NOTAS INTRODUTÓRIAS

SOBRE INFRAESTRUTURAS E MUDANÇA CLIMÁTICA

JEFERSON TAVARES
RENATO ANELLI
ORG.

NO. REGISTRO DOI: 10.55371/978-65-5399-851-3

Valdemir Paiva
EDITOR-CHEFE

Éverson Ciriaco
DIREÇÃO EDITORIAL

Katlyn Lopes
DIREÇÃO EXECUTIVA

Victor Malucelli
EDITOR DE RELACIONAMENTO

Paula Zettel
DESIGN DE CAPA

Jhonny Alves dos Reis
DIAGRAMAÇÃO E PROJETO GRÁFICO

Os autores
REVISÃO

"Esta obra é de acesso aberto. É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte e a autoria e respeitando a Licença Creative Commons indicada"

Universidade de São Paulo - USP

Prof. Tit. Carlos Gilberto Carlotti Junior (Reitor)

Profa. Tit. Maria Arminda do Nascimento Arruda (Vice-Reitor)

Instituto de Arquitetura e Urbanismo - IAU

Prof. Ass. Joubert José Lancha (Diretor)

Prof. Ass. Miguel Antonio Buzzar (Vice-Diretor)

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
BIBLIOTECÁRIA: MARIA ISABEL SCHIAVON KINASZ, CRB9 / 626

N899 Notas introdutórias sobre infraestruturas e mudança climática [recurso eletrônico] / Ministério dos Transportes, Instituto de Arquitetura e Urbanismo da USP / Organizadores: Jeferson Tavares, Renato Anelli – 1.ed. – Curitiba: Editorial Casa, 2023.
332p.: il.; 23cm

Vários colaboradores
ISBN 978-65-5399-850-6

1. Transportes – Infraestrutura. 2. Mudança climática. I. Ministério dos Transportes. II. Instituto de Arquitetura e Urbanismo - USP. III. Tavares, Jeferson. IV. Anelli, Renato. V. Título.

CDD 363.7 (22.ed)
CDU 551.583

Nº. Registro DOI: 10.55371/978-65-5399-850-6

Instituto de Arquitetura e Urbanismo
Universidade de São Paulo, IAU.USP
Av. Trabalhador São-Carlense, 400, Parque Arnold Schimidt (Campus Área 1)
CEP 13566-590, São Carlos (SP)
(16) 3373-9312; (16) 3373-9264 www.iau.usp.br

1ª edição – Ano 2023
Copyright© Editorial Casa, 2023

Todos os direitos reservados e protegidos pela Lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998.

É proibida a reprodução total ou parcial desta obra, por quaisquer meios, sem a expressa anuência do Editorial Casa.

Caso não encontre nossos títulos na rede de livrarias conveniadas disponível em nosso site, entre em contato conosco por meio de nosso telefone ou de nossas redes sociais.

CASA EDITORIAL

Rua Riachuelo, 31, 14º andar - Centro | CEP 80020-250 | Curitiba-PR
Telefone: +55 (41) 3264-9696 | E-mail: contato@editorialcasa.com.br
www.editorialcasa.com.br

Notas Introdutórias sobre Infraestruturas e Mudança Climática

CASA EDITORIAL

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

LUIZ INÁCIO LULA DA SILVA
Presidente

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES

JOSÉ RENAN VASCONCELOS CALHEIROS FILHO
Ministro

GEORGE ANDRÉ PALERMO SANTORO
Secretário Executivo

CLOVES EDUARDO BENEVIDES
Subsecretário de Sustentabilidade

COORDENAÇÃO TÉCNICA EXECUTIVA

GEORGE YUN
Coordenador-Geral de Projetos Especiais e Mudança do Clima
PALOMA CAMPOS DO NASCIMENTO
Coordenadora Geral de Licenciamento Ambiental e Assuntos Territoriais
RICARDO LUIZ MEDEIROS MEIRELLES
Coordenador de Projetos Especiais e Mudança do Clima Substituto

EQUIPE TÉCNICA

CAMILA LOURDES DA SILVA
FANI MAMEDE
FERNANDA DE CARVALHO BORGES
HENRIQUE FRANK DOS SANTOS
JOÃO MATEUS SILVA DE SOUZA GUEDES
JOYCE CORREIA DOS ANJOS DA SILVA
NATÁLIA DE OLIVEIRA HAYNE
ROSÂNGELA FINOCKETI PINNA
THIAGO OLANTE CASAGRANDE

PALAVRAS DO MINISTRO

Nossa sociedade enfrenta desafios complexos e interconectados relacionados à mudança do clima e à infraestrutura de transportes. É essencial que as políticas e as práticas adotadas no planejamento e operação dos sistemas de transporte considerem os impactos ambientais e climáticos, visando garantir a resiliência das infraestruturas e a segurança das populações.

O transporte terrestre é um pilar fundamental da nossa economia e sociedade, mas também é um dos setores mais afetados pela mudança do clima. Eventos extremos e alterações no clima têm o potencial de prejudicar a eficiência das vias de transporte, causar danos à infraestrutura e, em última instância, afetar a qualidade de vida dos cidadãos. Portanto, a adoção de estratégias que promovam a sustentabilidade e a resiliência no setor de transportes é crucial para garantir um futuro próspero e seguro.

Os capítulos deste livro abordam de forma abrangente as complexas interações entre as mudanças climáticas, a infraestrutura de transportes e o território. Eles destacam não apenas os desafios que enfrentamos, mas também as oportunidades de inovação e adaptação. As discussões multidisciplinares e multiescalares refletem a abordagem holística necessária para enfrentar essas questões urgentes.

Através dessa colaboração entre o Ministério dos Transportes, instituições acadêmicas e pesquisadores, buscamos capacitar nossos tomadores de decisão, profissionais e acadêmicos com conhecimentos atualizados e perspectivas diversificadas. Juntos, podemos criar um ambiente onde o desenvolvimento de políticas e a implementação de projetos de transporte considerem cuidadosamente os impactos climáticos, priorizando a sustentabilidade e a adaptação.

Reforço o compromisso do Ministério dos Transportes em continuar promovendo parcerias e colaborações que fomentem a pesquisa, o desenvolvimento tecnológico e a disseminação do conhecimento em prol de um sistema de transporte mais resiliente, eficiente e ambientalmente responsável. Este livro é um testemunho tangível desse esforço conjunto e uma fonte valiosa de informações para todos os interessados no progresso da nossa nação em direção a um futuro sustentável.

JOSÉ RENAN VASCONCELOS CALHEIROS FILHO

Ministro de Estado dos Transportes

PALAVRAS DO SECRETÁRIO EXECUTIVO

Apresentamos a obra intitulada *Notas Introdutórias sobre Infraestruturas e Mudança Climática*, fruto de uma parceria entre o Ministério dos Transportes e o Instituto de Arquitetura e Urbanismo (IAU) da Universidade de São Paulo (USP). Esta parceria exemplifica nosso compromisso contínuo em promover a sinergia entre as esferas acadêmica e governamental, visando ao avanço de estudos e pesquisa direcionados à sustentabilidade da infraestrutura de transportes.

À medida que o cenário global das mudanças climáticas se intensifica, torna-se cada vez mais necessário incorporar a perspectiva climática em nossos esforços de planejamento e desenvolvimento de infraestruturas de transporte. Os impactos das mudanças climáticas, como tempestades, inundações e aumento do nível do mar, apresentam desafios significativos para a segurança e a resiliência de nossos sistemas de transporte.

Através deste livro, os leitores terão a oportunidade de se familiarizar com os conceitos-chave, as abordagens multidisciplinares e as melhores práticas que se relacionam com as Infraestruturas de Transportes e as Mudanças Climáticas. Espero que essa obra inspire governantes, profissionais, pesquisadores e estudantes a continuarem avançando nessa jornada de construção de um futuro mais resiliente e sustentável para o setor de transportes.

É importante destacar que as ações de mitigação e adaptação à mudança do clima na infraestrutura de transportes não é apenas uma necessidade ambiental nacional e global, mas também uma oportunidade para o desenvolvimento econômico sustentável. A criação de empregos verdes, o desenvolvimento de tecnologias limpas e o aumento da segurança nas rodovias e ferrovias são apenas alguns dos benefícios que podem ser alcançados.

Este livro introduz essas questões críticas, fornecendo conhecimento e reflexões valiosas sobre como considerar e mitigar os riscos associados a essas mudanças em nossas estratégias e políticas e as dificuldades que precisam ser superadas.

GEORGE ANDRÉ PALERMO SANTORO

Secretário Executivo do Ministério dos Transportes

APRESENTAÇÃO

O Ministério dos Transportes (MT) e suas entidades vinculadas vêm estimulando o estabelecimento de parcerias com as instituições acadêmicas e de pesquisa para o desenvolvimento de estudos e pesquisas direcionadas à sustentabilidade do sistema de infraestrutura de transportes, divulgando os resultados e promovendo a incorporação de novas tecnologias, teorias, processos e boas práticas socioambientais.

Este livro é derivado da parceria estabelecida entre o Ministério da Infraestrutura, atual Ministério dos Transportes e o Instituto de Arquitetura e Urbanismo (IAU) da Universidade de São Paulo (USP), e, representa mais um dos vários canais de disseminação de conhecimento desenvolvidos por esta parceria, em discussões profícuas, com reflexões de níveis estratégicos, táticos e operacionais, a partir de problemas complexos envolvendo questões econômicas, sociais, ambientais e climáticas nos contextos multiescalares, do local ao nacional, das infraestruturas de transportes e do uso rural e urbano da terra.

A mudança do clima tem tornado o setor de infraestrutura de transportes mais exposto aos riscos e às incertezas, que podem gerar impactos adversos como: Perdas de vidas, deterioração da infraestrutura; paralisações e interrupções; aumento de custos operacionais e necessidade de capital adicional; perda de renda gerada pelo ativo; aumento de risco de impacto ambiental; dentre outros.

Os riscos associados à mudança do clima atual e futura precisam ser considerados desde a etapa de planejamento das políticas e dos próprios empreendimentos, de forma a reduzir possíveis perdas econômicas e socioambientais. Isso implica construir ou renovar sistemas para reduzir as emissões de GEE e, simultaneamente, tornar o setor como um todo, assim como as populações e segmentos dele dependentes, mais resilientes e menos vulneráveis a impactos climáticos extremos (inundações, tempestades, secas, picos de temperatura etc.) e crônicos (aumento de nível do mar, maiores médias de temperatura, dentre outros).

Neste sentido, é com imensa satisfação que a Subsecretaria de Sustentabilidade do Ministério dos Transportes apresenta esta obra conjunta, que se propõe a disponibilizar importantes notas introdutórias sobre Infraestruturas e Mudança do Clima, de modo a proporcionar uma melhor compreensão quanto aos desafios da urgência climática e sua relação com o setor, induzindo o fortalecimento de capacidades de planejamento integrado e a assertividade na proposição de políticas públicas para o setor, bem como servindo de referência para o desenvolvimento de pesquisas e projetos acadêmicos.

CLOVES EDUARDO BENEVIDES
Subsecretário de Sustentabilidade/SE
do Ministério dos Transportes

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO
Jeferson Tavares e Renato Anelli 11

PARTE I - MUDANÇAS CLIMÁTICAS: DEFINIÇÕES E REPERCUSSÕES

MUDANÇAS CLIMÁTICAS: CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS
Michelle Simões Reboita e Tércio Ambrizzi 15

MODELAGEM NUMÉRICA EM MESOESCALA: DESAFIOS SOBRE ÁREAS URBANAS
Edmilson Dias de Freitas 29

CICLONES: TIPOS, IMPACTOS NA COSTA BRASILEIRA E PROJEÇÕES CLIMÁTICAS
Michelle Simões Reboita e Natália Machado Crespo 46

PROCESSOS DE URBANIZAÇÃO E O QUADRO DE POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA NO ESTADO DE SÃO PAULO
Nilton Évora do Rosário e Jeferson Tavares 61

O LABORATÓRIO KLIMAPOLIS
Rita Yuri Ynoue 75

PARTE II - INFRAESTRUTURA REGIONAL, DESENVOLVIMENTO E O PLANEJAMENTO NO TERRITÓRIO

INFRAESTRUTURAS RODOVIÁRIAS FEDERAIS: EVOLUÇÃO DAS POLÍTICAS PÚBLICAS E DO ARCABOUÇO REGULATÓRIO
Fernando Barbelli Feitosa 82

PLANEJAMENTO INTEGRADO DE TRANSPORTES: CAMINHO PARA UM TRANSPORTE MAIS SUSTENTÁVEL
Tito Livio Pereira Queiroz e Silva, Leandro Rodrigues e Silva e Vicente Correia Lima Neto 114

INTERFACE DAS FERROVIAS COM O TERRITÓRIO: ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS
Alex Paiva Rampazzo 130

ASPECTOS AMBIENTAIS DE AEROPORTOS E INTERFACES COM ÁREAS URBANAS
Vinicio Rossi Sugui 142

TRANSPORTE AÉREO E INTERFACES COM AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS
Fued Abrão Junior 154

