

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO

DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO

**TRANSIÇÃO PARA O BAIXO CARBONO: O CASO ECONÔMICO PARA A  
CIDADE DO RIO DE JANEIRO**

GUSTAVO TASSARA PAMPLONA

1510711

ORIENTADOR: PROF. SÉRGIO BESSERMAN VIANNA

JULHO DE 2021

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO  
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO

**TRANSIÇÃO PARA O BAIXO CARBONO: O CASO ECONÔMICO PARA A  
CIDADE DO RIO DE JANEIRO**

GUSTAVO TASSARA PAMPLONA

1510711

ORIENTADOR: PROF. SÉRGIO BESSERMAN VIANNA

**Declaro que o presente trabalho é de minha autoria e que não recorri para realizá-lo, a nenhuma forma de ajuda externa, exceto quando autorizado pelo professor tutor.**

Gustavo Tassara Pamplona

JULHO DE 2021

**As opiniões expressas neste trabalho são de responsabilidade única e exclusiva do autor.**

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador, Sérgio Besserman, pelo carinho e pelo suporte durante a elaboração deste trabalho.

Ao Departamento de Economia da PUC-Rio e seu corpo docente, pela pluralidade de ideias, pela excelência acadêmica e por me formar como economista.

Aos meus amigos da faculdade, pela companhia e parceria durante a jornada.

A minha irmã, Paula, por estar sempre ao meu lado.

A Manuela, pelo seu amor incondicional, pelo seu carinho e pela sua companhia nos momentos mais difíceis.

Ao meu pai, Thomé, por deixar tudo mais leve e não me deixar desistir.

A minha mãe, Patrícia, por ser meu exemplo de dedicação e pelo investimento na minha formação como pessoa.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>Introdução.....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>Motivação.....</b>	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>Cidade do Rio de Janeiro.....</b>	<b>19</b>
<b>3.1</b>	<b>Riscos Climáticos Identificados na Cidade.....</b>	<b>19</b>
<b>3.1.1</b>	<b>Elevação do Nível do Mar.....</b>	<b>21</b>
<b>3.1.2</b>	<b>Aumento de Temperaturas e Enchentes.....</b>	<b>22</b>
<b>3.1.3</b>	<b>Deslizamento de Terra.....</b>	<b>24</b>
<b>3.2</b>	<b>Área de Atuação.....</b>	<b>25</b>
<b>4</b>	<b>Inventário e Cenário Atual de Emissões de Gases de Efeito Estuda da Cidade do Rio de Janeiro.....</b>	<b>27</b>
<b>4.1</b>	<b>Categorização em Escopos.....</b>	<b>28</b>
<b>4.2</b>	<b>Setores de Emissão.....</b>	<b>28</b>
<b>4.2.1</b>	<b>Energia Estacionária.....</b>	<b>28</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Transportes.....</b>	<b>29</b>
<b>4.2.3</b>	<b>Resíduos.....</b>	<b>30</b>
<b>4.2.4</b>	<b>PPU.....</b>	<b>30</b>
<b>4.2.5</b>	<b>AFOLU.....</b>	<b>31</b>
<b>5</b>	<b>Metodologia.....</b>	<b>32</b>
<b>6</b>	<b>Resultados.....</b>	<b>35</b>
<b>6.1</b>	<b>Cenário <i>Business as Usual</i>.....</b>	<b>36</b>
<b>6.1.1</b>	<b>Emissões Totais.....</b>	<b>36</b>
<b>6.1.2</b>	<b>Emissões por Setor.....</b>	<b>36</b>
<b>6.2</b>	<b>Discussão dos Resultados.....</b>	<b>39</b>
<b>6.3</b>	<b>Comparação com Outras Projeções.....</b>	<b>39</b>
<b>7</b>	<b>Conclusão.....</b>	<b>40</b>
<b>8</b>	<b>Referências Bibliográficas.....</b>	<b>41</b>



## 1- INTRODUÇÃO

O antigo e persistente movimento de urbanização observado ao redor do mundo é um tema seminal nos estudos das ciências sociais durante as últimas décadas. Esta reorganização é fundamental para entender os caminhos que foram se desenhando para a humanidade seguir o seu desenvolvimento comunitário e espacial. De maneira natural, o segmento das ciências humanitárias se responsabilizou em diagnosticar os principais desdobramentos da vida urbana e como suas estruturas transformariam a trajetória da vida humana na Terra.

O planeta Terra é moldado, acima de tudo, por perspectivas humanas. O homo sapiens sobreviveu aos testes da seleção natural e alcançou um estágio de desenvolvimento intelectual e hierárquico em relação às demais espécies presentes nos continentes e oceanos. O histórico de ascensão da raça humana foi detalhadamente registrado pelo conjunto de povos e tribos que protagonizaram, cada um à sua maneira, a expansão das possibilidades do homem – o resultado da sociedade humana atual pode ser visto como uma composição de seus antepassados e suas evoluções, e suas características foram sendo moldadas a partir das interações ocorridas nesta trajetória do homo sapiens.

Entender mudanças climáticas, biofísicas e os componentes de ecossistemas terrestres é propor um olhar sob as lentes da perspectiva humana destas alterações. Ao longo desta breve história de estudos sobre a vida social em cidades, foram surgindo desafios inéditos que propuseram, e ainda propõem, restrições para a dinâmica aglutinadora do ser humano em espaços urbanizados. A sucessão de soluções para o convívio mais harmonioso em cidades tem sido o grande *case de sucesso* humano na sua projeção ao longo da história.

A locomotiva desta migração sempre foi interesse de economistas e parece indicar um forte fundamento econômico. A partir de dados do relatório “Cities in the World: A New Perspective on Urbanisation” da OCDE e de artigos econômicos como: Chauvin, J. et al. (2017) e Combes, P. et al. (2019), observamos que, em geral, as cidades oferecem maior bem estar, traduzido em maior renda, maiores oportunidades de emprego e maior provisão, além de maior acesso a tecnologias do que a realidade rural. Esta diferença de qualidade de vida entre cidades e áreas rurais é ainda mais preeminente em países em desenvolvimento, como o Brasil e o restante da América Latina.

Ainda neste relatório da OCDE, é encontrada uma relação positiva entre desenvolvimento econômico e urbanização. Ou seja, o caminho encontrado por países ricos e o caminho que países subdesenvolvidos almejam seguir é concentrar as suas distribuições

populacionais em cidades. Em 2007, segundo dados da Nações Unidas (SDG Report, 2019), pela primeira vez na história mais da metade da população mundial estava morando em zonas urbanas, com uma projeção de que em 2050 sejam mais de 7 bilhões de habitantes vivendo nas cidades (cerca de 66% da população mundial).

No entanto, os recursos utilizados para financiar esta rápida migração demográfica em direção à cidade estão se esgotando. Tanto em nível local, com colapsos de infraestrutura e saúde nas cidades superpopuladas, quanto no nível agregado do planeta, com as mudanças climáticas ao redor do mundo. As matrizes energéticas, a utilização do solo e os processos industriais se combinam em uma função de produção de três fatores que fundamentam o desenvolvimento econômico nas sociedades modernas. Sob estas três frentes, à luz de um conjunto de diligências científicas, temos noticiado uma preocupação com mudanças climáticas no planeta Terra e suas consequências sobre os seres vivos, temas que ganham espaço dentro do escopo da perspectiva humana de maneira mais contundente e significativa.

Os resíduos protagonistas do rastro de desenvolvimento e industrialização humana na sua recente trajetória no planeta Terra são os gases de efeito estufa (GEEs), com destaque ainda mais significativo no dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Segundo o IPCC, o CO<sub>2</sub> é o gás que mais contribui com as mudanças climáticas registradas no planeta (aproximadamente 78% do total). Em companhia com o gás metano (CH<sub>4</sub>), estes gases são emitidos na atmosfera e absorvem parte da radiação refletida pela superfície da Terra, impedindo que a radiação escape para o espaço e aquecendo a temperatura média no globo. Apesar de muitos avanços, a resolução deste problema derivado dos gases de efeito estufa é o desafio das próximas gerações.

É impossível deixar “fora do quadro” as consequências do desenvolvimento humano quando grandes cidades cosmopolitas enfrentam riscos de serem submersas ou quando há iminência de crise hídrica - e possivelmente humanitária - em regiões que jamais passaram por colapsos desta natureza. Até na perspectiva dos próprios humanos, há uma seletividade na urgência de endereçar correções e medidas combativas - vemos isso no desequilíbrio da mobilização de países com maior exposição a risco por fatores de caráter climático e países que têm uma blindagem melhor contra estes riscos. O fato de que a visão sobre a degradação dos ambientes terrestres está cada vez mais ampliada permitiu abranger, por exemplo, empatia e sensibilidade com os derrotados em uma suposta guerra darwiniana: as tartarugas sufocadas por toneladas de plásticos dos oceanos ganharam defensores, o desespero e a magreza dos ursos polares promoveu uma onda de comoção e árvores ganharam abraços e mobilização



para sua proteção. No entanto, é preciso conhecer o caminho da conscientização e suas etapas para entender a situação atual de compreensão e possíveis soluções para os desafios futuros.

Este trabalho busca contribuir para a literatura ainda pouco desenvolvida de estudos de impacto das cidades na redução de emissão de gases de efeito estufa. É possível se basear em relatórios focados na avaliação de investimentos de baixo carbono na infraestrutura (Kennedy and Corfee-Morlot, 2013) e, de maneira geral, em estudos que estimam o desenvolvimento econômico a partir de uma economia de baixo carbono. No entanto, há ainda uma lacuna em projetos que associam cidades com emissões de gases de efeito estufa. E apesar da importância do corpo de pesquisa de estratégias globais e nacionais no combate à mudança climática, é necessário evoluir em busca de ação mais local e mais presente na política do cotidiano.

## 2 - MOTIVAÇÃO

O conceito de crescimento, ou desenvolvimento, sustentável é recente na história humana, de maneira que apenas nos últimos 70 anos foram iniciados estudos relevantes para a identificação e o entendimento dos efeitos das ações humanas sobre o planeta – vale notar que no restante do passado histórico dos seres humanos nunca houve esta preocupação.

A locomotiva que carrega este progresso está nas mãos de físicos, biólogos, químicos e outras subdivisões das ciências naturais, que possuem melhores condições de distanciamento do antropocentrismo exacerbado no escopo de seus respectivos conhecimentos e descobertas científicas. Contudo, por mais que a origem do conhecimento esteja em mentes naturalmente curiosas e conscientes dos limites do homem e da Terra, o poder decisório de utilizar as melhores informações acerca das interferências degradantes da raça humana nos diversos ecossistemas sempre esteve controlado por interesses políticos e econômicos – não de forma maquiavélica, mas em prol de um desenvolvimento econômico das sociedades.

A ciência econômica tem lugar de destaque nas decisões que pautaram as vias de desenvolvimento humano escolhidas através de diferentes versões e atualizações de modelagens econômicas e suas alocações de recursos. Sob a ótica do *mainstream* da teoria econômica, foi criada a primeira corrente a discutir caminhos mais sustentáveis para o crescimento econômico, a sustentabilidade fraca. O mote desta facção está na infinitude do mundo que conhecemos, ou seja, não existe limite para o crescimento econômico dado que qualquer possível escassez de bens (recursos naturais), ou alguma falha de mercado seria solucionada a partir de mecanismos de mercado, pautando-se nas leis de oferta e demanda e da capacidade tecnológica e humana de desenvolver bens substitutos. Um mundo com retornos crescentes de escala na produção. Talvez, o caráter incipiente deste movimento tenha promovido erros graves em suas conclusões, principalmente na questão da possibilidade de substituição de recursos naturais que eram formados por milhares de anos e consumidos em um ritmo bem mais acelerado, criando uma incoerência temporal no cerne da sua argumentação.

