJ	247,74	365,45	96,58	99,35	91,0	94,2
Fonte	IPEADATA		IPEADATA		IPEADATA/SNIC	

Cidade	PEA URBANA		Cons. Energia elétrica (per capita nacional)	
	1991	2000	1991 (36,4 Gj/hab.)	2000 (45 Gj/hab.)
São Paulo / SP	4.362.664	5.060.128	351.242.492	469.541.340
Salvador / BA	867.774	1.241.653	75.612.118	109.939.815
Belo Horizonte / MG	928.676	1.167.192	73.533.860	100.733.670
Brasília / DF	668.402	988.619	58.279.822	92.301.570
Curitiba / PR	602.545	828.717	47.867.274	71.429.175
Recife / PE	509.245	648.964	47.693.428	64.030.725
Manaus / AM	382.613	611.310	36.818.636	63.262.575
Porto Alegre / RS	576.988	686.116	45.569.087	61.226.550
Belém / PA	324.514	565.323	39.493.854	57.627.630
Goiania / GO	418.734	570.692	33.481.557	49.181.315
Guarulhos / SP	334.302	516.412	28.637.336	48.272.265
São Luís / MA	90.086	373.319	24.258.161	39.151.260
Natal / RN	237.595	318.820	22.106.812	32.054.265
João Pessoa / PB	194.385	273.075	18.112.640	26.907.030
Aracaju / SE	163.225	211.380	14.645.212	20.769.030
Juiz de Fora / MG	163.434	214.226	14.105.837	20.555.820
Londrina / PR	170.071	224.426	13.783.770	20.117.925
Campos dos Goytacazes / RJ	129.005	163.820	13.696.956	18.314.505
Caxias do Sul / RS	130.407	179.906	10.589.670	16.218.855
Montes Claros / MG	91.722	138.518	9.102.257	13.812.615
Maringá / PR	111.485	149.187	8.746.629	12.989.385
Franca / SP	111.483	147.268	8.484.767	12.948.165
Macapá / AP	51.895	111.754	6.130.270	27.748.860
Uberaba / MG	88.501	126.408	7.592.494	11.342.295
Santa Maria / RS	79.691	106.791	7.568.725	10.962.495
Imperatriz / MA	72.184	94.207	8.190.182	10.375.470
Petrolina / PE	45.857	72.913	5.911.433	9.834.210
São Carlos / SP	66.869	92.187	5.759.244	8.684.910
Presidente Prudente / SP	74.138	95.512	6.023.618	8.513.370
Rio Grande / RS	66.501	77.760	6.276.161	8.394.480
Passo Fundo / RS	59.432	81.582	5.127.923	7.580.610
Marabá / PA	34.954	55.550	4.501.515	7.560.900
Lages / SC	53.871	69.427	5.187.874	7.095.690
Barreiras / BA	27.093	52.371	3.372.096	5.933.205
Paranagua / PR	35.650	50.632	3.523.083	5.730.255
Uruguaiana / RS	43.430	54.963	4.119.534	5.712.120
Patos de Minas / MG	40.190	54.191	3.747.234	5.574.645
Bage / RS	36.393	43.345	3.941.210	5.344.515
Barbacena / MG	33.392	45.472	3.638.326	5.135.670
Linhares / ES	34.610	44.912	3.687.284	5.067.765
Catanduva / SP	40.745	51.839	3.304.356	4.763.115
Resende / RJ	31.125	46.905	3.080.714	4.704.705
Fonte	IPEADATA.....		BEN	

Cidade	Cons. Combustível fóssil (per capita nacional)		Área do município (ha)	
	1991 (939,26kgep/hab.)	2000 (1.084,48 Kgep/hab.)	1991	2000
São Paulo / SP	9.063.407.216	11.315.727.609	1.528,5	1.525,0
Salvador / BA	1.915.083.471	2.649.500.679	709,5	324,5
Belo Horizonte / MG	1.897.456.421	2.427.636.676	331,9	330,9
Brasília / DF	1.503.843.550	2.224.426.814	5.822,1	5.801,9
Curitiba / PR	1.235.159.774	1.721.411.371	430,9	430,0
Recife / PE	1.230.673.868	1.543.112.014	218,7	217,8
Manaus / AM	950.062.429	1.524.599.941	11.458,5	11.407,7
Porto Alegre / RS	1.175.857.715	1.475.532.643	502,5	495,5
Belém / PA	1.019.093.343	1.388.800.271	1.089,1	1.065,3
Goiania / GO	863.952.951	1.185.344.231	789,7	740,5
Guarulhos / SP	738.953.412	1.163.340.132	317,9	317,1
São Luís / MA	625.953.860	943.527.965	831,7	828,0
Natal / RN	570.440.776	772.493.540	169,9	169,1
João Pessoa / PB	467.375.776	648.447.464	210,8	209,9
Aracaju / SE	377.902.808	500.524.392	181,8	181,1
Juiz de Fora / MG	363.984.853	495.386.126	1.442,9	1.439,1
Londrina / PR	355.674.281	484.833.051	2.137,7	1.724,7
Campos Goytacazes / RJ	353.434.145	441.371.431	4.554,1	4.027,2
Caxias do Sul / RS	273.254.216	390.867.197	1.602,8	1.586,3
Montes Claros / MG	234.873.234	332.877.883	3.594,1	3.582,0
Maringá / PR	225.696.664	313.038.405	490,9	489,8
Franca / SP	218.939.627	312.045.022	609,0	607,3
Macapá / AP	158.184.534	307.241.860	31.668,7	6.533,1
Uberaba / MG	195.915.547	273.344.268	4.634,4	4.516,3
Santa Maria / RS	195.302.210	264.191.257	3.264,0	1.823,1
Imperatriz / MA	211.338.196	250.044.216	6.075,1	1.531,4
Petrolina / PE	152.537.703	237.000.090	6.148,9	4.737,1
São Carlos / SP	148.610.656	209.302.471	1.143,9	1.140,9
Presidente Prudente / SP	155.432.502	205.168.433	563,6	562,1
Rio Grande / RS	161.949.088	202.303.237	2.835,8	2.834,0
Passo Fundo / RS	132.320.131	182.689.332	1.590,3	758,3
Marabá / PA	116.156.406	182.214.330	15.157,9	15.092,3
Lages / SC	133.867.092	171.002.975	5.297,3	2.647,4
Barreiras / BA	87.013.046	142.987.604	11.979,5	11.933,1
Paranagua / PR	90.909.097	138.096.599	1.024,9	805,5
Uruguaiana / RS	106.299.811	137.659.553	6.769,1	5.707,0
Patos de Minas / MG	96.693.060	134.346.467	3.198,9	3.188,9
Bage / RS	101.698.377	128.800.436	7.195,1	5.669,3
Barbacena / MG	93.882.794	123.767.364	790,1	788,0
Linhares / ES	95.146.099	122.130.884	4.407,4	3.449,9
Catanduva / SP	85.265.084	114.788.955	386,0	292,2
Resende / RJ	79.494.270	113.381.300	1.167,0	1.113,4
Fonte	WORLD BANK	 IPEADATA	