INTEGRAÇÃO AMBIENTAL E URBANA DOS AEROPORTOS E A DEFINIÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS
Tânia Cristina de Menezes Caldas..... 170

ANÁLISE DAS MEDIDAS DE ADAPTAÇÃO CLIMÁTICA DA INTERFACE PORTO-CIDADE NOS PLANOS MUNICIPAIS DE AÇÕES CLIMÁTICAS DE CIDADES PORTUÁRIAS BRASILEIRAS
José Pedro Francisconi Junior, André Castellani Lopes, Diego Cathcart, Cirilo Albino Nunes e Amir Mattar Valente 182

PARTE III - INFRAESTRUTURA URBANA E AS INTERFACES COM AS POLÍTICAS PÚBLICAS: COMPREENSÕES E ALTERNATIVAS PARA AS CIDADES

REFLETINDO SOBRE O PLANO NACIONAL DE MUDANÇA DO CLIMA E O TRANSPORTE E MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL
Silvana Zioni, Gabriela Sá Leitão de Mello e Priscila da Mota Moraes..... 196

A INFLUÊNCIA DA VEGETAÇÃO NO MICROCLIMA URBANO
Luciana Schwandner Ferreira 210

PROJETOS URBANO-AMBIENTAIS EM SÃO PAULO: TERRITÓRIOS DE INTERVENÇÃO E INSTRUMENTOS DO PLANO DIRETOR ESTRATÉGICO
Marlon Rubio Longo e Marília Formoso Camargo..... 230

MODELAGEM HIDROLÓGICA COMO INSTRUMENTO DE PLANEJAMENTO URBANO E GOVERNANÇA CLIMÁTICA NA CIDADE DE SÃO PAULO
Ana Paula Koury, Filipe Antonio Marques Falcetta e Marlon Rubio Longo..... 246

ENTRE INOVAÇÃO E INJUSTIÇA: A TRAJETÓRIA DAS POLÍTICAS PARA RIOS URBANOS EM SÃO PAULO
Luciana Travassos..... 264

INFRAESTRUTURA VERDE E POLÍTICAS PÚBLICAS: O CASO DO PROJETO "PROTIJUCO" — SÃO CARLOS, SP
Renata Bovo Peres e Eduardo Araújo Silva..... 288

GESTÃO DE RISCOS E AS CIDADES: REFLEXÕES A PARTIR DOS RISCOS DA COVID-19
Renata Maria Pinto Moreira..... 303

PARTE IV - ORGANIZADORES E AUTORES 320

INTRODUÇÃO

Jeferson Tavares e Renato Anelli

O livro *Notas Introdutórias sobre Infraestruturas e Mudança Climática* consolida um ciclo de disciplinas realizadas no Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo do IAU-USP, entre 2018 e 2021, e reúne textos de diferentes áreas do conhecimento em torno de dois temas fundamentais: a infraestrutura no Brasil e as mudanças climáticas.

Seu principal objetivo é difundir conceitos básicos, evidências e discussões críticas consolidadas que relacionem meio ambiente à produção do espaço urbano e regional. Por isso, traz o debate da infraestrutura do ponto de vista multidisciplinar (ciências da terra, ciências exatas, ciências sociais aplicadas), multiescalar (nos âmbitos nacional, regional, metropolitano e local) e multinível (federal, estadual e municipal) que mostram diferentes formas de pensar e produzir conhecimentos.

Está dividido em três partes:

Parte I, que apresenta questões centrais sobre as mudanças climáticas e os temas necessários para compreendê-las. Demonstra alguns resultados dessas mudanças, como a intensificação dos ciclones e o aumento da poluição atmosférica, mas também os avanços tecnológicos e institucionais que buscam responder a esses efeitos. Complementarmente, fornece um panorama das iniciativas nacionais e internacionais que estão na base da compreensão científica das origens e das consequências das mudanças climáticas.

Parte II, que traz foco na relação entre o território e a infraestrutura regional de transportes (rodovias, ferrovias, portos e aeroportos). Perpassa históricos da formação dessas infraestruturas, mas também dos atuais conflitos ambientais e sociais. Apresenta instrumentos para garantir investimentos sustentáveis, ambiental e socialmente viáveis. Entretanto, também mostra suas contradições, inoperâncias e deficiências. Dessa forma, investiga o funcionamento da gestão, das tomadas de decisão, das continuidades e rupturas históricas da cidade ao campo, da zona urbana à zona rural.

Parte III, que analisa as relações interfederativas das decisões sobre as cidades e atualiza o debate por pautas ambientais. Avalia as ações relacionadas à infraestrutura cinza, verde e azul por meio de experiências e metodologias inovadoras em diferentes dimensões. Apresenta resultados de pesquisas acadêmicas e dados consolidados dos impactos da presença de infraestrutura e da ausência de vegetação e saneamento básico. Possibilita uma visão integrada das áreas consolidadas e das áreas precárias ao passo em que explora uma discussão sobre as potencialidades que o planejamento proporciona e da necessidade de sua revisão para responder às questões do mundo contemporâneo.

Os capítulos mostram a complexidade da realidade territorial brasileira e desfazem argumentos superficiais ou alarmistas que têm buscado defender equivocamente soluções paliativas para problemas sistêmicos. Por meio de suas reflexões, é possível vislumbrar a complexidade da gestão pública, a diversidade territorial, os atuais impasses tecnológicos e as buscas por alternativas que envolvem diferentes agentes, incluindo a academia. Foram escritos por pesquisadores e gestores das áreas de: meteorologia, climática, economia, arquitetura e urbanismo, engenharia (civil, de transportes, florestal, ambiental, sanitarista), da gestão ambiental, planejamento, direito e da administração pública. E, por isso, possibilitam construir visões transversais a partir dos diferentes setores abordados.

Percorrem os temas relacionados aos eventos extremos, às vulnerabilidades, às soluções sustentáveis, à mitigação, à resiliência, à adaptabilidade e à agenda nacional e internacional, sobretudo das políticas públicas em diferentes âmbitos do planejamento, financiamento, execução e acompanhamento. Esses temas são abordados como notas introdutórias, mas que possibilitam aprofundamento pelas referências bibliográficas ao final de cada capítulo. E assim, o leitor poderá compreender as análises dos autores, mas também cruzar informações num panorama completo do debate entre mudanças climáticas e infraestrutura.

O livro é fruto da parceria com o Ministério dos Transportes e está relacionado a um conjunto de redes de pesquisadores e instituições de fomento à pesquisa: rede CiamClima - Cidades, Infraestruturas e Adaptação às Mudanças Climáticas; CNPq Modalidade Universal Processo 409032/2021-2, MackPesquisa 0008793, CNPq Modalidade PQ Processo 308936/2020-5 e Auxílio Projeto Inicial PI - Processo

2022/01583-9 - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). Institucionalmente, foi organizado dentro do IAU-USP e do Ministério dos Transportes, mas incorporou parceiros de outras instituições a quem devemos sinceros agradecimentos. Especialmente aos servidores e à direção da Subsecretaria de Sustentabilidade do Ministério dos Transportes, às bolsistas Júlia Sanchez Menezes e Natalia Peregrino dos Santos, aos autores que contribuíram com suas reflexões e à rede de pesquisadores que enriquece nossas discussões.

Dessa maneira, o livro busca cumprir função pública em articular esforços para enfrentar os desafios do mundo contemporâneo sem, com isso, perder a perspectiva histórica e crítica das experiências e dos aprendizados.

PARTE I

MUDANÇAS CLIMÁTICAS: DEFINIÇÕES E REPERCUSSÕES

MUDANÇAS CLIMÁTICAS: CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS

Michelle Simões Reboita e Tércio Ambrizzi

INTRODUÇÃO

Ao longo da história do planeta Terra (~4,5 bilhões de anos) vários episódios de mudanças no clima (de aumento ou declínio da temperatura do ar) foram registrados através de estudos paleoclimáticos, mas nenhum com evolução tão rápida quanto ao dos últimos cem anos. Enquanto a variabilidade natural do clima (por exemplo, mudanças nos parâmetros orbitais do planeta) explica as mudanças no sistema climático até o início da primeira revolução industrial (1760), o mesmo não ocorre para as décadas seguintes. As perguntas diante desse fato são: quais as causas do rápido aumento da temperatura média do planeta e quais as consequências para o ambiente?

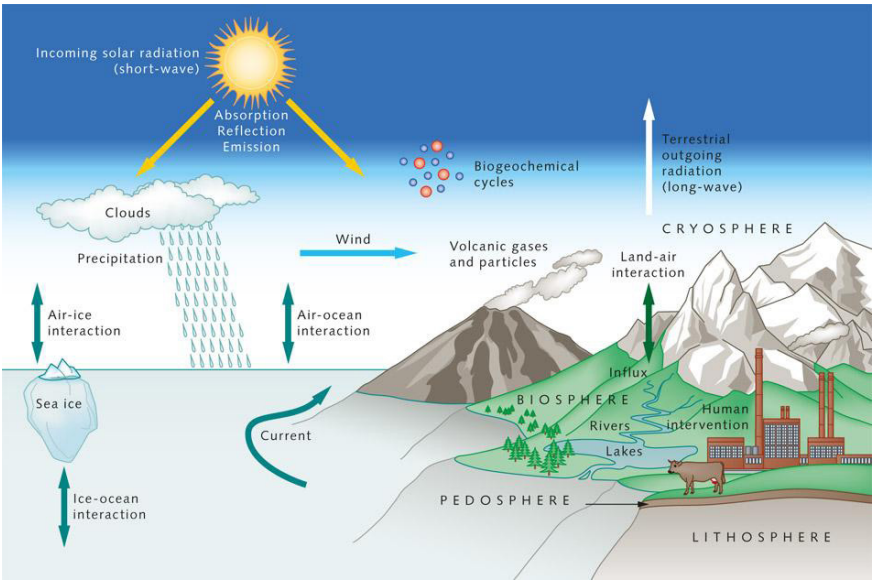
A fim de organizar o conhecimento científico produzido sobre o tema mudanças climáticas e divulgar os resultados numa linguagem acessível aos tomadores de decisão, foi criado em 1988 o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (*Intergovernmental Panel on Climate Change* [IPCC]). O IPCC reúne cientistas de diferentes nações para a compilação do conhecimento produzido e esse trabalho é realizado de forma voluntária pelos envolvidos. No quarto relatório de avaliação (A*ssessment Report* AR4) do IPCC, publicado em 2013, foi declarado que a mudança no clima é inequívoca e que tem a contribuição humana (com confiança estatística de 95%; Stocker *et al.*, 2013). Em seu relatório mais recente, o AR5, divulgado em 2021, foi afirmado que é inequívoca a influência humana no aquecimento do planeta (Masson-Delmotte *et al.*, 2021). Portanto, a causa das mudanças climáticas que vivenciamos é atribuída às atividades do homem. Para esclarecer como ocorre a influência humana no clima são necessários alguns conhecimentos prévios, assim, as próximas seções descrevem o que é o sistema climático, alguns dos mecanismos de retroalimentação do clima e, por fim, como o homem causa o aumento da temperatura do planeta e seus problemas associados.

SISTEMA CLIMÁTICO

Antes de definir o que é o sistema climático é importante apresentar os conceitos de tempo e clima. *Tempo* é o estado momentâneo da atmosfera, enquanto *clima* é a média dos eventos de tempo (Houghton *et al.*, 2001). De uma forma mais fácil, se você abrir uma janela e olhar para o céu, você verá as condições de tempo (chuva, sol etc.); se os dados de temperatura do ar, por exemplo, forem registrados a uma certa hora a cada dia de um dado mês, por vários anos consecutivos, a média desses dados fornece o valor esperado em termos de temperatura (média climatológica), o que é chamado de clima. Suponha que o mês escolhido no exemplo seja janeiro. Quando a média da temperatura de janeiro de um dado ano é comparada com a média climatológica, se espera um valor próximo ao da climatologia. Entretanto, o que se tem observado é que após a revolução industrial, o valor médio da temperatura do ar (superfície e oceano) tem aumentado ano após ano na maior parte do planeta. Essa tendência positiva indica uma mudança no clima.

A mudança no clima não é decorrente apenas de alterações na composição química da atmosfera. Para o entendimento das mudanças climáticas é necessário saber que o sistema climático é formado por cinco componentes (Figura 1) — atmosfera, hidrosfera, criosfera, litosfera e biosfera — que interagem entre si (Masson-Delmotte *et al.*, 2021; Stocker *et al.*, 2013). Assim, a alteração em um dos componentes afeta todos os outros que, por sua vez, será influenciado pelas alterações desses (mecanismo de retroalimentação). Por questão de brevidade, uma descrição detalhada desses componentes e de suas interações não é possível de ser realizada aqui, mas o leitor pode encontrá-las, por exemplo, em Ynoue *et al.* (2017), Ruddiman (2008), Hartmann (2015; 2016) e Monteiro *et al.* (2021).