Em sequência à sustentabilidade fraca, temos a sustentabilidade forte, que determina fronteiras para o sistema econômico a partir do meio ambiente. No entanto, ela afirma que o desenvolvimento do capital humano será capaz de expandir constantemente estas fronteiras: otimização de recursos naturais e busca por complementariedade em recursos naturais mais abrangentes na natureza. Esta corrente propõe que o governo assuma o papel de interventor e delimitador do sistema econômico a partir das condições naturais, e é neste momento que se

iniciam o arcabouço de taxas sobre poluição, multas para níveis de degradação e um mercado de externalidades a partir de modelos microeconômicos de equilíbrio geral.

A corrente mais sofisticada de precaução dos limites naturais seria a dos chamados economistas ecológicos, que pauta sua perspectiva na finitude dos recursos e da demarcação definitiva de limites globais para o sistema econômico. É introduzida a discussão da irreversibilidade das ações humanas a partir do conceito físico da Lei da Entropia, em que a termodinâmica mensura o grau de energia utilizado em alguma mudança física e a sua incapacidade de conversão perfeita ao estado original (impossível recuperar a energia gasta em uma transformação termodinâmica). Isto implica na redefinição da ótica de otimizar o máximo possível o uso dos recursos naturais, visto que qualquer efeito nocivo é impossível de se recuperar ou o anular na mesma magnitude. Este ponto de vista é o único que propõe uma modificação no ritmo do desenvolvimento do sistema econômico em prol da contenção do próprio sistema dentro dos limites estabelecidos. O foco desvia da incessante espiral de crescimento para um caminho pautado por bandas e limites naturais que são essenciais para um futuro de médio e longo prazo para a humanidade no planeta Terra.

Ao observar a situação presente de estresse dos limites adequados para manutenção de ecossistemas e os picos em níveis climáticos atuais, concluímos que o tardio desenvolver da ecologia e das correntes de sustentabilidade são causas de muitas preocupações para as futuras gerações. Como de costume, os economistas e grande parte da academia em outros campos levam mais tempo para concluir uma observação sobre qualquer tópico observado – o campo da pesquisa possui o ônus do processo científico de teste de hipóteses e de observações controladas para concluir entendimentos sobre determinados assuntos – e, com isto, pode ser que a urgência para mudanças seja maior. Além disso, assume uma tendência de incógnita sobre o ritmo e os efeitos das mudanças climáticas, da perda de biodiversidade e do grau de interferência humana neste processo.

Em pleno século XXI ainda temos um desconhecimento profundo sobre o conceito de um desenvolvimento sustentável, principalmente por seus defensores e outros ativistas ambientalistas. É necessário preencher o vazio conceitual e teórico deste termo para que o debate seja mais rico. Talvez a estratégia oposta venha a ser mais eficiente, ou seja, mostrar que o ritmo atual das mudanças climáticas, ambientais e transformações do nosso planeta sejam insustentáveis, invés de desenvolver uma estrutura acerca de conceitos sustentáveis com o intuito de convencimento para os seus argumentos. O debate na arena política nos dias atuais contamina tudo ao seu redor, e impossibilita que as soluções para o aquecimento do planeta sejam minimamente apresentadas e devidamente testadas. Este fervor contra

produtivo é observado globalmente em todos os países com regimes democráticos e a sua capacidade de destruir qualquer nova narrativa no campo das ideias representa um empecilho para abrangência do movimento sustentável.

Retornando ao ponto dos esforços no campo das ciências naturais para se aprofundar nestas questões abordadas, mais especificamente sobre o aquecimento do planeta, níveis de carbono na atmosfera, consequências do aumento do nível dos oceanos e os impactos nos ecossistemas espalhados pelo globo, temos o desafio dos *policy makers* assumirem bandeiras e posições coerentes com os descobrimentos científicos recentes sobre os impactos humanos na natureza. Ademais, estamos reféns da criatividade de um instrumental econômico que sirva como ferramenta para alcançar o objetivo de um futuro mais sustentável, já que a teoria econômica vigente no *mainstream* possui algumas ferramentas para solucionar falhas de mercados, mas não existe uma consolidação conceitual de que há uma delimitação explícita dos recursos encontrados na natureza e das suas alocações dentro do sistema econômico.

Agendas econômicas que acreditam na imprescindibilidade do crescimento ainda são maioria dentro do universo acadêmico nas ciências econômicas e o forte lobby empresarial, com um *funding* exuberante de grandes empresas de combustíveis fósseis e do agronegócio, alimentam incessantes debates vazios com ares ideológicos e propositalmente divididos. Estes e outros obstáculos ainda fazem parte de uma realidade que impede um esforço coletivo para lidar com o maior desafio já apresentado para a sociedade humana. Principalmente em um período com iminentes guerras comerciais, tensões geopolíticas e disputas ideológicas nacionais, a coletividade necessária para lidar com uma agenda global e abrangente para o futuro do planeta para as próximas gerações parece estar muito longe de ser alcançada.

Alguma esperança há de se extrair de exemplos passados em que falhas de mercado na ótica da sustentabilidade foram equacionadas através de um arcabouço neoclássico de equilíbrio geral de preços relativos e com um sistema de cotas desenhado para incentivar uma menor atuação degradante na natureza. O dimensionamento destas falhas resolvidas no passado é relevante, visto que os obstáculos citados no parágrafo anterior são minimizados por estarem contidos em um âmbito local ou regional – onde há um sentimento de coletividade maior, há uma maior preocupação com o futuro do lugar por motivos identitários e há uma legislação mais fácil de ser implementada.

O entendimento de que encontrar uma solução global para reduzir drasticamente os impactos antropogênicos sobre o meio ambiente é o maior desafio da história da humanidade nos impede de traçar paralelos para mimetizar ou se inspirar em sucessos passados. Tudo indica que o caminho institucional entre um coletivo de Estados nacionais seja o mais

promissor para superar falhas de mercado globais em que uma governança global unificada consiga reger proativamente uma trajetória de combate, de legislação e promoção de incentivos (arcabouços da teoria neoclássica comentada anteriormente) para a crise ambiental e climática que o planeta está a sofrer. E que consiga também um alinhamento com os interesses regionais, de maneira que as políticas adotadas tenham um impacto imediato para poder transmitir um poder conscientizador e de convencimento para os *policy makers* regionais e continuar com um comprometimento com a causa maior em todos níveis de governança, não restringindo aos interesses políticos locais. É possível enxergar essa rede de coordenação mundial em volta dos temas de desenvolvimento sustentável, menos por parte das instituições tradicionais (apesar de alguns partidos utilizarem a bandeira “verde” e líderes religiosos terem se atentado recentemente às causas ambientais) e mais por coletivos da sociedade civil (ONGs e Fundações), organizados genuinamente em diversos lugares do planeta e com uma maior segurança científica em seus argumentos.

Em suma, o que está em jogo é a possibilidade de abandonarmos os antolhos que vestimos há séculos em função de um antropocentrismo irresponsável, e criarmos, pela primeira vez, uma história que possa ser um legado para as futuras gerações replicarem. Um legado tão potente e significativo que poderá tanto estender o tempo em que a humanidade habite neste planeta, quanto transmitir um sinal de superação e de cooperação de uma coletividade que até então era inexistente. O altruísmo de sacrificar um crescimento presente para colher uma maior preservação do meio ambiente no futuro é similar ao ato de poupar, onde sacrificamos consumo presente para obter uma renda futura. Pensando na teoria econômica, seria interessante que nós tenhamos incentivos de sacrificar uma perspectiva antropocêntrica para uma obter uma coletividade no futuro.

### **3 - CIDADE DO RIO DE JANEIRO**

A Cidade do Rio de Janeiro é o lar de uma abundância ambiental. Arranjado entre encostas rodeadas pelas ricas florestas de mata atlântica, o Rio é a cidade onde as condições urbana e ambiental existem juntas de forma amigável. Com o objetivo principal de ser uma cidade moderna com elevada preocupação climática, o Rio de Janeiro está concentrado em propostas viáveis de uma transição para uma economia de baixa emissão de carbono.

Durante os últimos anos, o Rio tem encontrado uma economia em declínio e uma trajetória de desintegração de sua qualidade ecológica. Na frente climática, a preocupação tem desmembramentos em parâmetros de desenvolvimento, visto que a mudança do clima no planeta atinge os principais fatores de qualidade de vida e desigualdade da população carioca. O caráter econômico de um futuro climático com maiores temperaturas, tempestades, doenças, desastres florestais e enchentes é duplamente grave para uma cidade com baixo índice de infraestrutura.

Além disso, a alta desigualdade do Rio de Janeiro tenderá a subir, visto que os efeitos das mudanças climáticas afetam desproporcionalmente, de forma mais acentuada, populações pobres, que possuem maior vulnerabilidade habitacional e socioeconômicas, assim como menor capacidade de adaptação à mudanças estruturais ao seu redor (Leichenko, R. and Silva, J.A., 2014). Por isso, prefeituras ao redor do mundo procuram intervir com políticas públicas para proteger as suas populações, mitigar os efeitos de mudanças no clima e integrar ações executivas e legislativas no desenvolvimento econômico alinhado a uma nova perspectiva climática.

Este trabalho busca contribuir na adição de novas perspectivas sobre a situação climática que a cidade está inserida e também sobre a direção dos ajustes ambientais viáveis que podem ser executados para administrações futuras da cidade.

#### **3.1 – RISCOS CLIMÁTICOS IDENTIFICADOS NA CIDADE**

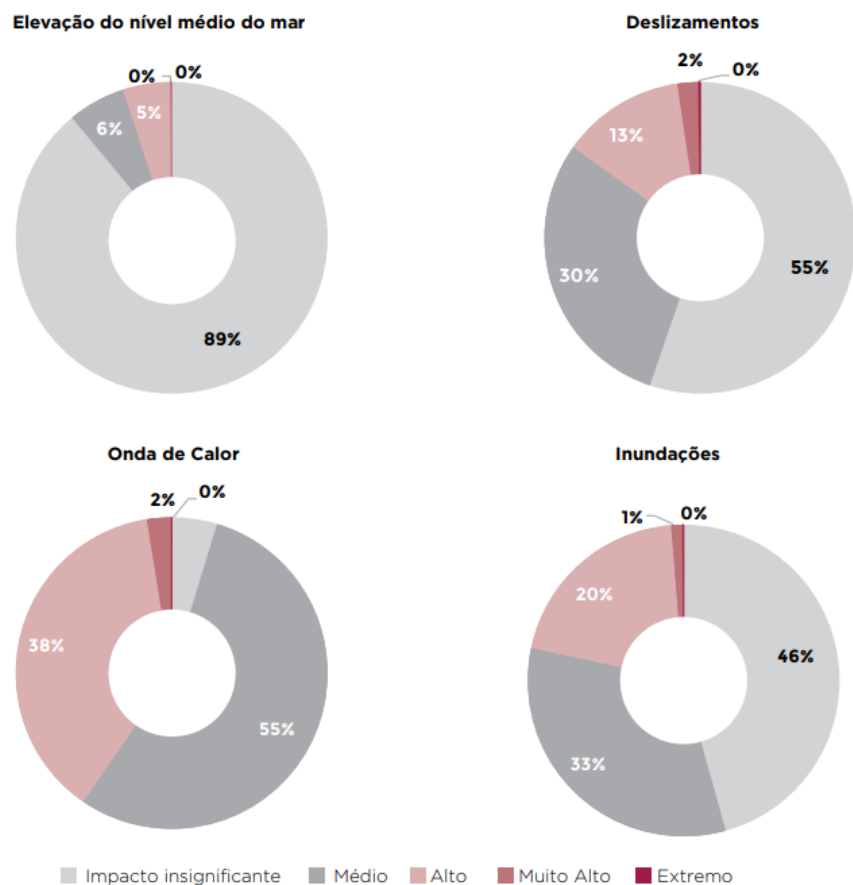
O IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), braço das ONU para instigar a comunidade científica em assuntos relacionados às mudanças climáticas, desenvolveu uma iniciativa chamada CitiesIPCC para canalizar esforços municipais em diagnosticar e mitigar os efeitos da atividade humana no ecossistema das cidades ao redor do mundo. Com um foco nos prefeitos e em outros *policymakers*, o CitiesIPCC reúne em seus relatórios e conferências

políticas públicas locais que visam combater os principais problemas que as cidades estão sofrendo na frente ambiental e climática.

Este trabalho se pauta a partir da condição do IPCC representar um termômetro da literatura internacional, porque busca identificar um consenso na comunidade científica sobre temas consolidados nas mudanças climáticas, e também se apoia em materiais desenvolvidos pela prefeitura da cidade do Rio de Janeiro e a COPPE/UFRJ, para listar as principais ameaças que o Rio de Janeiro está exposto no futuro com as alterações climáticas observadas pelos pesquisadores.

As seções seguintes vão detalhar os principais fatores de risco separadamente, mas, inicialmente, o documento do Plano de Desenvolvimento Sustentável e Ação Climática da Cidade do Rio de Janeiro (Ramboll, 2020) introduz um painel (Figura 1) mais abrangente com as fontes mais relevantes de emissão de gases de efeito estufa relevantes de emissão no município.

Figura 1:



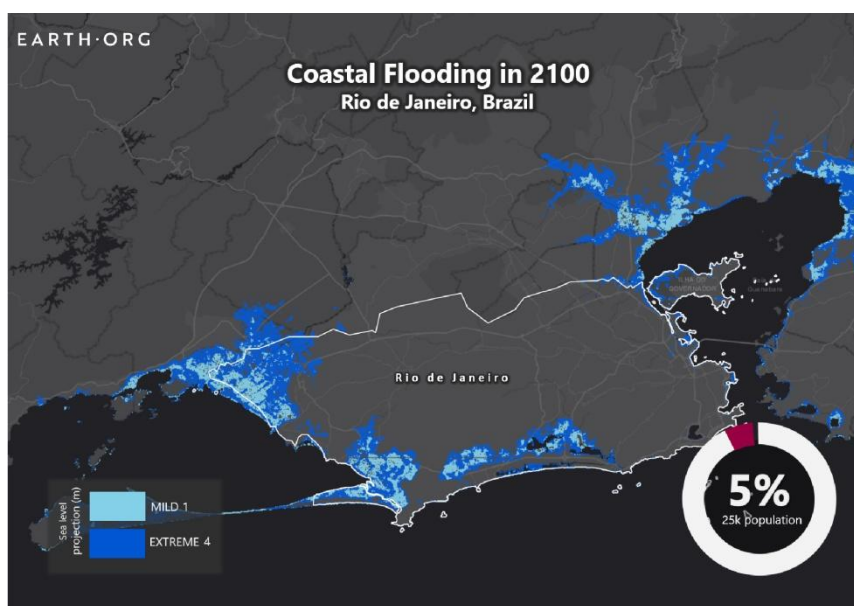
Fonte: Avaliação dos Impactos da Mudança Climática para a Cidade do Rio de Janeiro (Ramboll, 2020).

### 3.1.1 – ELEVAÇÃO DO NÍVEL DO MAR

O Rio de Janeiro é uma cidade costeira banhada pelo Oceano Atlântico e, por isso, é mais vulnerável ao avanço do mar sobre os limites da cidade (Erin A. Thead, 2016, Climate Institute). Em artigo publicado pela revista Nature (Kulp & Strauss, 2019), foi estimado que durante o século XXI o crescimento médio do nível dos oceanos ao redor do mundo será entre 1 e 2 metros, caso os níveis de emissão de gases estufa continuem nas suas tendências atuais.

No artigo, é introduzido o fenômeno chamado de “100 year flood”, que representa uma enchente, ou “ressaca”, com probabilidade estatística de 1% de acontecer a cada ano. A ONG Earth.org produziu uma simulação (Figura 2) desta enchente para a cidade do Rio de Janeiro, e cerca de 5% da população carioca seria atingida pelo avanço do oceano:

Figura 2:



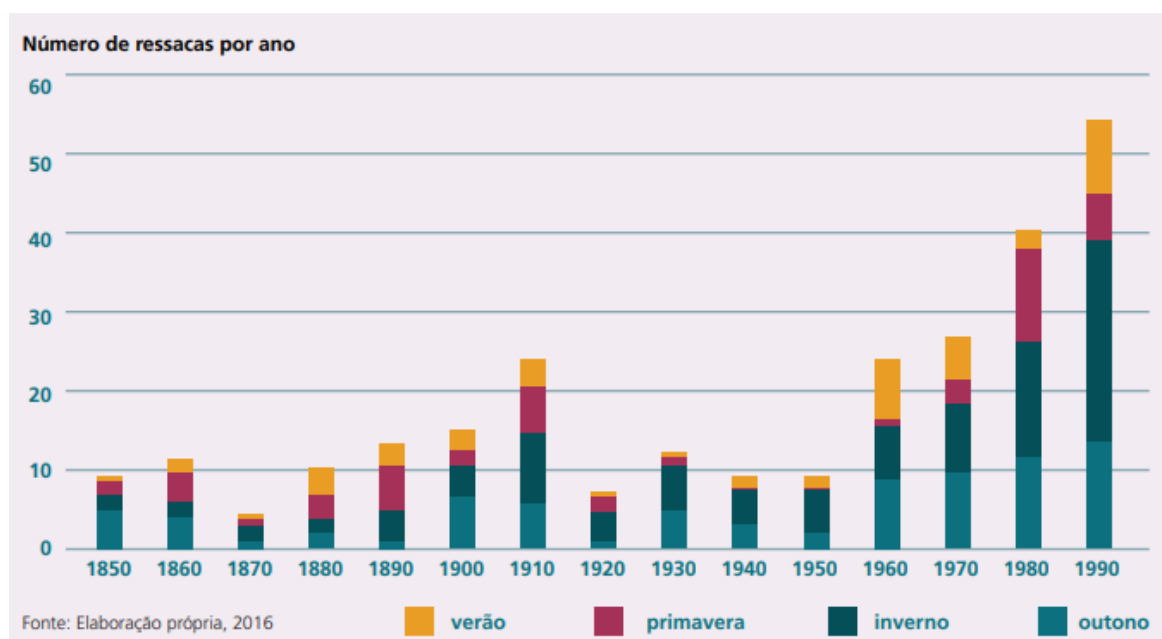
A Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, através da Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMAC), fez um levantamento quantitativo do avanço de ondas e marés das principais praias cariocas (Figura 3). Este fenômeno conhecido popularmente como “ressacas” é um indicador utilizado para monitorar riscos ambientais de mudanças climáticas nas cidades ao redor do mundo. Observa-se que o número de ressacas por ano vem aumentando ao longo das décadas, com uma tendência de crescimento exponencial a partir da década 1960, quando se inicia o processo de industrialização das metrópoles brasileiras.

Em cima do risco humanitário e estrutural para o Rio, também é possível adicionar riscos econômicos-financeiros da elevação do nível do mar para a cidade. Eventos e grande



parte da economia municipal é derivada das atrações turísticas representadas pelo seu litoral, e uma inviabilização futura cada vez mais presente afastará empresas e turistas de investirem seu capital e tempo na cidade. Em uma perspectiva corporativa, é possível avaliar as praias e costas do Rio de Janeiro como ativos de alto valor da cidade, e qualquer risco de destruição desses ativos pode comprometer o futuro da cidade.

Figura 3:



### 3.1.2 – AUMENTO DE TEMPERATURAS E ENCHENTES

Com base no artigo de Dereczynski, Luiz Silva e Marengo (2013), foram observados outros dois riscos que a cidade do Rio de Janeiro está exposta com as mudanças climáticas.

Com um foco em analisar índices de temperatura e chuvas extremas para avaliar a vulnerabilidade da cidade do Rio de Janeiro, os autores identificaram que eventos com alto volume de precipitação tem sido mais frequentes nos últimos anos. Além do aumento na frequência, o volume das chuvas também está crescendo de maneira concentrada. Isso significa que os períodos de seca estão mais prolongados e as temporadas chuvosas estão mais curtas, com eventos extremos de chuva.

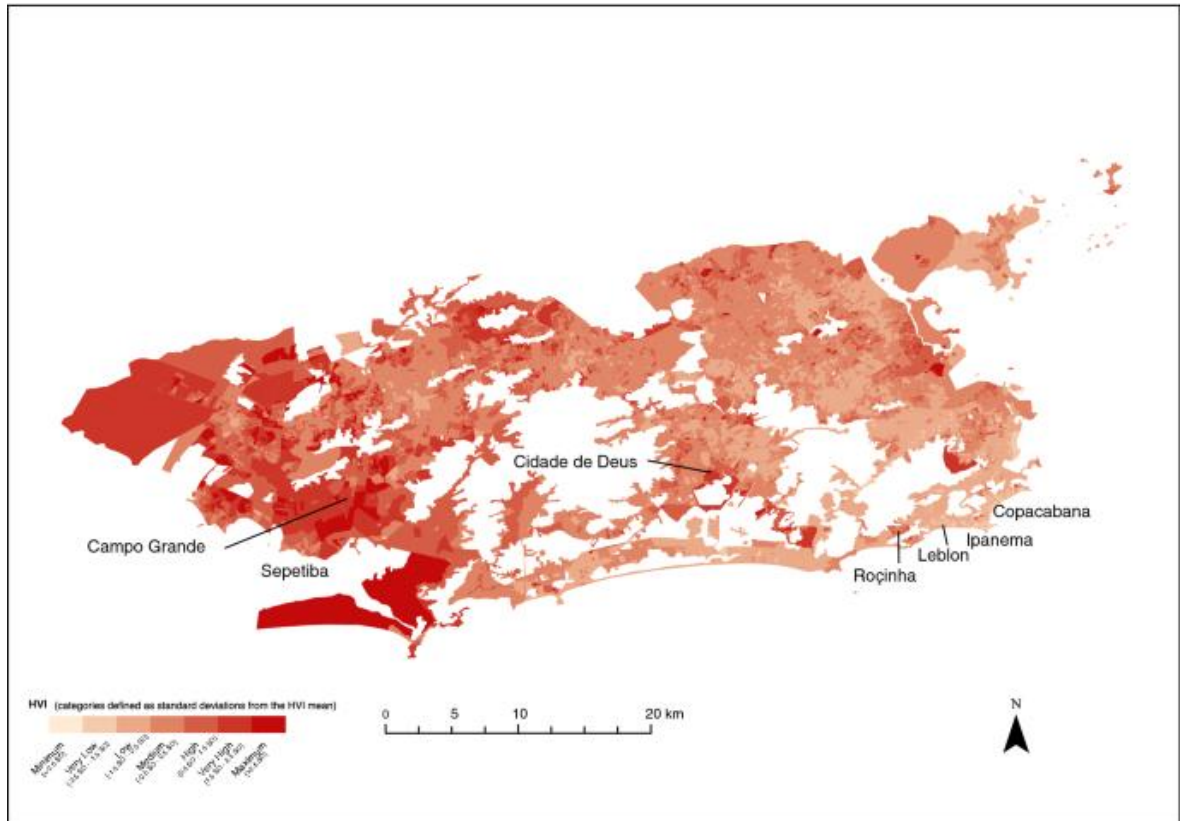
Em relação à temperatura, foi observada uma tendência de crescimento nas temperaturas mínimas, com períodos sucessivos de dias quentes mais frequentes (ondas de calor).