Figura 1 – Os cinco componentes do sistema climático (atmosfera, hidrosfera, criosfera, litosfera e biosfera) e algumas de suas interações.



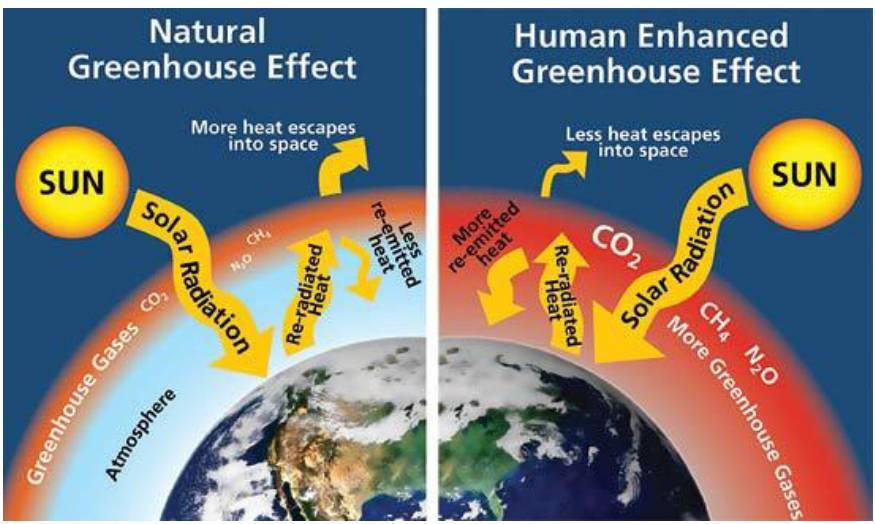
Fonte: Climate [...] (2010).

De forma breve, a *hidrosfera* corresponde à água na fase líquida, podendo ser encontrada na superfície ou na parte subterrânea do planeta e, ainda, quando o vapor condensa na atmosfera. Já a água na fase sólida corresponde à *criosfera* (calotas polares, gelo marinho etc.). A *litosfera* é a parte rígida do planeta, composta pelas rochas. Por outro lado, a *biosfera* é a parte que possui vida, formada por todos os seres vivos (animais e vegetais). Por fim, a *atmosfera* é uma camada constituída de gases e partículas (aerossóis) que envolve a Terra.

Os gases presentes na atmosfera podem ser classificados como permanentes ou de concentração variável. Nitrogênio (N; 78,08%), oxigênio (O_2; 20,95%) e argônio (Ar; 0,93%), que correspondem a cerca de 99,96% da composição da atmosfera, são gases permanentes. Dióxido de carbono (CO_2), ozônio (O_3), metano (CH_4) e vapor de água (H_2O) são exemplos de gases com concentração variável (também chamados de gases traços devido à pouca ocorrência na atmosfera). CO_2, O_3, CH_4 e H_2O, embora em pequena concentração, são essenciais para a manutenção da vida, pois contribuem para o *efeito estufa*.

O *efeito estufa* é um fenômeno natural que ocorre desde a formação da atmosfera do planeta Terra e faz com que a média da temperatura do ar global seja de ~14ºC. Sem esse efeito, a temperatura média do planeta seria de -18ºC, o que não é muito favorável à vida. A energia recebida do Sol, como é concentrada em ondas com maior energia (ondas curtas do espectro eletromagnético), na sua maior parte não é absorvida pelos constituintes da atmosfera, sendo usada no aquecimento da superfície do planeta. A superfície transforma essa energia para o comprimento de onda do infravermelho, que é um comprimento de onda longa, e a emite para a atmosfera. Se não existissem os gases como CO_2, O_3, CH_4 e H_2O, que são absorvedores de radiação de onda longa, toda a energia recebida pelo planeta seria perdida para o espaço e a temperatura média do planeta seria de -18ºC. Entretanto, tais gases são ótimos absorvedores de radiação infravermelha (ondas longas) e atuam absorvendo a radiação emitida pela superfície terrestre e a reemitindo para a superfície, o que constitui o efeito estufa (Figura 2). Logo, a superfície recebe energia tanto do Sol quanto da atmosfera e aquece as camadas de ar adjacentes; assim, a temperatura do ar próxima à superfície tem valor médio ~14ºC.

Figura 2 – Representação do efeito estufa natural da Terra (lado esquerdo) e do efeito estufa aumentado pela influência humana (lado direito).



Fonte: Shafer (s.d.).

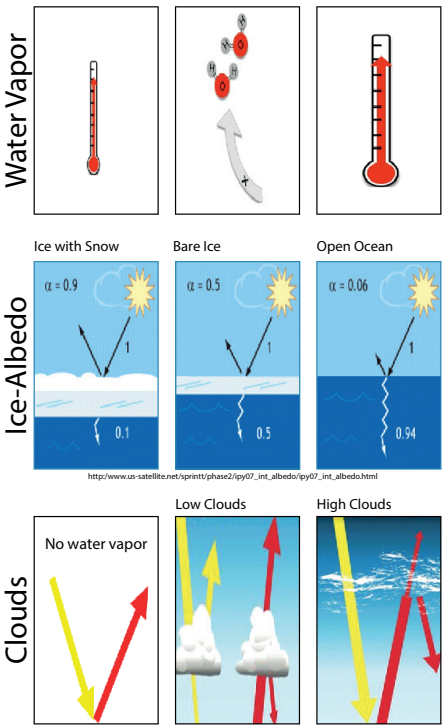
Para o planeta Terra se manter em equilíbrio térmico (balanço de energia), a energia que entra no sistema climático deve ser igual à emitida para o espaço. Se a energia se acumular no sistema, este aquece. Como as atividades humanas alteram a composição química da atmosfera, através da injeção adicional de gases que atuam para reter calor, o que ocorre é uma intensificação do efeito estufa ocasionando o aumento da temperatura média global. Além disso, as mudanças na atmosfera afetam os outros componentes do sistema climático, que também a afetam. Alguns dos mecanismos de retroalimentação no sistema climático são apresentados na próxima seção.

MECANISMOS DE RETROALIMENTAÇÃO

O balanço de energia da Terra pode ser afetado de três maneiras (Solomon *et al.*, 2007): (a) alterando a radiação solar incidente, (b) alterando o albedo (energia refletida para o espaço) e (c) alterando as concentrações de gases de efeito estufa. O clima tem uma resposta a essas mudanças por meio de mecanismos de retroalimentação que podem amplificar (*feedback* positivo) ou diminuir (*feedback* negativo) os efeitos de uma mudança no clima. Embora existam muitos mecanismos de retroalimentação, aqui apenas três dos mais importantes são descritos (Hartmann, 2016):

Vapor d'água (*feedback* positivo): um aumento na temperatura da superfície do planeta aumenta a temperatura do ar e o ar passa a ter maior capacidade para reter vapor d'água. Como o vapor d'água é um gás de efeito estufa, há uma amplificação do aquecimento da superfície (Figura 3).

Figura 3 – Exemplos de mecanismos de retroalimentação: vapor d'água (primeira linha), gelo-albedo (segunda linha) e nuvens (terceira linha).



Fonte: Reboita; Ambrizzi (2022).

Gelo-albedo (*feedback* positivo): no caso de um planeta mais quente, a cobertura de gelo e neve é diminuída, o que reduz o albedo (reflexão da energia recebida do Sol para o espaço). Isso leva à maior absorção de energia pela superfície e aceleração do derretimento de gelo e neve. Consequentemente, as superfícies mais escuras ficam expostas e absorvem mais energia contribuindo ainda mais para o aumento da temperatura média global (Figura 3).

Nuvens: o efeito radiativo líquido (resfriamento ou aquecimento) das nuvens depende de suas propriedades físicas, como tamanho das partículas da nuvem, tipo (gelo ou água líquida) etc. (Schneider; Kaul; Pressel, 2019; Murray; Carslaw; Field, 2021). Nuvens baixas e espessas contribuem para a reflexão da radiação solar (são formadas por muitas gotículas d'água) levando a um resfriamento da superfície da Terra. Por outro lado, nuvens altas e pouco espessas permitem a transmissão da radiação solar incidente, mas intensificam o efeito estufa, aquecendo a superfície da Terra (Figura 3).

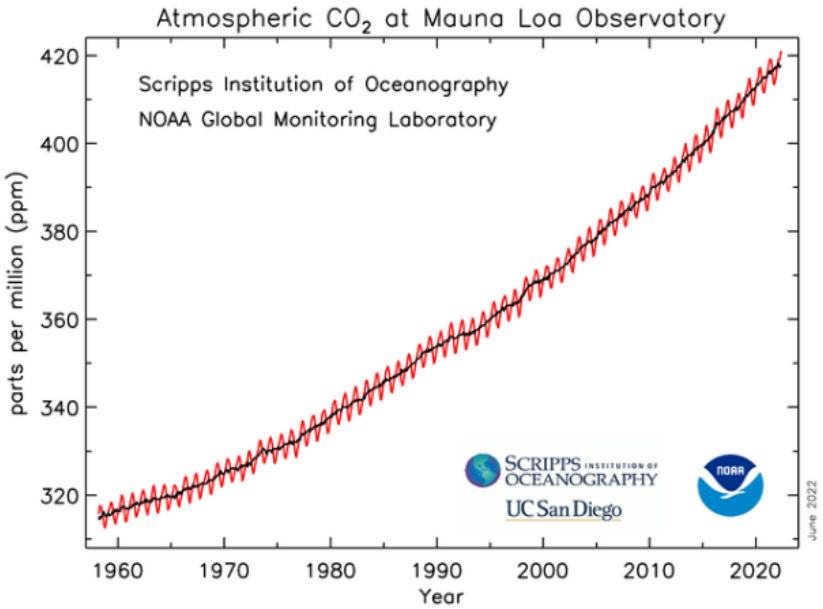
INFLUÊNCIA ANTROPOGÊNICA NO CLIMA

A concentração de gases de efeito estufa na atmosfera tem aumentado desde a primeira revolução industrial, que começou na década de 1760, na Grã-Bretanha, e se espalhou pelo resto do mundo. A maior concentração dos gases, que retêm a energia emitida pela superfície do planeta, intensifica o efeito estufa contribuindo para o aquecimento da superfície da Terra e, consequentemente, das camadas de ar adjacentes, como um processo de retroalimentação no sistema climático.

Os principais gases de efeito estufa são vapor d'água (H_2O), dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) e clorofluorcarbonos (CFCs). Esses gases têm fontes naturais e antropogênicas. O H_2O é um gás natural de efeito estufa, mais abundante na atmosfera e tem sua concentração aumentada à medida que o planeta se aquece, pois há intensificação da evaporação e o ar mais quente pode conter mais vapor d'água. Entretanto, o maior "vilão" para o aumento do efeito estufa é o CO_2, que tem sua concentração aumentada pelas emissões decorrentes das atividades humanas. A queima de combustíveis fósseis e a mudança no uso da terra (por exemplo, desmatamento) são as principais fontes antropogênicas de CO_2, enquanto a respiração de organismos vivos e erupções vulcânicas são as principais fontes naturais. Em 1850, a concentração de CO_2 era de cerca de 280 partes por milhão (ppm). Atualmente, o valor é 50% maior (420 ppm), conforme registros do observatório de Mauna Loa (Figura 4), localizado numa ilha no oceano Pacífico (dados fornecidos por Global Monitoring Laboratory[1]).

[1] TRENDS in atmospheric carbon dioxide. **Global monitoring laboratory**: earth system research laboratories, [*S. l.*], 2023. Disponível em: https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/. Acesso em: 1 nov. 2023.

Figura 4 – Série temporal dos registros de CO_2 (ppm) no observatório de Mauna Loa. O valor observado mais recente foi de 420 ppm no mês de maio de 2022.



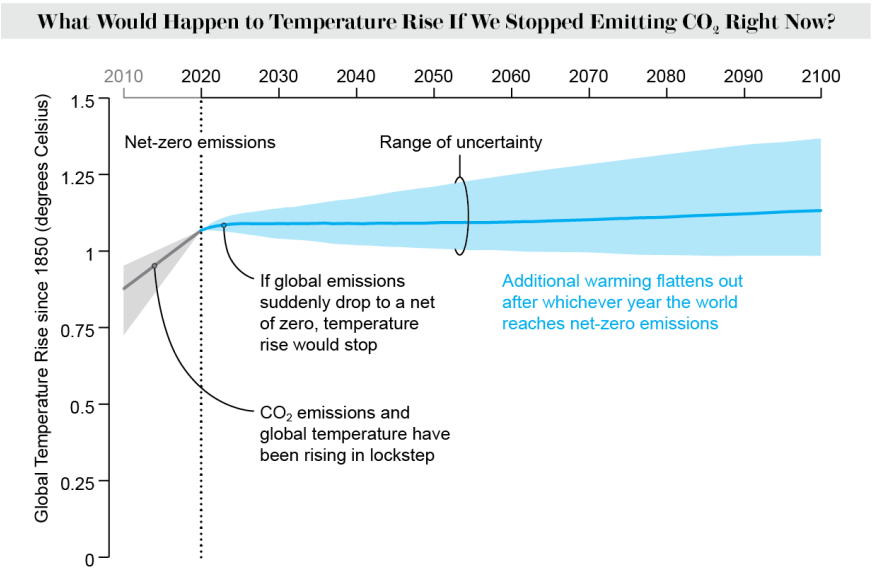
Fonte: Trends [...] (2023).