Nos exames de precipitação, o modelo feito em Ramboll (2020) feito em conjunto com a Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, indica uma menor concentração de chuvas até o final do século. Mas eventos pluviométricos de extremo impacto devem ser mais frequentes, ocasionando enchentes e deslizamentos nas encostas da cidade. Estes dois riscos podem ser considerados os mais letais para a população carioca. Constituída de maciços e montanhas e com grande parte do perímetro urbano assentado em aterros e manguezais, chuvas intensas trazem um alto risco à população local.

Outro artigo que ilustra o impacto negativo de ondas de calor na cidade foi o modelo desenvolvido por Prosdocimi e Klima (2020), que construíram, a partir de dados da prefeitura da cidade, um índice de vulnerabilidade de calor para os habitantes durante períodos prolongados de temperatura. A principal linha de trabalho foi combinar o número de mortes excessivas, representado pelas causalidades registradas em ocorrência maior do que a média para mesmos períodos históricos, de doenças circulatórias associadas à alta temperatura, com uma base de dados climática e demográfica para construir parâmetros com pesos e fatores não observados sobre a vulnerabilidade da população carioca à um nível elevado nas temperaturas médias nos bairros.

A partir de três tipos diferentes de regressões combinados com uma estratégia econométrica de diferenças em diferenças, foi possível validar o índice de vulnerabilidade e concluir que a cidade possui um sério risco de saúde enquanto a tendência climática de acréscimos nas temperaturas médias persistir. Abaixo segue o mapa de vulnerabilidade de calor desenvolvido no estudo citado acima (Figura 4):

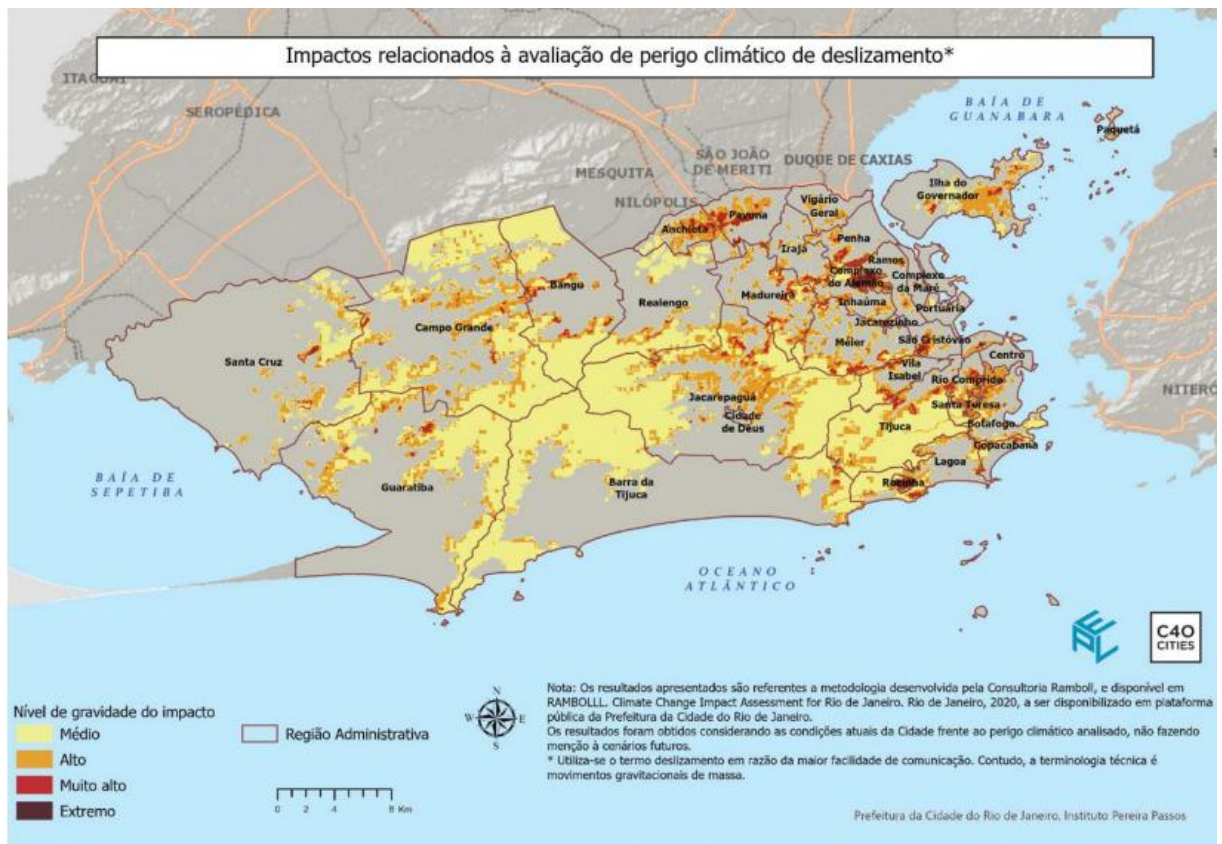
Figura 4:



### 3.1.3 – DESLIZAMENTOS DE TERRA

Assim como a maior concentração dos níveis pluviométricos na cidade aumenta o risco de inundações nas principais áreas urbanas da cidade, eventos de chuva extrema também ocasionam escorregamento de massa nas encostas da cidade. A cidade possui um histórico de desastres que produziram estragos econômicos e sociais para a população carioca. Com grande parte da cobertura florestal dos maciços comprometida com ocupações humanas irregulares, o sistema de monitoramento atual da Prefeitura do Rio de Janeiro estima que cerca de 45% da cidade está sob risco de deslizamentos de terra (Figura 5).

Figura 5:



Fonte: Avaliação dos Impactos da Mudança Climática (Ramboll, 2020).

No caso da cidade do Rio de Janeiro há um agravante socioeconômico no risco de escorregamento de massa nas encostas pelo fato da maior parte das construções irregulares em área de encosta serem em bairros pobres. Neste caso, um evento de fortes chuvas associado à um deslizamento impactará moradores de favelas, que possuem moradores mais vulneráveis e com menor capacidade de mitigar os riscos por falta de renda e infraestrutura.

### 3.2 – ÁREAS DE ATUAÇÃO

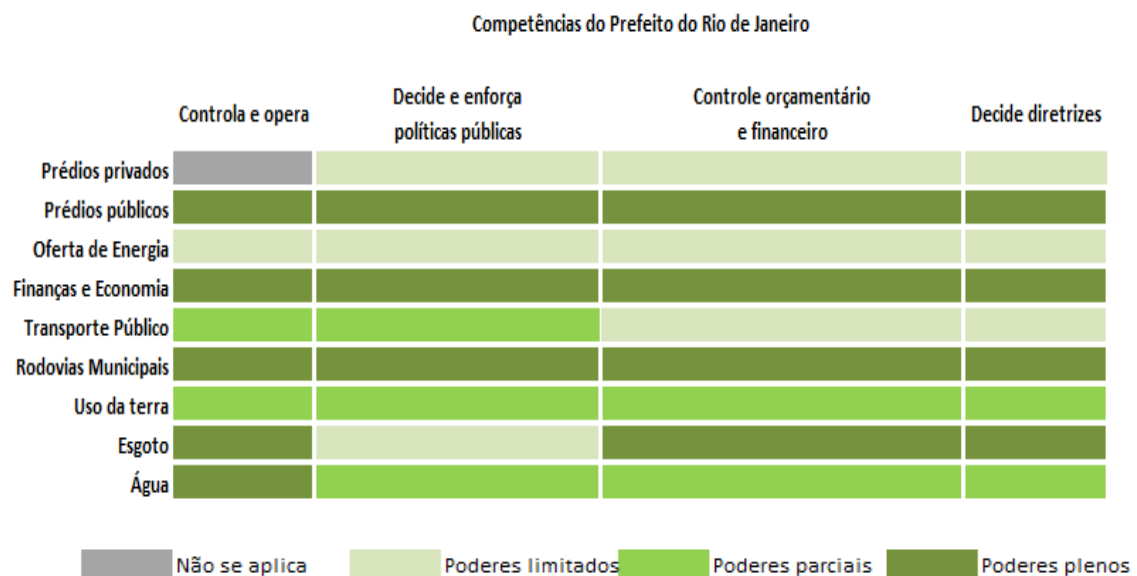
A cidade do Rio de Janeiro se destaca entre seus pares no desenvolvimento de governança climática. Notadamente, a cidade foi sede da Convenção do Clima em 1992, conhecida como Rio-92, mas na virada do século foi introduzida nas pastas da prefeitura secretarias e comitês específicos aos desafios de mudanças climáticas, com ênfase em monitoramento próprio. Ainda na década de 90, em parceria com a COPPE/UFRJ, a Prefeitura desenvolveu um estudo pioneiro de inventário de emissões de gases de efeito estufa

(GEEs), que permitiu um diagnóstico minucioso do quadro climático atual e suas projeções para os próximos anos, além de definir uma metodologia rígida e propostas de adaptação para a cidade. Este projeto teve uma continuidade e suas bases históricas de dados são fundamentais para o desenho de políticas climáticas públicas e para este trabalho.

Em 2021, a Prefeitura criou o Programa de Desenvolvimento de Baixo Carbono da Cidade do Rio que estabelece uma ligação básica entre o arranjo econômico chave de longo prazo com alternativas ambientais de curto prazo. A partir desta iniciativa é possível esperar um maior atenção aos planos de desenvolvimento financeiro e à criação da ocupação verde e com baixo teor de carbono, ao mesmo tempo que reformula o quadro metropolitano e melhora a qualidade de vida da população carioca.

No entanto, por questões constitucionais e de natureza política, as limitações de atuação do executivo é o maior obstáculo para uma ação coordenada e contínua na mitigação dos efeitos climáticos na cidade. No quadro abaixo (Figura 6), desenvolvido pela iniciativa C40 Cities, há uma classificação da governança executiva municipal sobre as principais frentes climáticas enfrentadas pela cidade do Rio de Janeiro.

Figura 6:



#### **4 – INVENTÁRIO E CENÁRIO ATUAL DE EMISSÕES DE GASES ESTUFA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO**

A Prefeitura do Rio, de maneira pioneira, na década de 90, elaborou o primeiro inventário de gases de efeito estufa na América Latina, tendo publicado seu primeiro estudo do tipo em Setembro de 2000. Em seguida, cinco novos inventários foram realizados coordenados pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMAC) e pela consultoria do laboratório Centro Clima, que faz parte da COPPE/UFRJ.

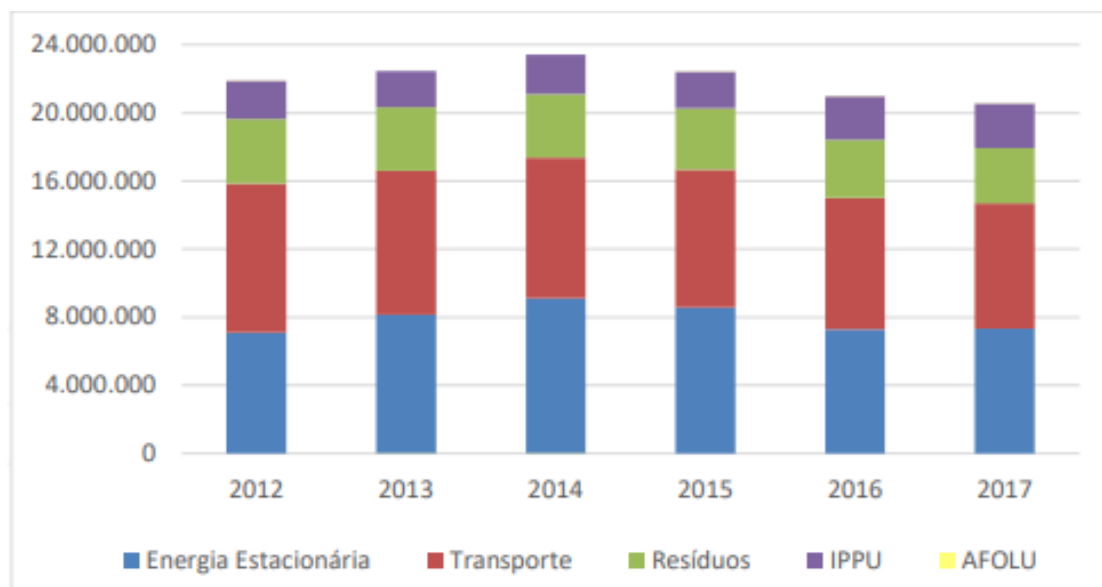
Inicialmente não havia uma consistência metodológica, mas a partir de 2017 (IPCC, 2019), foi utilizada uma metodologia específica adequada às cidades, bem como uma capacidade técnica específica do corpo técnico da Prefeitura (Instituto Pereira Passos, ou IPP) em coletar e monitorar os dados. Com o inventário sob responsabilidade do IPP, a cidade do Rio de Janeiro possui autonomia para realizar anualmente, com servidores de carreira, e prosseguir na agenda de conscientização, monitoramento e mitigação da emissão de gases de efeito estufa na atmosfera.

A importância do inventário municipal se apresenta por permitir uma coordenação da sociedade civil com a gestão executiva e legislativa do corpo político da cidade. Combinando um macroplanejamento, avaliação de diagnósticos baseados em séries históricas e construção de cenários de médio e longo prazo. Nos últimos anos de implementação do acompanhamento do inventário houve um aumento significativo em projetos de transição de carbono em diversas frentes econômicas e sociais dentro do Rio de Janeiro.

Assim como a metodologia adotada por este trabalho, o projeto do inventário foi padronizado com o protocolo desenvolvido pela GPC (Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emissions Inventories).

De maneira geral, o inventário classifica as principais atividades emissoras de carbono e as suas localizações. Uma série histórica entre 2012 a 2017 com a trajetória de emissões totais da cidade do Rio de Janeiro reportada em toneladas de CO<sub>2</sub> é dividida em cinco setores e três escopos diferentes. Por questões quantitativas ainda em desenvolvimento na comunidade científica, há uma incerteza atribuída no cálculo das emissões. O IPP informa uma margem de erro que deve ser considerada para interpretar os resultados coletados.

Figura 7 - Emissões totais de GEE (tCO<sub>2</sub>e) por setores no período de 2012 a 2017



Fonte: IPP (2019)

#### 4.1 - CATEGORIZAÇÃO EM ESCOPOS

Os setores categorizados podem ter uma natureza regional, nacional ou municipal na sua geração, com a possibilidade de ultrapassar os limites urbanos da cidade. Para isso, o inventário divide em três escopos:

**Escopo 1:** Emissões de fontes localizadas dentro dos limites da cidade.

**Escopo 2:** Emissões geradas pelo uso de eletricidade, calor, vapor, e/ou frio dentro dos limites da cidade.

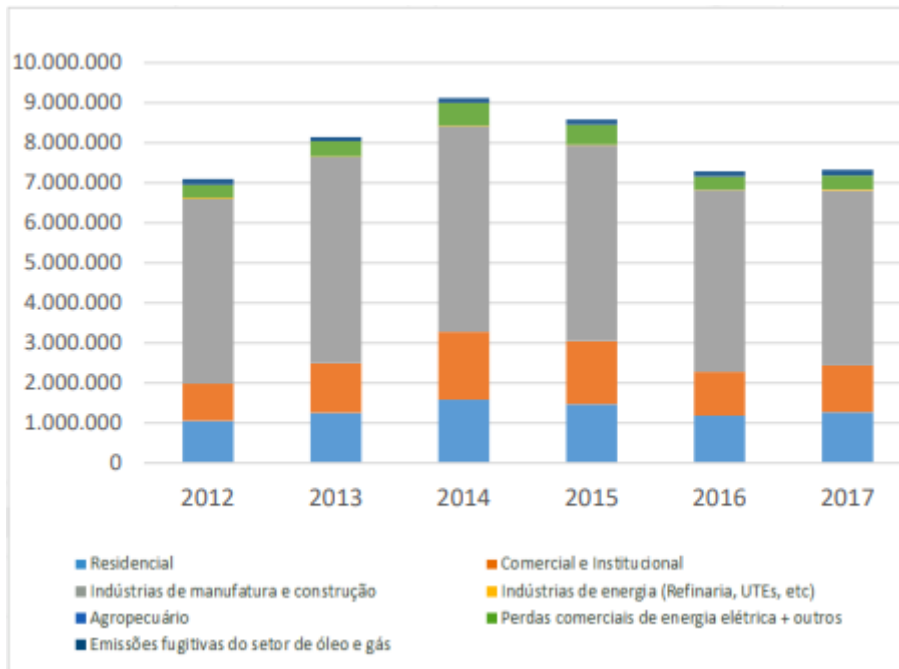
**Escopo 3:** Todas as demais emissões que ocorrem fora dos limites da cidade, resultantes de atividades que ocorrem dentro dos limites da cidade.

#### 4.2 – SETORES DE EMISSÃO

Segundo o Plano de Desenvolvimento Sustentável e Ação Climática da Cidade do Rio de Janeiro (2021), os cinco principais setores relevantes de emissões de CO<sub>2</sub> são os seguintes:

**4.2.1 - ENERGIA ESTACIONÁRIA:** Consumo de energia elétrica e combustíveis em prédios, indústrias, atividades rurais, e na geração de eletricidade e transformação energia (Figura 8).

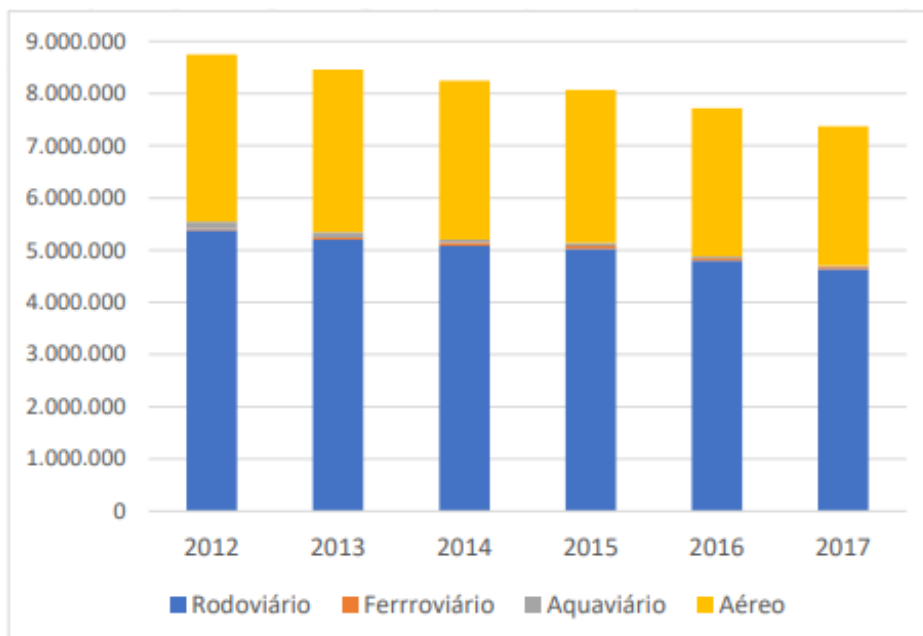
Figura 8:



Fonte: IPP (2019)

**4.2.2 - TRANSPORTES:** Reporta emissões oriundas da queima de combustíveis fósseis nos motores dos veículos, transporte aquaviário e aéreo; do consumo de energia elétrica, trens, VLT e outros modais elétricos (Figura 9).

Figura 9:

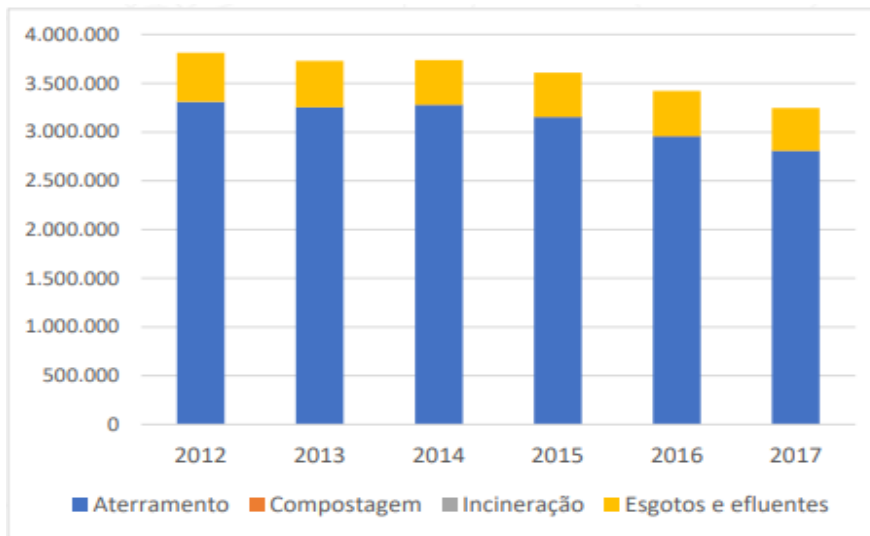


Fonte: IPP (2019)



**4.2.3 - RESÍDUOS:** Reporta emissões geradas pelo tratamento ao qual são submetidos os resíduos sólidos (disposição em aterros, incineração, queima a céu aberto, reciclagem ou compostagem); e os efluentes (tratamento biológico nas ETEs - estações de tratamento de esgotos, lançamento ao mar através de emissários submarinos, lançamento em corpos d'água e uso de fossas) (Figura 10).

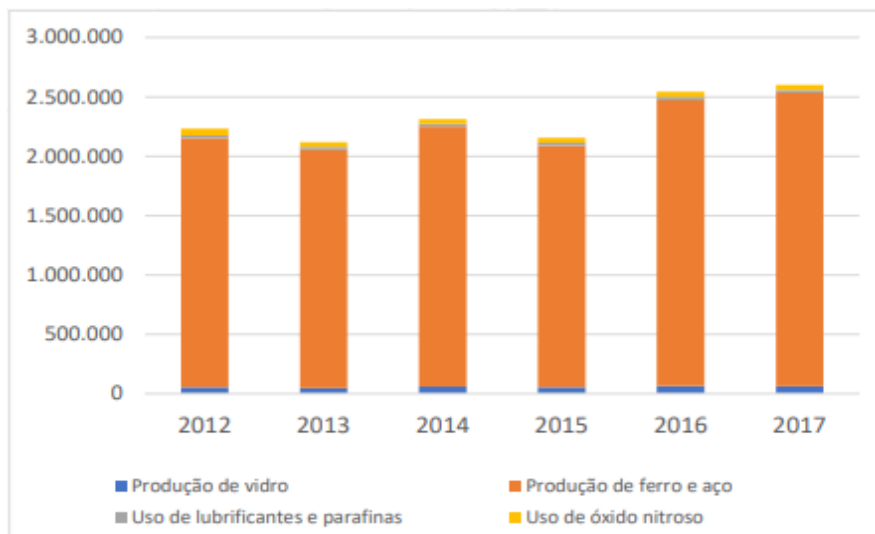
Figura 10:



Fonte: IPP (2019)

**4.2.4 – IPPU (Processos Industriais e de Produtos):** As emissões da indústria ocorrem tanto no consumo energia estacionária, como nos processos produtivos (Figura 11).