As principais fontes antropogênicas de CH_4 são a decomposição de resíduos em aterros sanitários, agricultura e cultivo de arroz, digestão de ruminantes, gestão de estrume associada ao gado doméstico e queima de biomassa, enquanto as fontes naturais são as zonas úmidas como, por exemplo, pântanos. Com relação ao N_2O, são fontes antropogênicas de emissões os fertilizantes artificiais, queima de biomassa, e queima de combustíveis fósseis, enquanto as fontes naturais estão relacionadas a emissões por bactérias no solo e nos corpos d'água. Por fim, as emissões de CFCs são totalmente produzidas pelas atividades humanas através de compostos sintéticos de origem industrial utilizados em diversas aplicações como na refrigeração. Em 1987, o Protocolo de Montreal determinou o fim do uso dos CFCs por serem prejudiciais à camada de ozônio estratosférica. Porém, no protocolo foi estabelecido um prazo até 1996 para os países desenvolvidos eliminarem o uso e até 2010 para os em desenvolvimento. Em 2007, o Brasil proibiu a importação dos CFCs (Rabelo, 2007).

Quando os gases de efeito estufa são injetados na atmosfera, eles têm um longo tempo de residência nesse componente do sistema

climático. Isso significa que mesmo num cenário em que as emissões fossem eliminadas (zero de emissão), o sistema climático ainda continuaria apresentando aumento da temperatura (Figura 5). O tempo de permanência do CH_4 na atmosfera é de ~10 anos, N_2O é de ~150 anos, CO_2 varia de 50 a 200 anos e os CFCs variam de 65 a 130 anos.

Figura 5 – Projeção da anomalia da temperatura média global considerando um cenário em que as emissões fossem totalmente eliminadas (zero de emissão).

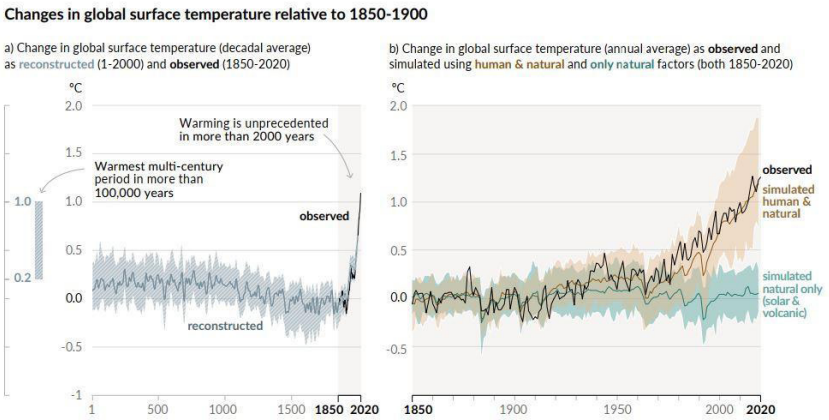


Fonte: Adaptado de Fischetti (2018).

Conforme o IPCC-AR5 (Masson-Delmotte *et al.*, 2021), não há mais dúvidas de que o rápido aquecimento do planeta é consequência das atividades humanas. Desde o primeiro relatório do IPCC, publicado em 1991, são apresentadas as evidências das mudanças climáticas e entre elas têm-se: tendência positiva nos registros das temperaturas da superfície, ar e mar; redução da extensão da cobertura de gelo marinho no Ártico; aumento do conteúdo de calor dos oceanos; aumento do nível do mar; aumento da umidade na atmosfera; redução da cobertura de neve e derretimento antes do período esperado e degelo dos glaciares. Além dos dados observados em estações de monitoramento, outra forma de mostrar o aumento da temperatura do planeta é através de simulações com modelos numéricos. A Figura 6 mostra que a temperatura do ar

próxima à superfície observada entre 1850 e 2020 só é reproduzida quando os efeitos antropogênicos são inseridos nas simulações, apenas a influência dos efeitos naturais no clima não é suficiente para explicar o aumento das temperaturas.

Figura 6 – (a) Anomalias da temperatura do ar próxima à superfície relativas ao período 1850-1990 e (b) observação entre 1850 e 2020 (linha preta) e simulações considerando o efeito antropogênico e natural (linha marrom) e somente o efeito natural (linha verde).



Fonte: Adaptado do Changes [...] (2021).

CONSEQUÊNCIAS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Os impactos das mudanças climáticas nos componentes do sistema climático e, consequentemente, nos seres vivos, não são assunto para o futuro, uma vez que já se sentem os efeitos do aumento da temperatura média global. Recentemente, a Organização Meteorológica Mundial (World Health Organization, 2021) compilou alguns impactos registrados no globo, como:

- em todos os anos de 2017 a 2021, a extensão média mínima de gelo marinho no verão do Ártico e a extensão média máxima de gelo marinho no inverno foram abaixo da média de longo prazo de 1981-2010. Em setembro de 2020, a extensão do gelo marinho do Ártico atingiu seu segundo mínimo mais baixo do período histórico; e

- o ano de 2021 registrou eventos extremos de tempo e clima devastadores;

- uma assinatura das mudanças climáticas causadas pelo homem tem sido associada à onda de calor na América do Norte e nas inundações na Europa Ocidental.

No Brasil, o Grupo de Estudos Climáticos da Universidade de São Paulo (GrEC-USP; www.grec.iag.usp.br) relatou em suas análises mensais os episódios de ondas de frio no inverno de 2021, os eventos extremos de chuva intensa no sul da Bahia e norte de Minas Gerais no final de 2021; os dois episódios de chuva extrema na cidade de Petrópolis (RJ), um em fevereiro e outro em março de 2022 e, mais recentemente, a chuva extrema em Pernambuco no final de maio de 2022. Além disso, em termos de clima, o período entre 2020-2021 foi marcado pela seca histórica na bacia do rio Paraná.

O aumento da temperatura média do planeta acarreta aumento da evaporação, mas isso não significa que a chuva irá aumentar em todo o globo. A circulação atmosférica transporta o vapor d'água de forma que algumas regiões se tornarão mais chuvosas e outras secas. Regiões secas serão ainda mais impactadas, pois as temperaturas elevadas contribuirão para a retirada da água do solo, tornando o ambiente ainda mais seco. Mudanças regionais na temperatura da superfície e ar causam problemas aos cultivos e aos animais. Por exemplo, é projetada uma grande redução da área de produção de café no sudeste do Brasil num clima em que a temperatura aumente 5ºC em comparação ao clima presente. Vetores da dengue e malária podem se espalhar pelo Brasil (visite a revisão da literatura apresentada em Reboita *et al.,* 2021).

Voltando à questão dos eventos extremos como as ondas de frio e de calor, na ocorrência das ondas de frio é comum escutar comentários sobre a descrença das mudanças climáticas. De fato, para a população em geral, que carece de conhecimentos de física da atmosfera, é difícil entender que os eventos extremos não são apenas de calor. Uma forma de se pensar nos eventos extremos é que eles são uma resposta à perturbação ao sistema climático e que buscam o equilíbrio térmico do planeta. Entretanto, há uma sucessão de fatores que contribuem para aumentar a frequência e intensidade dos eventos extremos em cenários de aumento da temperatura do planeta. Considerando o aumento da temperatura da superfície do mar, essa fornece energia para a atividade convectiva (formação de nuvens profundas na atmosfera) que excita a ocorrência de ondas na atmosfera (uma analogia pode ser feita com o lançamento de uma

pedrinha numa poça d'água; no caso da atmosfera, a pedrinha são as nuvens com grande desenvolvimento vertical). Essas ondas se dispersam na atmosfera e causam anomalias de pressão em superfície onde em alguns locais são favoráveis à chuva, outras à seca e em outras a ondas de frio ou calor.

Outro impacto das mudanças climáticas é que em temperaturas mais elevadas, as moléculas de água se expandem, consequentemente, o volume dos corpos d'água aumentam. Portanto, muitas regiões costeiras no globo estão susceptíveis à invasão do oceano.

Em termos de projeções climáticas para a América do Sul nas próximas décadas, um dos resultados é o aumento da frequência e intensidade dos eventos extremos de chuva no sudeste do continente e condições mais secas na Amazônia (Reboita *et al.,* 2021). Sobre a frequência e intensidade dos diferentes tipos de ciclones na costa da América do Sul em cenários de mudanças climáticas, uma discussão é apresentada no capítulo Ciclones: Tipos, Impactos na Costa Brasileira e Projeções Climáticas.

REFERÊNCIAS

CHANGES in global surface temperature. **Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt**, [*S. l.*], 2021. Disponível em: https://www.dlr.de/en/images/2021/3/world_climate_report_ipcc. Acesso em: 1 nov. 2023.

CLIMATE system. **World ocean review**, [*S. l.*], 2010. Disponível em: https://worldoceanreview.com/en/wor-1/climate-system/earth-climate-system/. Acesso em: 1 nov. 2023.

FISCHETTI, M. There's still time to fix climate: about 11 years. **Scientific American**, [*S. l.*], 2018. Disponível em: https://www.scientificamerican.com/article/theres-still-time-to-fix-climate-about-11-years/. Acesso em: 1 nov. 2023.

HARTMANN, D. L. **ATM S 321 Selected Notes**. [*S. l.*: *s.n.*], 2015. Disponível em: https://atmos.uw.edu/~dennis/321/321_Lectures.html. Acesso em: 14 jan. 2022.

HARTMANN, D. L. **Global physical climatology**. 2. ed. Amsterdam, NL: Elsevier, 2016. p. 498.

HOUGHTON, J. T. *et al.* (ed.). **Climate change 2001**: the scientific basis. New York, US: Cambridge University Press, 2001.

MASSON-DELMOTTE, V. *et al.* (ed.) **Global warming of 1.5°C**. New York, US: Cambridge University Press, 2018.

MASSON-DELMOTTE, V. *et al.* (ed.). **Climate change 2021**: the physical science basis. New York, US: Cambridge University Press, 2021.

MONTEIRO, A. F. M. *et al.* Conhecer a complexidade do sistema climático para entender as mudanças climáticas. **Terrae Didatica**, Campinas, v. 17, n. 00, p. e021006, 2021. DOI: 10.20396/td.v17i00.8663763. Disponível em: https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/td/article/view/8663763. Acesso em: 13 jun. 2022.

MURRAY, B. J.; CARSLAW, K. S.; FIELD, P. R. Opinion: cloud-phase climate feedback and the importance of ice-nucleating particles. **Atmospheric Chemistry and Physics**, [*S. l.*], v. 21, n. 2, p. 665-679, 2021.

RABELO, R. Brasil proíbe importação de gás que destrói camada de ozônio. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima, Brasília, DF, 8 fev. 2007. Disponível em: https://www.gov.br/mma/pt-br/noticias/brasil-proibe-importacao-de-gas-que-destroi-camada-de-ozonio. Acesso em: 3 maio 2022.

REBOITA, M. S. *et al.* South America climate change revealed through climate indices projected by GCMs and Eta-RCM ensembles. **Climate Dynamics**,

[*S. l.*], v. 58, p. 459-485, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s00382-021-05918-2. Acesso em: 1 nov. 2023.

REBOITA, M. S.; AMBRIZZI, T. Climate system in a nutshell: an overview for understanding climate change. **International Journal of Development Research**, [*S. l.*], v. 12, n. 1, p. 53365-53378, 2022. Disponível em: https://www.journalijdr.com/sites/default/files/issue-pdf/23731.pdf. Acesso em: 1 nov. 2023.

RUDDIMAN, W. F. **Earth's climate**: past and future. 2. ed. [*S. l.*]: W. H. Freeman, 2008.

SCHNEIDER, T.; KAUL, C. M.; PRESSEL, K. G. Possible climate transitions from breakup of stratocumulus decks under greenhouse warming. **Nature Geoscience**, [*S. l.*], v. 12, n. 3 p. 163-167, 2019. DOI: https://doi.org/10.1038/s41561-019-0310-1. Acesso em: 1 nov. 2023.

SHAFER, M. Climate change primer. **Warm heart worldwide**, [*S. l.*], s.d. Disponível em: https://www.warmheartworldwide.org/what-is-climate--change.html. Acesso em: 1 nov. 2023.

SOLOMON, S. *et al.* (ed.). **Climate change 2007**: the physical science basis. New York, US: Cambridge University Press, 2007.

STOCKER, T. F. *et al.* (ed.) **Climate change 2013**: the physical science basis. New York, US: Cambridge University Press, 2013.