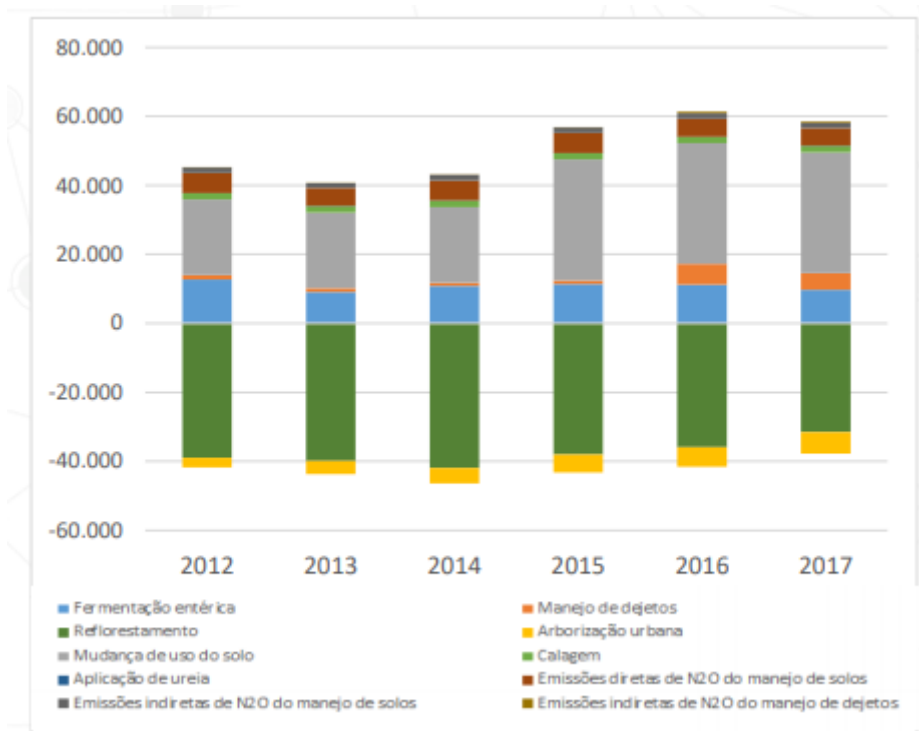
Figura 11:



Fonte: IPP (2019)

**4.2.5 - AFOLU (Agricultura, Floresta e Uso do Solo):** Contabiliza as emissões ocorridas por mudanças no uso do solo, incluindo a perda e ganho de cobertura vegetal, por meio do desmatamento ou reflorestamento e regeneração natural, além de atividades emissoras ligadas a agricultura e pecuária (Figura 12).

Figura 12:



Fonte: IPP (2019)

## 5 - METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste trabalho é baseada no artigo de Andy Gouldson e coautores, *Exploring the economic case for climate action in cities*, publicado no *journal Global Environmental Change*, Volume 35, em 2015. Apesar de terem sido publicadas edições mais recentes do relatório, não houve mudanças significativas na metodologia adotada pelos pesquisadores.

O *Global Environmental Change* é uma revista internacional composta por artigos teóricos e empíricos sobre a dimensão humana e de *policy* de mudanças globais no meio ambiente. Através de estudos revistos entre pesquisadores a publicação tem o objetivo de interpretar transformações climáticas como o resultado de processos que se manifestam em cidades e as suas consequências em múltiplas escalas espaciais, temporais e sociopolíticas.

O método de elaboração deste trabalho é construir em cima da pesquisa conduzida por parte do programa *Climate Smart Cities* (Gouldson et al., 2014) e com o auxílio de dados da prefeitura da cidade do Rio de Janeiro. Com o objetivo de apresentar os principais aspectos de uma análise custo benefício, este estudo procura focar em investimentos atrativos para a mitigação de gases de efeito estufa no nível municipal. As frentes observadas nestes investimentos serão esmiuçadas em seus custos, em seus retornos de capital e em sua capacidade de reduzir a emissão de carbono em relação aos processos atuais.

E para justificar a produção e a possível contribuição para esta literatura foram destacadas 4 motivações iniciais citadas no artigo de Andy Gouldson, (Gouldson et al., 2014):

1) As cidades estão presentes no cotidiano da maior parte da população e é onde a estratégia ambiental pública "atinge o terreno". E prefeitos têm forças contundentes, porém inexploradas, para a atenuação ambiental, como, por exemplo: a organização do uso do solo, a disposição dos veículos metropolitanos, e a exigência de diretrizes energéticas (Dodman, 2009). Os organismos globais, os governos públicos e os especialistas próximos precisam compreender as mudanças e as necessidades das áreas urbanas se quiserem planejar abordagens poderosas e construir as estruturas administrativas escalonadas que se espera.

2) As cidades são reconhecidas pelo agrupamento da ação social e monetária que acontece dentro dos seus limites. Isto implica que os especialistas de bairro têm liberdades excepcionais para transmitir certas medidas de baixo carbono de uma forma financeiramente

inteligente. O reconhecimento de alternativas financeiramente aliciantes pode funcionar com estas atividades.

3) Muitas comunidades urbanas costumam apresentar uma autoridade na mudança ambiental, estabelecendo um modelo através da construção de focos de redução de descargas de carbono mais agressivos do que em governos federais. Não obstante, para derrotar os limites ou para obter os ativos para estas atividades de mitigação, os líderes locais requerem frequentemente um argumento orçamentário convincente para agir. A introdução de propostas municipais com retornos financeiros se mostra um caminho de alavancar ações e aumentar a progressão à economia de baixo carbono.

4) Especialistas locais e outros líderes precisam de provas localmente aplicáveis sobre as formas mais seguras de transporte dos seus objetivos ambientais tanto em termos de carbono quanto em termos financeiros. As pesquisas do caso econômico de uma economia de baixo teor de carbono à escala da cidade podem ajudar a iluminar a dinâmica, e, nesse sentido, a ligar as especulações significativas importantes para atingir os seus objetivos ambientais.

A metodologia consistirá em uma avaliação destas medidas de baixo carbono citadas em comparação aos métodos de desenvolvimento *business as usual* (BAU) da cidade do Rio de Janeiro em um período de 20 anos. Ou seja, os resultados projetados procuram definir o caso econômico e o potencial de impacto ambiental para a transição da cidade para uma economia de baixo carbono.

Primeiramente, é importante pautar uma ressalva feita por Gouldson no artigo citado acima. O autor argumenta que o processo de medição de emissões das diferentes atividades em um contexto municipal pode possuir potencialmente custos e benefícios difusamente distribuídos. De maneira que seria necessária uma abordagem mais profunda na parte sociológica e histórica de cada cidade, além de incorporar as limitações geográficas e orçamentárias de cada região. Estes pontos que modificam as formas e funções da cidade fogem do escopo deste estudo. Como o objetivo é explorar quantitativamente o caso econômico para investir em plataformas de baixo carbono, é possível argumentar que avaliar apenas os efeitos quantitativos pode ser classificado como o primeiro pré requisito na transição produtiva para o baixo carbono.

A cidade do Rio de Janeiro será avaliada a partir de suas emissões de carbono via consumo de combustíveis fósseis, via uso de energia e via processos industriais. E será

assumido que as tendências de crescimento de cada linha emissora será continuada até 2040. Podemos classificar a metodologia em três estágios:

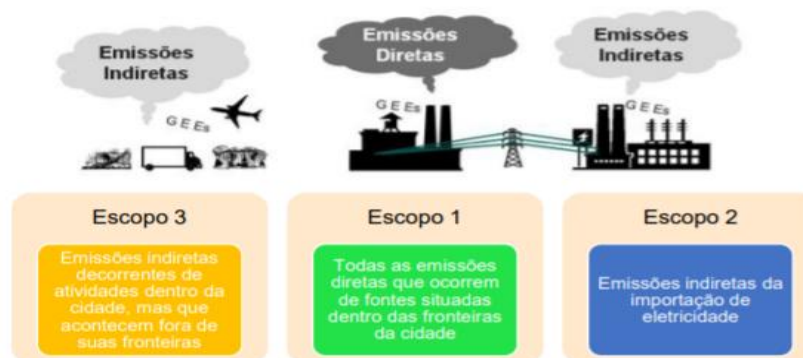
- 1) Estimativa das taxas recentes de emissão e projeção de tendências até 2040.
- 2) Avaliação dos custos, benefícios e potencial de mitigação de carbono de alternativa a serem adotadas pela cidade.
- 3) Compilação de resultados e apresentação de uma proposta econômica de investimentos feitos pela prefeitura da cidade nos setores observados pelas próximas décadas.

Além da abordagem feita por Gouldson, por questões particulares da cidade do Rio de Janeiro, também serão contemplados elementos dos inventários de emissões de gases de efeito estufa produzidos pela prefeitura da cidade do Rio de Janeiro, pelo Centro Clima da COPPE UFRJ e as bases de dados do Data Rio. As emissões de carbono utilizadas pelo Centro Clima da COPPE UFRJ foram baseadas na abordagem metodológica do guia IPCC-2006.

O Inventário das Emissões de Gases de Efeito Estufa da Cidade do Rio de Janeiro feito pelo Centro Clima é estruturado em quatro setores distintos:

- Energia
- Processos Industriais e Uso de Produto
- Agricultura, Florestas e Outros Usos da Terra
- Resíduos

Outro padrão utilizado no relatório, conforme a recomendação do GPC (Global Protocol for Community-scale Greenhouse Gas Emissions), é de classificá-los quantitativamente em escopos (Figura abaixo). Os dados coletados são do ano de 2012.



Fonte: Adaptado de WRI (2011).

## 6 - RESULTADOS

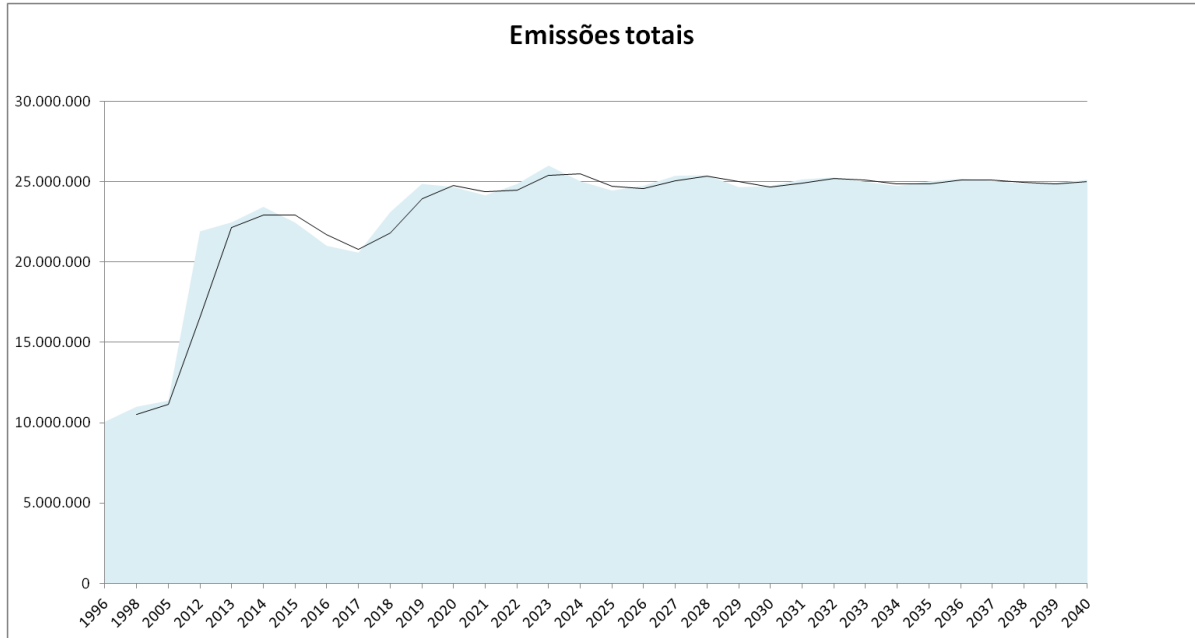
Os resultados a seguir buscam auxiliar o processo de planejamento de autoridades e da sociedade civil nas suas ações de política pública e estratégias de mandato. Apesar das inúmeras incertezas de se projetar uma estimativa tão no futuro, a construção de um cenário base pode ser esclarecedor no debate de uma transição para o baixo carbono.

Na construção do cenário foi determinado um processo de várias fases, entre elas: a delimitação do sistema estudado no artigo Gouldson et al., 2014, o diagnóstico da situação atual e o exame de sua evolução passada, com bases no IPP (2019). A partir da construção desta base, inicia-se a parte projetiva, estruturada da seguinte forma: a elaboração de um cenário tendencial para a demografia da população carioca e do seu produto interno bruto (PIB da Cidade do Rio de Janeiro, IBGE, 2020) e de cenários alternativos.

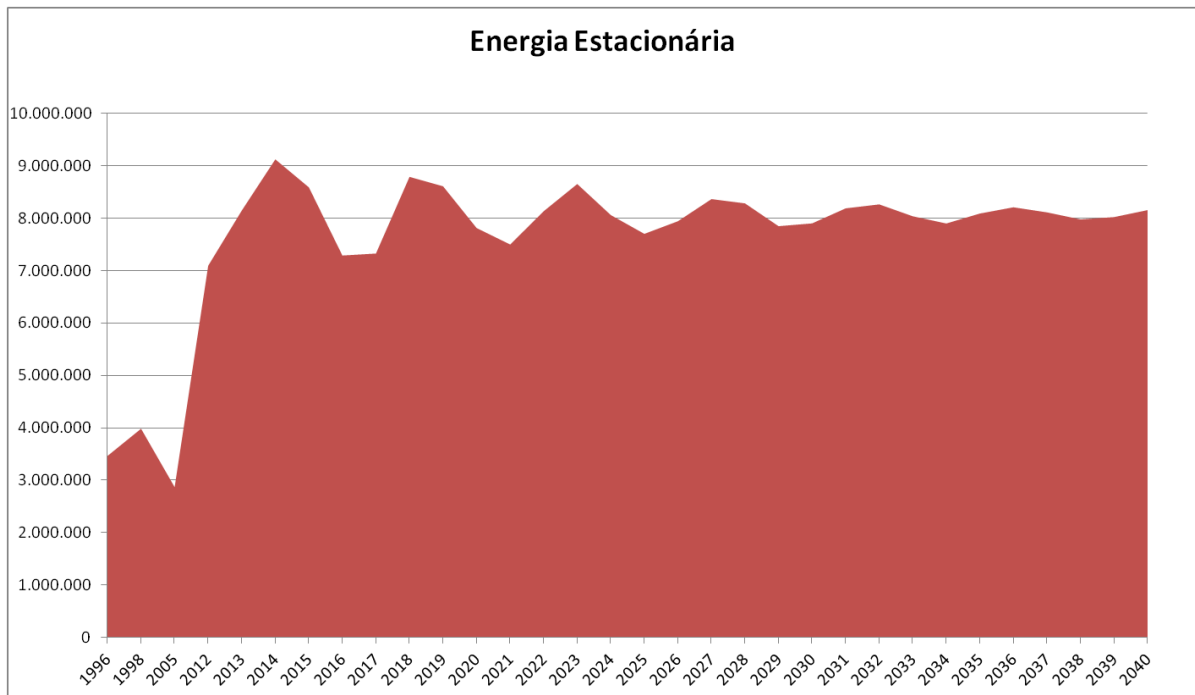
Portanto, a partir do diagnóstico da série histórica de inventários de gases de efeito estufa feitos no Rio de Janeiro, foi traçado um cenário tendencial de não atuação (Cenário Business -as-usual – BAU). Como feito pelos autores do artigo citado, estima a evolução das emissões sem considerar as estratégias de mitigação previstas, baseando-se apenas na projeção de taxas de crescimento populacional e econômico para a cidade e subsetores da economia. Segue abaixo os resultados do total de emissões (tCO<sub>2</sub>e) até o ano de 2040 e das suas subdivisões por setor:

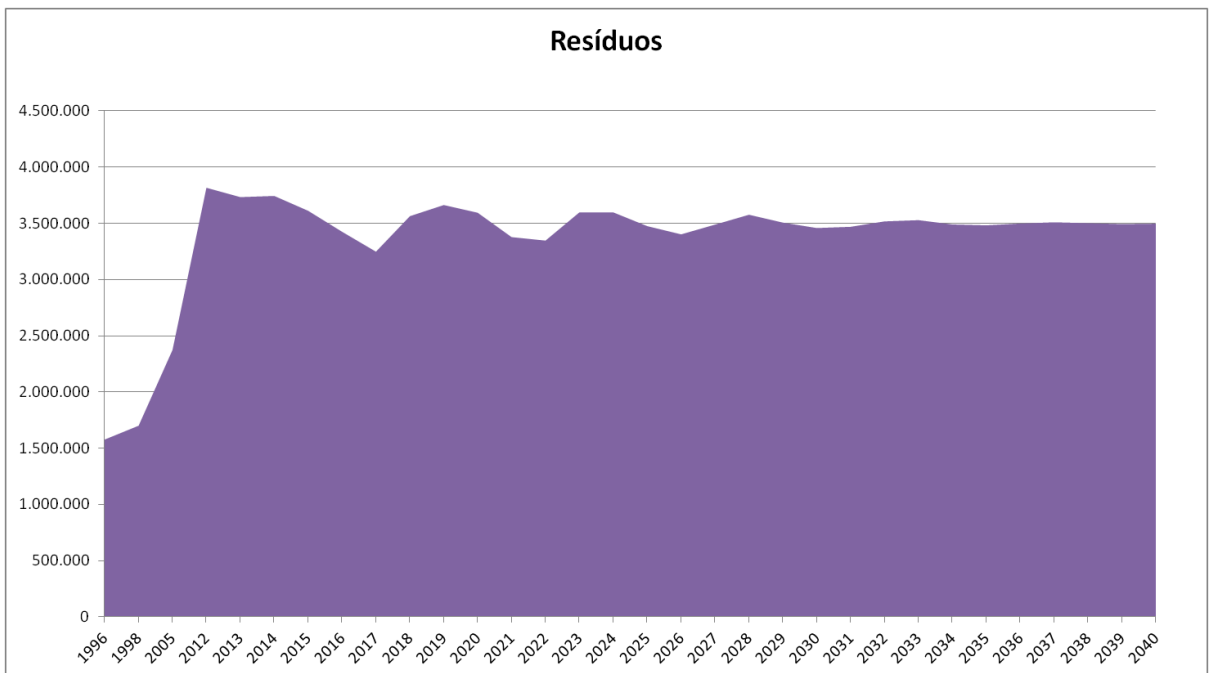
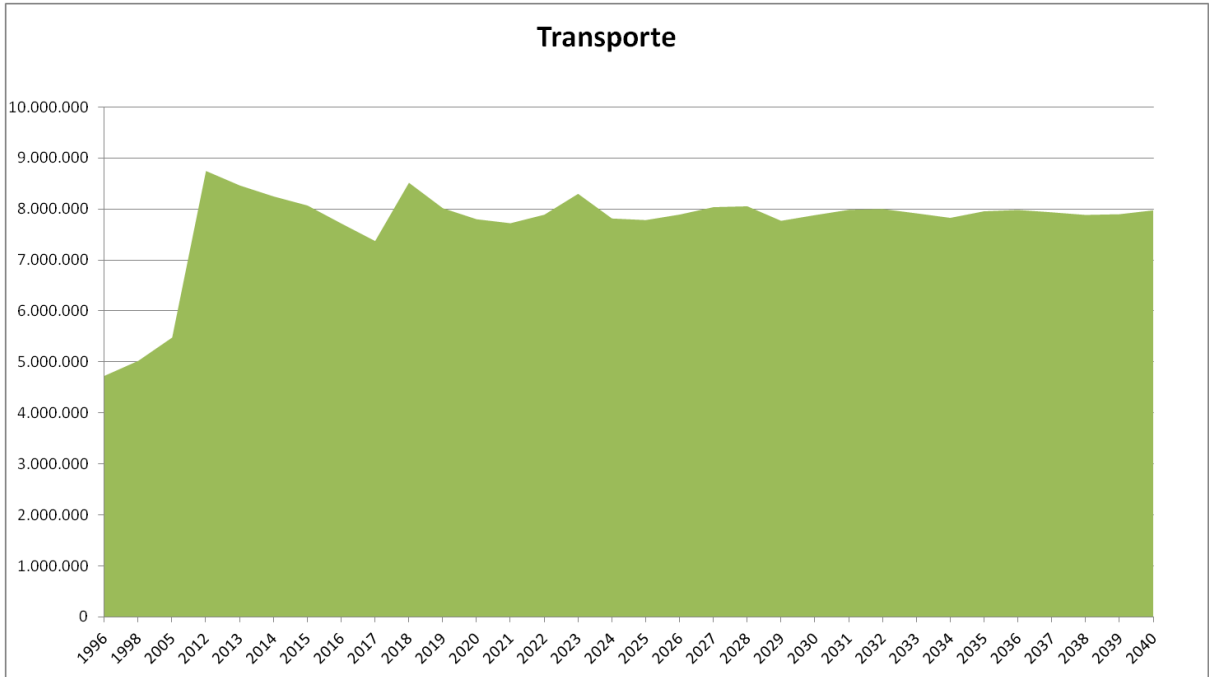
## 6.1 – CENÁRIO *BUSINESS AS USUAL*