TRENDS in atmospheric carbon dioxide. **Global monitoring laboratory**: earth system research laboratories, [*S. l.*], 2023. Disponível em: https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/. Acesso em: 1 nov. 2023.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **United in science 2021**: a multi-organization high-level compilation of the latest climate science information. Genebra, CH: WHO, 2021. Disponível em: https://brasil.un.org/sites/default/files/2021-09/WMO_United_In_Science_2021.pdf. Acesso em: 25 maio 2022.

YNOUE, R. Y. *et al.* **Meteorologia**: noções básicas. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

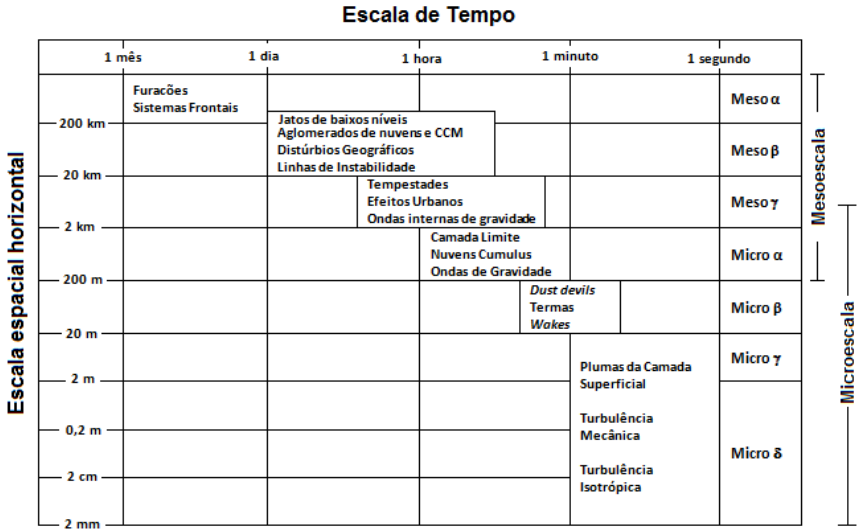
MODELAGEM NUMÉRICA EM MESOESCALA: DESAFIOS SOBRE ÁREAS URBANAS

Edmilson Dias de Freitas

INTRODUÇÃO

A modelagem de fenômenos atmosféricos em Mesoescala, que envolvem fenômenos de poucos a milhares de metros e que incluem os efeitos devidos à urbanização, constitui um dos maiores problemas em Meteorologia. As limitações para esse tipo de tratamento envolvem questões práticas, como a demanda por observações de variáveis atmosféricas necessárias para as condições iniciais dos modelos (temperatura, umidade, pressão e ventos), e de ordem numérica, como convergência da solução, estabilidade, erros de integração, entre outros. Há também limitações de ordem tecnológica, como o desenvolvimento de equipamentos mais precisos de medida e computadores mais rápidos com grande capacidade de armazenamento. Essas limitações impedem que processos físicos de pequena escala, como a formação de uma gota de chuva, a turbulência, a radiação, as trocas entre o solo, a vegetação e a atmosfera, entre outros, possam ser tratados explicitamente pelos modelos, exigindo o uso de procedimentos que tratam esses processos de forma aproximada, geralmente obtidos através de métodos empíricos. Tais procedimentos são chamados de parametrizações.

Figura 1 – Escalas típicas de tempo e espaço dos fenômenos que ocorrem entre a micro e a meso escala.



Fonte: Adaptado de Orlanski (1975).

A Figura 1 é resultado de um trabalho muito conhecido de Orlanski (1975), que faz uma divisão dos diferentes fenômenos atmosféricos desde as menores escalas até as maiores. Essas escalas envolvem tempo e espaço, que, por sua vez, foram definidas com base nos fenômenos atmosféricos. Desta divisão, identificamos os diferentes fenômenos de Mesoescala, que vão de ondas de gravidade (ondas que se formam na atmosfera), nuvens cúmulos, efeitos urbanos e tempestades, jatos de baixos níveis, efeitos geográficos, linhas de instabilidade e aglomerados de nuvens, até os fenômenos maiores, como os sistemas frontais e os furacões. Neste capítulo, será dada ênfase aos efeitos urbanos, em média definidos entre alguns minutos e cerca de 12 horas na escala temporal e entre 2 e 20 km na escala espacial. Essa escala espacial tem muito a ver com a formação do sistema, o que não significa que os fenômenos estejam limitados apenas a estes 20 km. Os fenômenos podem crescer e ir além disso. Obviamente que para cidades maiores ou conglomerados urbanos, como a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), as dimensões seriam maiores (~ 40 - 80 km).

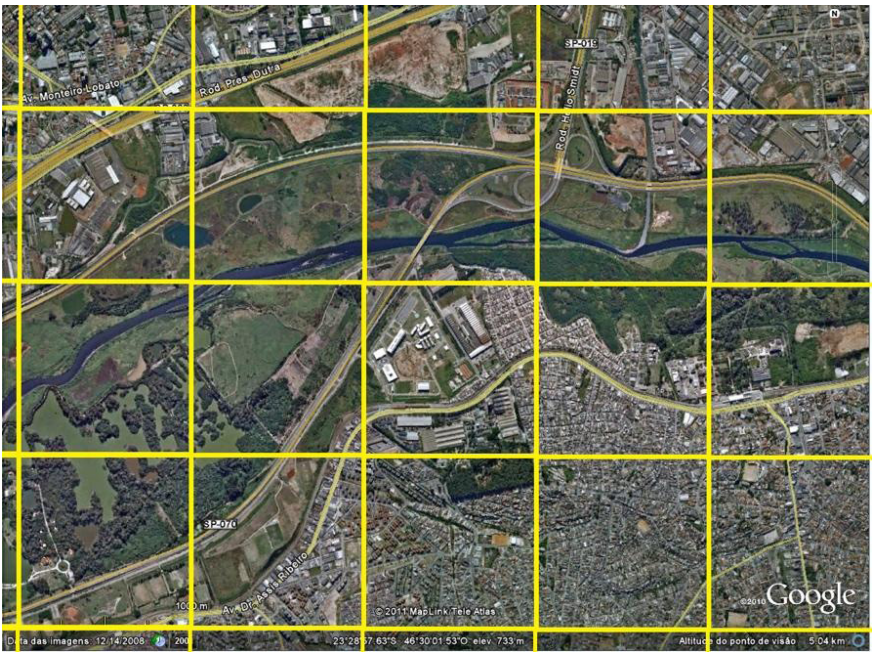
DEFICIÊNCIA DOS MODELOS EM REPRESENTAR ÁREAS URBANAS - UM CONTEXTO HISTÓRICO

Até os anos 2000, os modelos tinham uma forma muito simplificada, e até mesmo inadequada, para representar as cidades. Os modelos faziam a leitura do arquivo de uso do solo e, com base naquilo que identificavam, eram feitos os cálculos, de acordo com as constantes e os parâmetros disponíveis. Naquela época, as áreas urbanas, nos modelos atmosféricos em geral, eram tratadas como solo nu, numa tentativa de representar o aquecimento anômalo que era observado nas cidades. Esta aproximação funcionava relativamente bem durante o dia, porém, à noite o resfriamento era excessivo, não caracterizando os efeitos urbanos de forma adequada. A rugosidade urbana, um obstáculo para o escoamento do ar, também era ignorada. A evolução desse tipo de aproximação foi adaptar parâmetros da vegetação ou do solo para tentar imitar o que acontece em uma área urbanizada. Por exemplo, em uma cidade ideal toda precipitação que cai vai rapidamente para o sistema de bueiros, então, é preciso ter uma condutividade hidráulica do solo muito alta para representar esse efeito e fazer com que essa água escoe rapidamente. Assim, algum aspecto da vegetação ou do solo era modificado para tentar adequar o modelo ao que acontece em uma cidade. Contudo, do ponto de vista físico o procedimento não era adequado, embora fosse o que melhor representasse a situação real naquela época.

Outro aspecto importante é que as contribuições antrópicas não eram consideradas, embora existissem modelos dedicados ao estudo da qualidade do ar que não interagiam com a atmosfera. Na época, existia um modelo fotoquímico muito conhecido, o modelo da Caltech na Califórnia (USA) e que se chamava *CIT (acrônimo para Caltech Institute of Technology)*. Era um modelo utilizado para desenvolver as reações fotoquímicas, mas que não interagia com os constituintes da atmosfera, configurando um problema.

Os esquemas radiativos não consideravam as alterações na composição atmosférica, por exemplo, devidas aos aerossóis, um aspecto extremamente importante para estudos sobre mudanças climáticas. Além disso, na época existia um problema muito sério, que era a capacidade computacional muito limitada, implicando em baixas resoluções espaciais. Atualmente, todos esses aspectos foram incluídos nos modelos, embora ainda exista a necessidade de parametrizações.

Figura 2 – Imagem obtida do Google Earth, referente a uma região de São Paulo próxima ao aeroporto de Guarulhos, centrada sobre a Escola de Artes e Ciências Humanas (EACH) da USP, localizada na zona Leste da cidade de São Paulo. Os quadrados amarelos representam uma grade regular de 1 por 1 quilômetro.



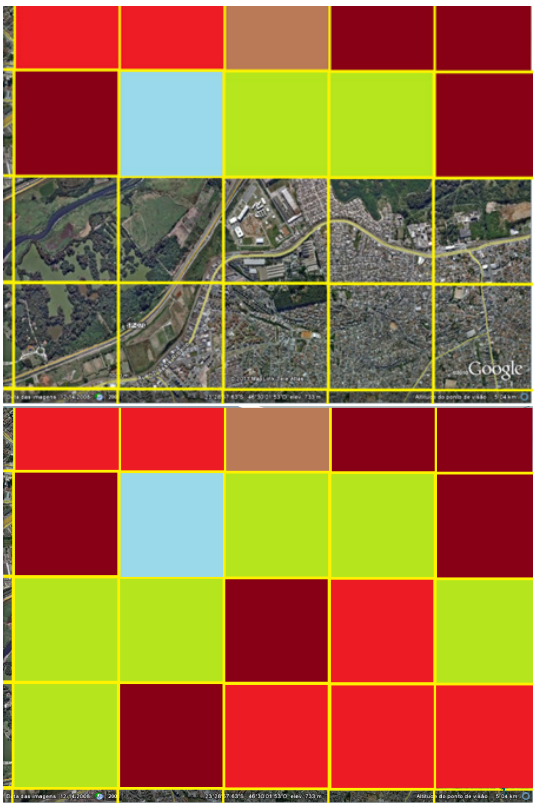
Fonte: Adaptado do Google Earth (2010). São Paulo, Brazil. 23° 28' 57.63"S, 46° 30' 01.53"O, Altitude do ponto de visão 5.04 km. MapLink/Tele Atlas 2011.

A Figura 2 apresenta uma imagem de satélite, obtida do Google Earth, centrada sobre a Escola de Artes e Ciências Humanas (EACH) da USP, localizada na zona Leste da cidade de São Paulo. Analisando a imagem é perceptível o Parque Ecológico do Tietê, uma região vegetada e com muitos corpos d'água. Verificamos também a região densamente ocupada por construções de pequeno porte, na porção sudeste da figura, duas das principais rodovias de São Paulo (Presidente Dutra e Ayrton Senna), armazéns e galpões na porção norte, áreas com solo exposto, entre outros aspectos. Nota-se a grande heterogeneidade no uso do solo que é possível verificar em uma escala menor do que 1 km. Porém, para o tratamento em modelos, tais feições da superfície acabam sendo "perdidas", uma vez que os

modelos atmosféricos, em grande maioria, trabalham com espaçamentos de grade maiores. No exemplo utilizado, todas essas feições da superfície acabam sendo representadas por aquela que aparece em maior número, em uma grade de 1 por 1 km, sendo feita uma conversão da imagem da Figura 2, para uma classificação de uso do solo, conforme ilustrado na Figura 3.

A partir do arquivo de uso do solo criado, os modelos, através de tabelas de parâmetros pré-estabelecidos, identificam o tipo de superfície e desenvolvem as equações necessárias para calcular os fluxos de calor sensível, latente e momento, albedo da superfície e outras quantidades importantes para os processos atmosféricos.

Figura 3 – Ilustração do processo de criação de um arquivo de uso e ocupação do solo, a partir de imagens de satélite, para uso em modelos atmosféricos. Em cada grade de 1 por 1 km, as feições predominantes da superfície são classificadas em uma única classe, representada pelas diferentes cores na figura.



Fonte: Painel da esquerda, adaptado do Google Earth (2010). São Paulo, Brasil. 23° 28’ 57.63”S, 46° 30’ 01.53”O, Altitude do ponto de visão 5.04 km. MapLink/Tele Atlas 2011. Painel da direita, o próprio autor.

Verificamos desse procedimento que muitas informações importantes da superfície acabam sendo ignoradas nos modelos, sendo esta uma das limitações da modelagem numérica da atmosfera. A situação fica ainda pior quando da utilização de resoluções mais baixas, da ordem de 20 km, utilizadas nos modelos de previsão e diagnóstico do tempo, ou de 50 ou 100 km, utilizadas nos modelos climáticos globais.