### 6.1.1 – EMISSÕES TOTAIS

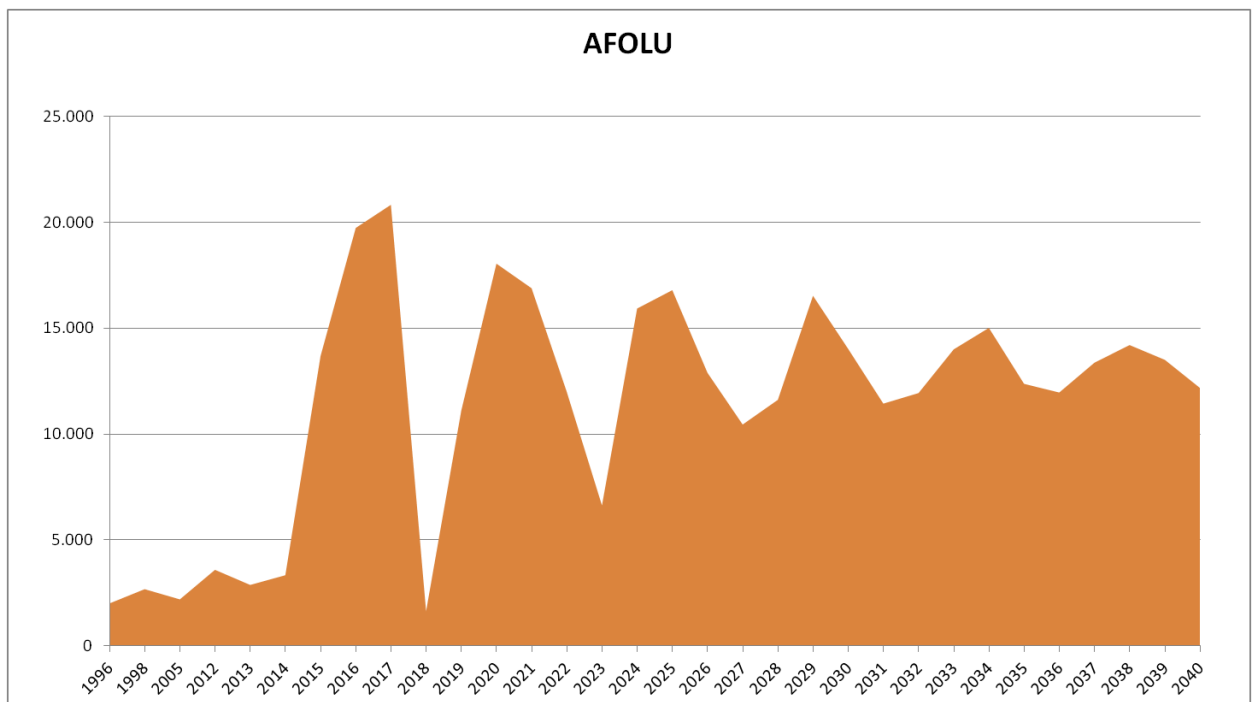
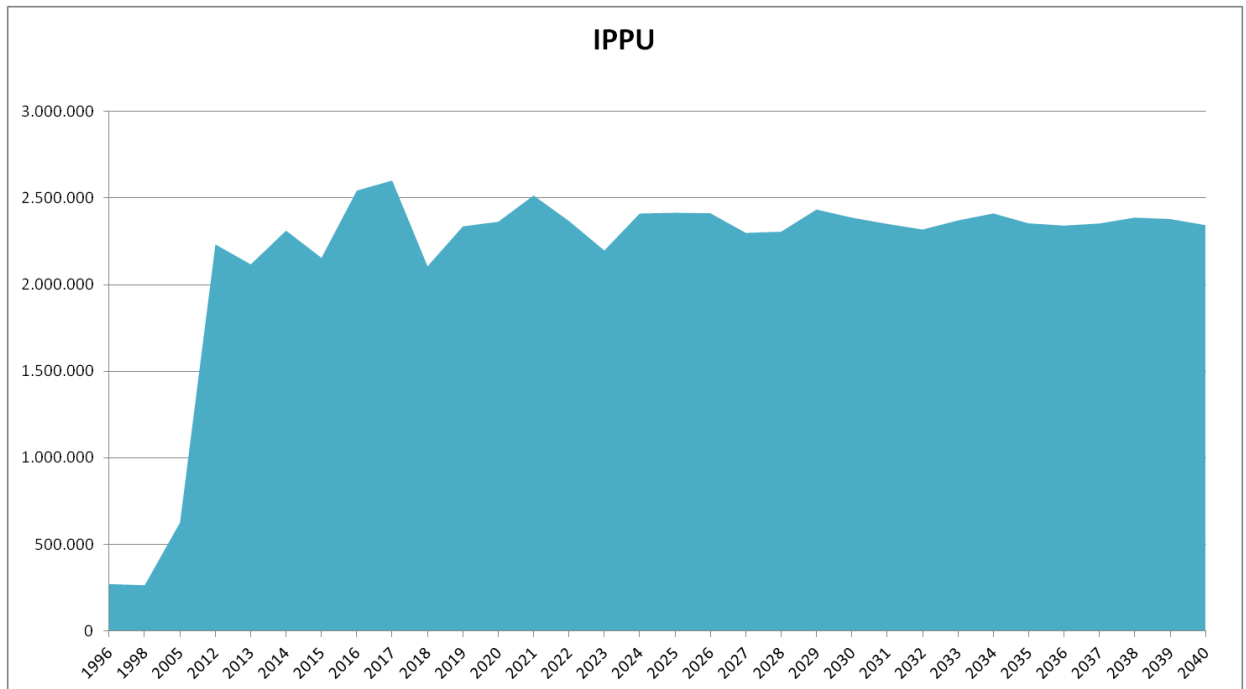


### 6.1.2 – EMISSÕES POR SETOR









Setores	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2025	2030	2035	2040
Energia Estacionária	7.285.039	7.322.993	8.784.679	8.604.651	7.808.643	7.495.428	8.129.512	7.698.133	7.897.678	8.084.932	8.150.476
Transporte	7.716.763	7.371.963	8.516.172	8.016.613	7.799.458	7.722.186	7.888.532	7.783.359	7.880.224	7.956.679	7.974.649
Resíduos	3.422.093	3.245.174	3.560.703	3.659.788	3.591.081	3.374.799	3.343.739	3.472.018	3.455.539	3.479.605	3.493.958
IPPU	2.542.901	2.600.950	2.106.005	2.336.509	2.363.019	2.514.718	2.367.330	2.415.047	2.386.990	2.353.947	2.343.662
AFOLU	19.729	20.821	1.642	11.098	18.045	16.885	11.992	16.794	14.020	12.373	12.182
Emissões totais	20.986.525	20.561.902	23.079.453	24.841.091	24.647.257	24.126.186	24.830.976	24.424.663	24.709.164	24.998.219	25.098.031

## **6.2 – DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

Com as suposições de crescimento do PIB médio per capita na cidade do Rio de Janeiro (IPP, 2019), concluímos que o consumo médio de energia per capita aumentará significativamente ao longo dos anos. A expansão industrial vai continuar em uma tendência ligeira de crescimento.

Como o nível de emissões está crescendo em um ritmo superior aos índice demográfico da cidade, podemos concluir com os resultados que as emissões médias per capita continuarão a aumentar até 2040.

## **6.3 COMPARAÇÃO COM OUTRAS PROJEÇÕES**

Com o objetivo de balizar os resultados obtidos neste trabalho com um referencial de mesma natureza, serão usadas as trajetórias de evolução de emissões de gases de efeito estufa feitas no Plano de Desenvolvimento Sustentável e Ação Climática da Cidade do Rio de Janeiro. No documento produzido pela SMAC e as demais secretarias da Prefeitura é apresentado um cenário que projeta as emissões registradas no mesmo ano-base até 2050 com um aumento de 6,6 milhões tCO<sub>2</sub>e. Ou seja, entre 2017 a 2050, estima-se que as emissões da cidade alcancem 27 milhões de tCO<sub>2</sub>e, sendo os ganhos mais relevantes nos setores de energia estacionária e de transportes.

Ao comparar com os resultados deste trabalho, podemos concluir que ambas tendências de crescimento foram razoavelmente similares e apontam na mesma direção de crescimento constante de emissões para o médio e longo prazo. Segundo a tabela descritiva acima, estima-se que em 2040 a cidade teria cerca de 25 milhões de tCO<sub>2</sub>e VS 27 milhões no ano de 2050 do relatório produzido pelo município.

## 7 - CONCLUSÃO

O Rio de Janeiro tem uma oportunidade de buscar soluções para seus problemas atuais ao olhar para o futuro do clima e desenvolver uma competitividade econômica em uma economia de baixo carbono. Além de representar uma saída de mitigar riscos advindos de uma deterioração do clima, atrair iniciativas modernas de baixo carbono e se preparar para estas mudanças de forma pioneira em relação aos outros municípios ao redor do mundo pode garantir um protagonismo de prosperidade para a cidade.

A esperança deste trabalho é que a cidade do Rio de Janeiro e a sua população continuem a assegurar um futuro climático equilibrado para as próximas gerações. Seja através de investimentos e desenvolvimentos na economia verde ou em práticas de mitigação de emissões de gases de efeito estufa. A perspectiva de uma transição para um economia de baixo carbono permitirá uma eficiência energética e oferecerá oportunidades comercialmente atrativas para atividades de turismo e da *Green economy*.

A necessidade de implementar mudanças é fundamental para reverter o crescente aumento de riscos para a saúde da cidade e de seus habitantes. Este trabalho busca contribuir para o movimento de pautar esta nova janela de oportunidades que está se abrindo. O pioneirismo do Rio de Janeiro pode ser fundamental para um salto sócio econômico que a cidade tanto precisa.

Vale ressaltar que o Rio de Janeiro não está sozinho nesse processo de transformação de sua economia. O mundo caminha, em diferentes velocidades, para uma economia de baixo carbono, dado que os limites do planeta estão se esgotando após a explosão da civilização moderna de combustíveis fósseis. O sucesso da transição do Rio de Janeiro pode estar sendo escrita agora, e as suas vantagens comparativas de estar no Brasil e suas capacidades biológicas e ambientais devem ser aproveitadas para a cidade despontar com uma potência ambiental.

Para isso, é fundamental o papel dos políticos em desenvolver políticas públicas voltadas para uma transformação igualitária e socialmente justa, de maneira que a segurança climática atinga todas as classes de renda da população carioca, principalmente os mais vulneráveis.

## 8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- **B. Sovacool and M. Brown, Energy Policy, 38 (2010), pp. 4856-4869, Twelve metropolitan carbon footprints: a preliminary comparative global assessment**
- C40 CITIES (2020)
- Committee on Climate Change (CCC), 2018a, Progress report to parliament
- C. Kennedy, S. Demoullin and E. Mohareb, Energy Policy, 49 (2012), pp. 774-777, Cities reducing their greenhouse gas emissions
- **E. Glaeser and M. Kahn, J. Urban Econ., 67 (2010), pp. 404, The greenness of cities: carbon dioxide emissions and urban development**
- H. Weisz and J. Steinberger, Curr. Opin. Environ. Sustain., 2 (2010), pp. 185-192, Reducing energy and material flows in cities
- F. Creutzig, G. Baiocchi, R. Bierkandt, P. Pichler and K. Seto, Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A., 112 (2015), pp. 6283-6288, A global typology of urban energy use and potentials for an urbanization mitigation wedge
- GOUVELLO, C. Brazil low-carbon country case study. Washington: WorldBank, 2010. Disponível em: Acesso em: 19 Feb. 2015.
- Intergovernmental Panel on Climate Change's (IPCC), 2018, Special report: global warming of 1.5°C.
- **J. Bi, R. Zhang, H. Wang, M. Liu and Y. Wu, Energy Policy, 39 (2011), pp. 4785-4794, The benchmarks of carbon emissions and policy implications for Chinese cities: case of Nanjing**
- M. Brown, F. Southworth and A. Sarzynski, Policy Soc., 27 (2009), pp. 286-304, The geography of metropolitan carbon footprints

- Plano de Desenvolvimento Sustentável e Ação Climática da Cidade do Rio de Janeiro, 2021
  
- **R.D. Lasco, R.J.P. Delfino, D.C. Catacutan, E.S. Simelton, D.M. Wilson**, Climate risk adaptation by smallholder farmers: The roles of trees and agroforestry *Current Opinion in Environmental Sustainability*, **6 (2014), pp. 83-88**
  
- SEEG (2019)
  
- **S. Colenbrander, A. Gouldson, A. Sudmant, E. Papargyropoulou, L. Chau and C. Ho**, *Clim. Dev. (2015)*, Exploring the economic case for early investment in climate change mitigation in middle-income countries: a case study of Johor Bahru, Malaysia
  
- **S. Colenbrander, A. Gouldson, A. Sudmant and E. Papargyropoulou**, *Energy Policy*, **80 (2015), pp. 24-35**, The economic case for low carbon development in rapidly growing developing world cities: a case study of Palembang, Indonesia
  
- **S. Dhakal**, *Energy Policy*, **37 (2009), pp. 4208-4219**, Urban energy use and carbon emissions from cities in China and policy implications