PROCESSOS FÍSICOS E NECESSIDADE DE PARAMETRIZAÇÕES

Outro desafio para a modelagem numérica da atmosfera é a representação dos processos físicos em resoluções adequadas. Como mencionado anteriormente, a grande maioria dos modelos utiliza resoluções da ordem de quilômetros, o que é insuficiente para representação de um grande número de processos físicos e químicos que ocorrem na atmosfera. Por exemplo, a radiação, a formação de gotas de chuva, a convecção, a interação solo-superfície-atmosfera, entre outros. No caso das cidades, tem-se uma estrutura em escala muito menor do que 1 km, envolvendo heterogeneidades muito grandes, como prédios de diferentes alturas, ruas, vegetação, corpos d'água, entre outros. Todos esses aspectos precisam ser representados de alguma forma e isso é feito através das chamadas "Parametrizações". Uma parametrização é uma forma de tratar os fenômenos atmosféricos que ocorrem em escalas muito menores que a escala da grade. Esses fenômenos são tratados em Modelagem Numérica como "fenômenos de escala sub-grade". Esses fenômenos não são resolvidos de forma explícita e são baseados em experimentação, sendo, portanto, tratados empiricamente.

FENÔMENOS ATMOSFÉRICOS EM MESOESCALA

As heterogeneidades mencionadas anteriormente são responsáveis pelo aquecimento/resfriamento diferencial da superfície, em virtude da diferença na capacidade térmica dos diferentes elementos que compõem a superfície terrestre. Esse aquecimento diferencial dá origem às "Circulações Locais". Existem vários tipos de circulações locais como, por exemplo, as brisas marítimas, as circulações vale-montanha e as ilhas de calor, principal foco deste capítulo. Tais circulações são responsáveis por importantes fenômenos atmosféricos,

como a formação de tempestades, transporte de poluentes pelo vento, rajadas de vento, entre outros.

ESTRUTURA URBANA E ILHAS DE CALOR

Ilhas urbanas de calor são originadas por diversas razões. A primeira delas é a própria estrutura das cidades, constituídas por construções de diversas formas e dimensões, que interagem com a radiação solar e aprisionam calor, reemitindo posteriormente para a atmosfera e para as construções vizinhas. Há também um grande número de fontes antrópicas de calor e de poluentes, como veículos e indústrias, sistemas de refrigeração (ar-condicionado), atividades comerciais e até mesmo pessoas.

Em cidades grandes como São Paulo há também uma grande heterogeneidade nos tipos de construções e no tipo de ocupação urbana, o que torna a modelagem dessas regiões ainda mais desafiadora.

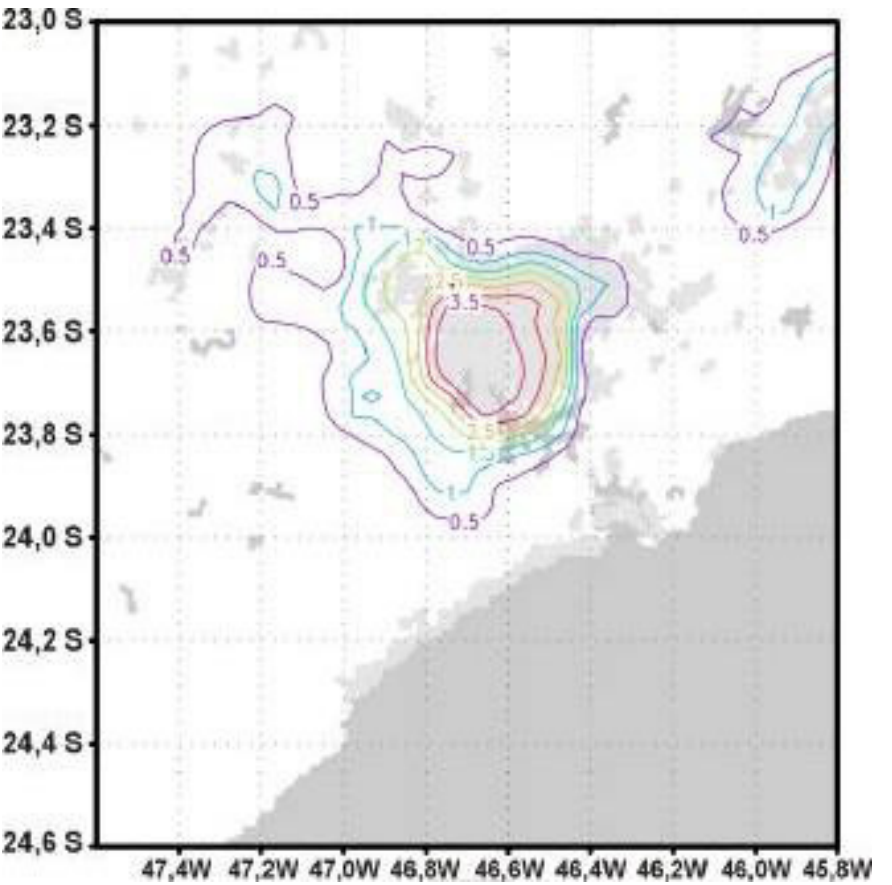
Como tratar o problema utilizando modelos numéricos?

Nos modelos numéricos, não é possível tratar explicitamente todos os aspectos da estrutura e composição urbana, sendo necessárias parametrizações para essa tarefa. Um exemplo de parametrização, utilizada em vários modelos, é a aproximação de "Cânion Urbano", como o "Town Energy Budget" (TEB) (Masson, 2000; Freitas *et al.*, 2007), que considera que cada ponto de grade é formado por telhados, paredes e ruas. Esses modelos interagem com a radiação de diferentes formas, permitindo reflexões entre as superfícies das paredes e as ruas, e consideram diferentes fontes antrópicas de calor, como aquelas existentes nos veículos, nas indústrias ou nas atividades domésticas e comerciais.

A Figura 4, obtida de Freitas (2003), mostra o resultado da aplicação do modelo TEB para a simulação do efeito de Ilha de Calor na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Nesta simulação, o autor identificou a existência de fortes gradientes térmicos entre o centro urbano e as áreas rurais adjacentes, da ordem de 3,5 e 4 graus. Freitas (2009) mostrou que não são as grandes cidades que

desenvolvem ilhas de calor. Em cidades menores, como o caso de Campinas, também se identifica esse efeito em menores proporções, com diferenças de temperatura em torno de 2,5 graus durante a noite e 1 grau durante o dia. O efeito pode ser verificado em cidades ainda menores como Paulínia, Americana, Limeira e São Carlos.

Figura 4 – Gradientes de temperatura ilustrando o efeito de Ilha de Calor. As regiões urbanas e os corpos d'água estão representados em tons de cinza ao fundo.



Fonte: Freitas (2003).

EXPANSÃO DE ÁREAS URBANAS E SUA RELAÇÃO COM A PRECIPITAÇÃO

A associação das áreas urbanas com os eventos extremos de precipitação é abordada no trabalho de Silva Dias *et al.* (2013), em que foram coletadas informações sobre o crescimento urbano desde 1881 até 2007, sendo possível observar o crescimento da mancha que representa a área urbanizada da região, bem como a forte ligação existente com o aumento da população. Essas informações foram relacionadas com os dados de precipitação, medidos desde 1932, na estação meteorológica do IAG, tendo sido observada uma tendência de aumento das precipitações da ordem de 5 mm por ano. Boa parte desse aumento está associado a fenômenos globais, como temperatura do oceano e oscilações de grande escala, mas uma grande contribuição se deve aos aerossóis emitidos na cidade e ao próprio processo de urbanização.

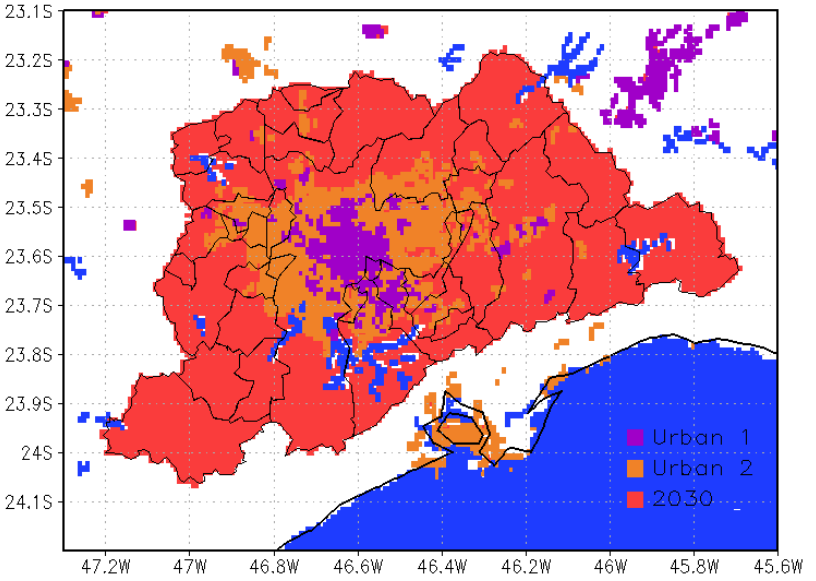
COMO A CIDADE E A BRISA MARÍTIMA PODEM INTENSIFICAR A FORMAÇÃO DE NUVENS?

Freitas *et al.* (2007) mostraram como a área urbana e a brisa marítima atuam em conjunto para intensificar ou favorecer o processo de formação de nuvens. Em São Paulo, observa-se a chegada da brisa marítima quase todos os dias, sendo este um mecanismo, principalmente durante o verão, responsável pela formação de nuvens e, eventualmente, de fortes tempestades, e que, durante o inverno, contribui para a remoção de poluentes atmosféricos. O acoplamento entre as duas circulações locais, ou seja, a Brisa Marítima se deslocando desde o litoral e encontrando as circulações devidas à Ilha de Calor, gerada pelo aquecimento anômalo da cidade, intensificam as correntes ascendentes (movimento de ar da superfície para níveis mais altos da atmosfera), favorecendo a formação de nuvens. Eventualmente, as nuvens formadas evoluem para nuvens cumulonimbus e até mesmo para supercélulas, aspectos muito comuns durante o verão em São Paulo, em que praticamente todas as tardes são observados esses eventos.

ALGUMAS PREOCUPAÇÕES PARA O FUTURO — EXPANSÃO DAS ÁREAS URBANAS

Conforme mencionado anteriormente, no trabalho de Silva Dias *et al.* (2013), como poderia se esperar, verificou-se que o aumento da população foi acompanhado por uma expansão horizontal da área urbana da RMSP, e isto esteve associado ao aumento no número de eventos severos de precipitação na região. Sabemos também que a tendência é de que a população mundial continue crescendo a uma taxa um pouco menor que 1% ao ano (United Nations, 2022). Assim, precisamos ficar atentos aos possíveis impactos que este crescimento urbano pode trazer, por exemplo, aumentando ainda mais a intensidade e frequência dos eventos de tempestades sobre as áreas urbanas, mais vulneráveis a este tipo de evento meteorológico. Pensando nesses problemas, Bender (2019) realizou uma série de experimentos numéricos para considerar os impactos do crescimento urbano da RMSP em eventos de tempestades. O ano escolhido para os experimentos foi 2030, sendo um período já estudado por grupos de pesquisa no Brasil, como o Núcleo de Estudos de População, da UNICAMP. Neste contexto, Young (2013) realizou simulações com um modelo dinâmico de uso do solo (Dinâmica EGO), mostrando que o crescimento urbano ocorrerá praticamente em todos os municípios da RMSP. Fazendo uma extrapolação ainda maior do problema, Bender (2019) considerou uma urbanização hipotética em todos os municípios (Figura 5) e realizou integrações numéricas com o modelo atmosférico de Mesoescala BRAMS (Freitas *et al.*, 2017), utilizando como referência um caso de tempestade severa ocorrido na RMSP em 14 de fevereiro de 2013.

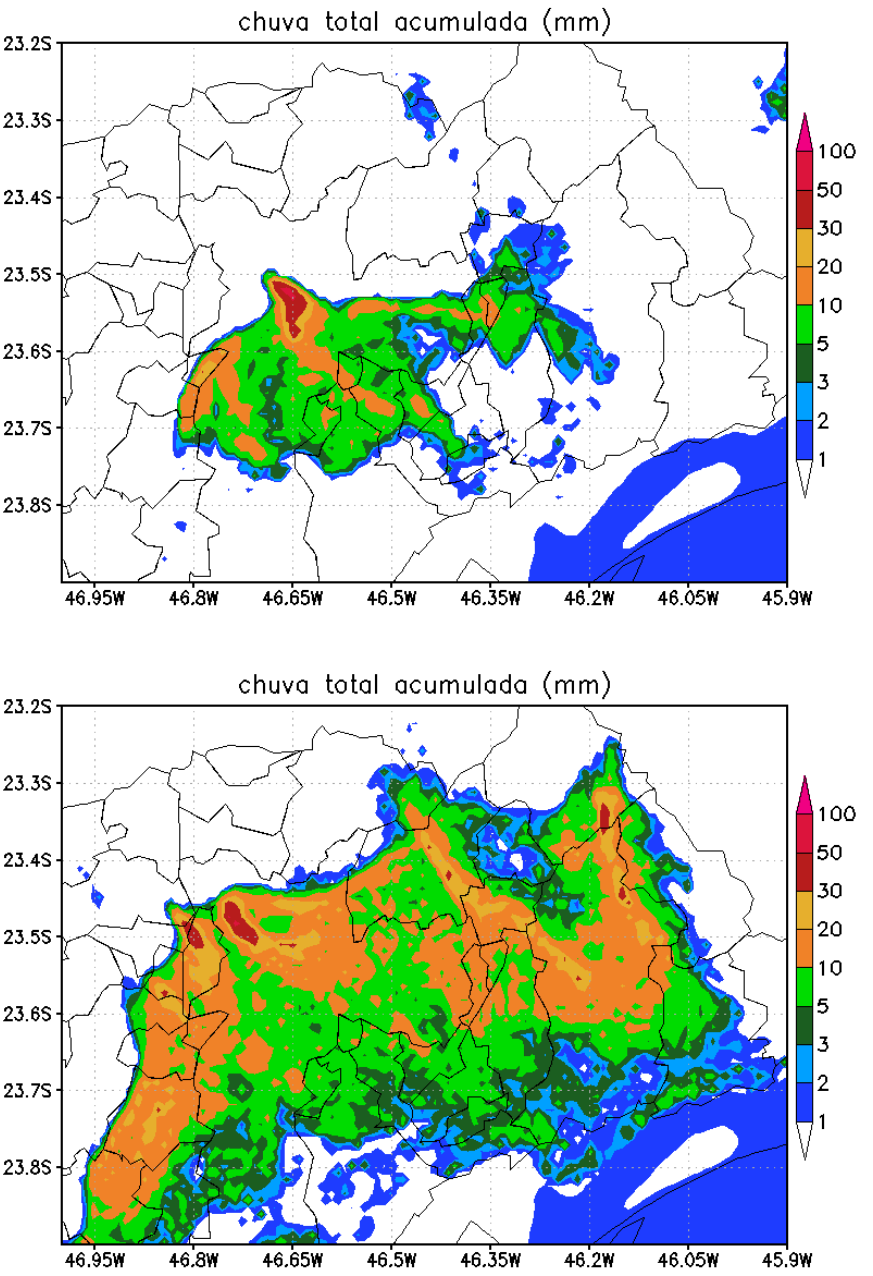
Figura 5 – Classificação/Uso do solo baseada nos arquivos do USGS (roxo e laranja), adaptada para as condições da RMSP por Freitas *et al.* (2007) e uma extrapolação da área urbana prevista para 2030 (vermelho), adaptado de Young (2013).



Fonte: Bender (2019).

Os resultados da simulação de controle mostraram boa aderência aos dados observados no evento, tanto no tempo quanto no espaço. Os totais acumulados de precipitação do evento chegaram aos 100 mm, tendo sido reproduzidos pelo modelo. Assim, com a extrapolação de área urbana mostrada na Figura 5, foram feitas novas simulações para o mesmo evento, porém, agora com uma contribuição urbana muito maior. A Figura 6 mostra a comparação entre os totais de precipitação obtidos nas duas simulações.

Figura 6 – Comparação entre a precipitação acumulada obtida da simulação de controle (esquerda) e o cenário 2030 (direita. Uso do solo da Figura 5) para o evento de tempestade ocorrido na RMSP no dia 13 de fevereiro de 2013.



Fonte: Adaptado de Bender (2019); Bender; Freitas; Machado (2019).

Da Figura 6 verifica-se que o aumento da área urbanizada da RMSP pode resultar em um aumento significativo nos totais de precipitação ocorridos durante eventos de tempo severo. Isso se deve ao aumento das fontes artificiais de calor, aumento significativo das estruturas urbanas e da rugosidade da superfície. Dessa forma, com o cenário apresentado perante a simulação, nota-se o quanto haveria um aumento nas chuvas caso todos os municípios fossem efetivamente urbanizados.

ÁREAS URBANAS E POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

Sabemos que áreas urbanas constituem grandes fontes de emissão de poluentes. A contribuição de cada tipo de fonte é bastante variável. Na RMSP, os veículos são os maiores contribuintes, sendo responsáveis por 96% das emissões de Monóxido de Carbono (CO), 73% de Hidrocarbonetos (HC), 65% de Óxidos de Nitrogênio (NOx), 11% de Óxidos de Enxofre (SOx) e 40% de Material Particulado (MP) (São Paulo [Estado], 2021). Assim, modelos atmosféricos foram adaptados para representar também os poluentes atmosféricos. Tal aprimoramento é importante não apenas para o estudo e o monitoramento da qualidade do ar, mas também para melhor representar as interações que ocorrem na atmosfera, por exemplo, nos processos radiativos (interação da radiação com os aerossóis) e convectivos (partículas atuando como núcleos de condensação de nuvem). São importantes também para a representação dos processos de formação/consumo de poluentes secundários, como o Ozônio (O_3) e os aerossóis orgânicos secundários (AOS).

Buscando diminuir as emissões veiculares, alguns programas de governo foram instituídos no Brasil, como o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE) e o Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares (PROMOT). Esses programas foram responsáveis por uma redução expressiva na emissão de poluentes primários e, consequentemente, em suas concentrações na atmosfera. Entretanto, conforme demonstrado em Carvalho *et al.* (2015) e Pérez-Martínez; Andrade; Miranda (2015), o mesmo não ocorreu em relação ao Ozônio, o qual apresenta uma leve tendência de aumento ao longo dos anos, sendo este poluente ainda foco de diversos estudos atualmente. Outro ponto bem importante sobre os poluentes é que

um poluente gerado em uma região não fica confinado no local. Poluentes emitidos em uma região podem ser transportados pelo vento, em algum tipo de circulação atmosférica, como por exemplo, a brisa marítima e a própria circulação gerada pela ilha de calor. Esse transporte já vinha sendo indicado pelos modelos atmosféricos e de qualidade do ar há algum tempo, desde o início dos anos 2000 (Freitas, 2003), mas ainda não haviam sido confirmados experimentalmente. Preocupados com essa questão, Squizzato *et al.* (2021), realizaram experimentos de campo com um laboratório móvel para medir as concentrações de diversos poluentes atmosféricos, com destaque para o Ozônio, e mostraram que poluentes emitidos em São Paulo podem contribuir para grande parte das concentrações de Ozônio observadas em Botucatu (SP), localizada cerca de 250 quilômetros corrente abaixo da RMSP.

IMPORTÂNCIA DA VEGETAÇÃO NA MITIGAÇÃO DOS EFEITOS DA URBANIZAÇÃO

A vegetação tem um papel muito importante na mitigação dos efeitos urbanos. Gouvêa (2007), através de estudos de modelagem numérica com o modelo BRAMS, mostrou que um aumento em 25% na área vegetada da RMSP pode contribuir para uma redução entre 2,5 e 3,0 ^{o}C na temperatura próxima à superfície, o que contribuiria bastante para a redução dos efeitos de ilha de calor. Tais resultados foram corroborados por Morais *et al.* (2016), que chegou a valores equivalentes em uma versão mais sofisticada do modelo, em que um número maior de tipos urbanos e variação sazonal da vegetação foram incluídos, mostrando a importância da vegetação na redução da temperatura das áreas urbanas. Tal contribuição é facilmente perceptível. Em São Paulo, por exemplo, tal efeito pode ser verificado na região do MASP, na Avenida Paulista, em frente ao Parque Trianon, em um dia quente. Um rápido deslocamento da Avenida para o Parque permitirá verificar a sensação térmica de frescor, quase que imediato. Fica o leitor convidado a realizar este rápido experimento.

CONCLUSÃO

A população mundial está crescendo, assim como as cidades. Em função disso, os efeitos urbanos tendem a aumentar e, certa-

mente, isso causará maiores impactos sobre as condições do tempo e da qualidade do ar e, consequentemente, sobre a qualidade de vida das pessoas. Os modelos, como o mesoescala, são ferramentas poderosas para responder questões importantes relacionadas às mudanças climáticas e efeitos urbanos, mas ainda carecem de melhor detalhamento dos processos físicos e químicos, que tem uma ligação muito forte com o desenvolvimento computacional, pois exigem um número muito maior de cálculos. Esse desenvolvimento dos modelos depende também da realização de experimentos de campo para sua comprovação, conforme mencionado anteriormente, bem como de medidas contínuas das variáveis e poluentes atmosféricos em superfície e ar superior (rede de observações), para que as condições iniciais e de fronteira sejam mais bem definidas, o que requer investimento apropriado. Muito já foi feito, mas é necessário que continuemos buscando acrescentar cada vez mais os aspectos importantes para a correta representação das áreas urbanas, fornecendo, assim, uma ferramenta mais adequada para a definição de políticas públicas e tomadas de decisão.

REFERÊNCIAS

BENDER, A. **Condições Atmosféricas Conducentes a Tempestades Severas e sua Relação com a Urbanização na RMSP**. 2019. Tese (Doutorado em Meteorologia) — Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

BENDER, A.; FREITAS, E. D.; MACHADO, L. A. T. The impact of future urban scenarios on a severe weather case in the metropolitan area of São Paulo. **Climatic Change**, [*S. l.*], v. 156, n. 4, p. 471-488, 2019.

CARVALHO, V. S. B. *et al*. Air quality status and trends over the Metropolitan Area of São Paulo, Brazil as a result of emission control policies. **Environmental Science and Policy**, [*S. l.*], v. 47, p. 68-79, 2015.

FREITAS, E. D. **Circulações locais em São Paulo e sua influência sobre a dispersão de poluentes**. 2003. Tese (Doutorado em Meteorologia) — Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

FREITAS, E. D. *et al*. Interactions of an urban heat island and sea-breeze circulations during winter over the metropolitan area of São Paulo, Brazil. **Boundary-Layer Meteorology**, [*S. l.*], v. 122, n. 1, p. 43-65, 2007.

FREITAS, E. D. **Mudanças no uso do solo e seus impactos nos padrões atmosféricos e na qualidade do ar**. 2009. Tese (Livre Docência) — Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

FREITAS, S. R. *et al*. The Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System (BRAMS 5.2): an integrated environmental model tuned for tropical areas. **Geoscientific Model Development**, [*S. l.*], v. 10, n. 1, p. 189-222, 2017.

GOUVÊA, M. L. **Cenários de impacto das propriedades da superfície sobre o conforto térmico humano na cidade de São Paulo**. 2007. Tese (Mestrado em Ciências Atmosféricas) — Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, 2007.

MASSON, V. A Physically-Based Scheme for the Urban Energy Budget in Atmospheric Models. **Boundary-Layer Meteorology**, [*S. l.*], v. 94, n. 3, p. 357–397, 2000.

MORAIS, M. V. B. *et al*. A modeling analysis of urban canopy parameterization representing the vegetation effects in the megacity of São Paulo. **Urban Climate**, [*S. l.*], v. 17, p. 102-115, 2016.

ORLANSKI, I. A rational subdivision of scales for atmospheric processes. **Bulletin of the American Meteorological Society**, [*S. l.*], v. 56, p. 527–530, 1975.

PÉREZ-MARTÍNEZ, P. J.; ANDRADE, M. F.; MIRANDA, R. M. Traffic-related air quality trends in São Paulo, Brazil. **Journal of Geophysical Research**: Atmospheres, [*S. l.*], v. 120, n. 12, p. 6290-6304, 2015.

SÃO PAULO (Estado). **Qualidade do ar no estado de São Paulo em 2020**. São Paulo: CETESB, 2021. 152 p. (Série Relatórios).

SILVA DIAS, M. A. F. *et al*. Changes in extreme daily rainfall for São Paulo, Brazil. **Climatic Change**, [*S. l.*], v. 116, n. 3–4, 2013.

SQUIZZATO, R. *et al*. Beyond megacities: tracking air pollution from urban areas and biomass burning in Brazil. **npj Climate and Atmospheric Science**, [*S. l.*], v. 4, n. 1, p. 17, 2021.

UNITED NATIONS. Department of Economic and Social Affairs. **World population prospects 2022**: summary of results. New York, US: United Nations, 2022.

YOUNG, A. F. Urban expansion and environmental risk in the São Paulo Metropolitan Area. **Climate Research**, [*S. l.*], v. 57, n. 1, p. 73–80, 2013.

CICLONES: TIPOS, IMPACTOS NA COSTA BRASILEIRA E PROJEÇÕES CLIMÁTICAS

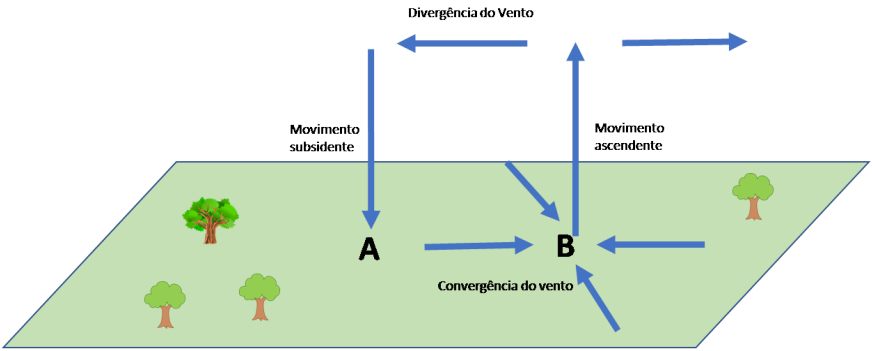
Michelle Simões Reboita e Natália Machado Crespo

INTRODUÇÃO

O planeta Terra recebe sua energia do Sol. No entanto, a energia que chega na superfície não é igual em todas as bandas de latitude. Como há a inclinação do eixo de rotação do planeta em relação ao seu plano orbital e, também, há movimento de translação, a energia recebida concentra-se em sua maior parte entre os trópicos, reduzindo em direção aos polos. Essa diferença de energia, que se reflete na temperatura do planeta, é responsável pelo desenvolvimento das circulações atmosférica e oceânica. Ambas têm como objetivo reduzir as diferenças térmicas entre pólos e equador (Reboita *et al.*, 2012; 2021c; Ynoue *et al.*, 2017; Ambrizzi *et al.*, 2021). As circulações na atmosfera estão associadas a diferentes sistemas atmosféricos em termos de escala temporal e espacial. Entre eles encontram-se os ciclones de escala sinótica (daqui em diante chamados apenas de ciclones), isto é, sistemas que têm a duração média de três dias e diâmetro, em geral, maior do que 10^3 km.

Os ciclones são definidos como centros de baixa pressão em superfície, o que significa que o centro deles apresenta menor pressão do que as áreas vizinhas. Mas como esses sistemas se formam? Vamos supor que algum distúrbio na atmosfera causou uma perturbação na pressão na superfície, fazendo com que ela decresça. Essa área com menor pressão induz os ventos a irem para sua direção e se encontrarem. Esse processo é denominado de convergência (Figura 1). Na presença de convergência, há movimentos ascendentes, ou seja, o ar convergindo acaba subindo, pois abaixo existe uma barreira que é a superfície. No entanto, a ascensão não ocorre infinitamente; à medida que o ar ascende fica mais frio e denso, de forma a surgir a divergência — processo inverso ao da convergência — isto é, os ventos escoam de um ponto comum para diferentes direções. Se a divergência em níveis altos da atmosfera exceder a convergência em baixos níveis, ocorre a redução da pressão atmosférica em superfície permitindo, assim, o desenvolvimento de um ciclone (Figura 1).

Figura 1 – Representação de áreas com alta (A) e baixa (B) pressão atmosférica em superfície e da ocorrência de convergência e divergência do vento, bem como de movimentos ascendentes e subsidentes na atmosfera.



Fonte: Elaborado pelas autoras.

As próximas seções apresentam os diferentes tipos de ciclones e os distúrbios que levam a sua gênese; alguns dos impactos que esses sistemas causam na costa brasileira e, na última seção, a climatologia dos ciclones e as projeções obtidas para cenários futuros, seguindo os cenários do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (*International Panel on Climate Change*, IPCC).

TIPOS DE CICLONES

Ciclones Extratropicais

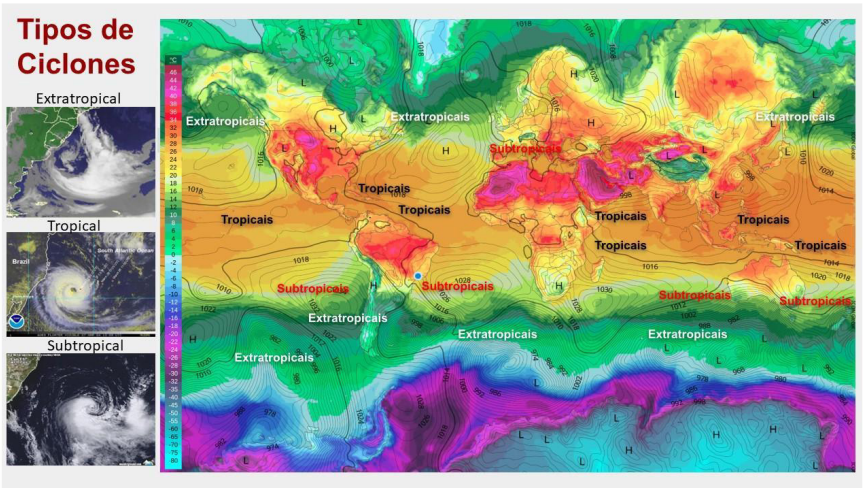
Como o nome já indica, são ciclones que ocorrem nas regiões fora dos trópicos. Esses sistemas também podem ser chamados de ciclones de latitudes médias (Figura 2). A formação dos ciclones extratropicais está associada à presença de gradientes horizontais de temperatura em superfície (Figura 2). Uma vez que há contraste de temperatura, em geral, o ar mais frio e denso acaba se deslocando em direção ao ar quente (o que também é um processo de convergência). Isso causa uma perturbação com a aparência de onda em baixos níveis da atmosfera (Figura 3) e o ar mais quente tende a ascender sobre o mais frio. Nesse processo, há o desenvolvimento de divergência em altos níveis que irá contribuir para a queda de pressão na superfície e intensificar a convergência. Assim, há um processo de retroalimentação. A formação da maioria dos ciclones

extratropicais está associada a esse mecanismo e, também, com a presença de ondas viajando na média troposfera. Como mostrado pelas equações da dinâmica da atmosfera (por exemplo, em Holton [2004]), a leste do eixo dos cavados em níveis médios e altos da atmosfera predomina a divergência, e isso ajuda na queda de pressão na superfície. Os ciclones extratropicais começam a decair quando a massa de ar frio consegue rotacionar e tomar conta da região antes dominada por ar quente. Assim, sem gradientes horizontais de temperatura não há mais energia para o sistema se manter.

O processo descrito de formação e decaimento dos ciclones extratropicais faz com que esses sistemas possuam uma característica peculiar que é um núcleo estendido por toda a troposfera com contraste de temperatura (um lado frio e outro quente). Essa característica se mantém ao longo da maior parte do ciclo de vida dos ciclones extratropicais; só na fase de dissipação que o núcleo tende a se tornar predominantemente frio. Com relação aos ventos, nos ciclones extratropicais esses são mais intensos na alta troposfera (acima de 6 km de altura). Para conhecer mais sobre a estrutura dos ciclones, recomenda-se a leitura de Reboita *et al.* (2017a; 2017b) e Reboita e Marrafon (2021).

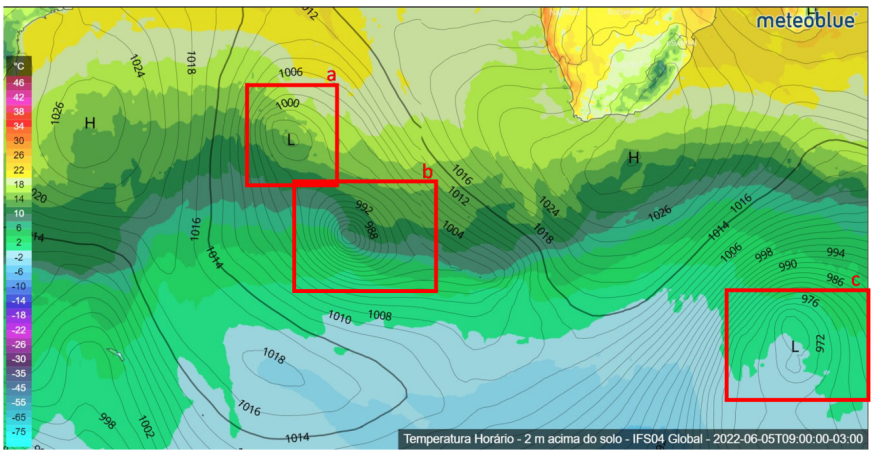
Os ciclones extratropicais são o tipo mais frequente no planeta e, também, no oceano Atlântico Sul. Anualmente, mais de 200 ciclones extratropicais atuam na porção oeste do Atlântico Sul (Reboita *et al.*, 2018; Crespo *et al.*, 2021; Jesus *et al.*, 2021), sendo que a costa leste da América do Sul apresenta três regiões preferenciais de gênese desses sistemas: costa da região sudeste/sul do Brasil, extremo sul do Brasil e Uruguai e sudeste da Argentina. O Grupo de Estudos Climáticos da Universidade de São Paulo (GREC-USP) monitora mensalmente os ciclones extratropicais no Hemisfério Sul com ênfase na América do Sul e disponibiliza as informações em www.grec.iag.usp.br.

Figura 2 – Regiões propícias ao desenvolvimento dos diferentes tipos de ciclones de escala sinóptica. A imagem também mostra a temperatura do ar a 2 metros de altura (ºC) e a pressão atmosférica ao nível do mar (PNMM, hPa) em um dado momento. As letras L e H indicam a posição dos ciclones e anticiclones, respectivamente (adaptado de Meteoblue). No lado esquerdo é mostrado, através de imagem de satélite, um exemplo de cada tipo de ciclone que ocorreu no oceano Atlântico Sul.



Fonte: Adaptado de Meteoblue (s.d.).

Figura 3 – Temperatura do ar a 2 metros de altura (ºC) e PNMM (hPa) em um dado momento. Os quadros vermelhos em destaque indicam a localização de três ciclones extratropicais. Note que em (a) e (b) há um contraste de temperatura bem definido no centro do ciclone, cujo nome técnico é gradiente horizontal de temperatura do ar, e que em (c) o contraste já é mais fraco, o que indica o decaimento do sistema.



Fonte: Adaptado de Meteoblue (s.d.).

Ciclones Tropicais

Os ciclones tropicais, também conhecidos como furacões e tufões quando atingem ventos com intensidade superior a 119 km/h^{-1}, são aqueles que se desenvolvem em regiões entre 5^{o} e 20^{o} de latitude em ambos os hemisférios. A fonte de energia desses sistemas é a evaporação do oceano e, por isso, ocorrem preferencialmente sobre os oceanos mais aquecidos. Entretanto, não basta apenas ter evaporação, há necessidade de algum distúrbio que auxilie na queda anômala da PNMM. Por exemplo, na presença de um distúrbio de onda a cerca de 700 hPa (visite https://people.cas.sc.edu/carbone/modules/mods4car/tropcycl/pages/easterlywave.html para conhecer a influência das ondas de leste na gênese dos ciclones tropicais) podem ocorrer anomalias negativas de pressão na superfície (nesse caso, as anomalias referem-se a pressões mais baixas que o normal sobre uma região específica), que se intensificam à medida que a evaporação contribui para o processo de liberação de calor latente por condensação. A energia liberada na condensação é usada tanto pela parcela que condensa quanto pelo ar ao redor. Logo, se a parcela aquece, irá se elevar na atmosfera. Como muitas parcelas estão ascendendo, poderá ocorrer divergência em altos níveis da troposfera e, assim, a pressão na superfície tenderá a diminuir ainda mais.

A intensificação dos ciclones tropicais também tem sido explicada pela teoria *Wind-Induced Surface Heat Exchange* (Emanuel, 1986; Zhang; Emanuel, 2016). Na presença de anomalias negativas de pressão, os ventos intensificam a troca mar-ar dos fluxos de calor latente e sensível sobre o oceano que, por sua vez, intensificam ainda mais o ciclone. Portanto, há um mecanismo de *feedback* positivo no desenvolvimento dos sistemas tropicais. Os ciclones tropicais decaem quando atingem o continente, pois a evaporação é extremamente reduzida e ocorre o efeito de atrito do sistema com a superfície.

No oceano Atlântico Sul, somente dois ciclones tropicais foram registrados e documentados desde o início da era satelital: o ciclone Catarina em 2004 (Pezza; Simmonds, 2005) e o Iba em 2019 (Reboita *et al.*, 2021c). Em ambos os casos, havia uma circulação anômala em níveis médios e altos da atmosfera que favoreceu um ambiente propício a eles, que é diferente do que ocorre nos trópicos.

Os ciclones tropicais diferenciam-se dos extratropicais por possuírem núcleo quente, que se estende da superfície até a tropopausa (i.e., camada que separa a troposfera da estratosfera), e pelos ventos mais intensos próximos à superfície do que em níveis mais elevados. No núcleo quente, o aquecimento é maior em níveis médios e altos da atmosfera em decorrência do aquecimento diabático (aquecimento que ocorre por conta da liberação de calor latente durante a condensação). Os ciclones tropicais também são classificados de acordo com a intensidade dos ventos sustentados próximo à superfície e a denominação de furacão é dada quando atingem intensidade maior ou igual a 119 km/h^{-1} na bacia do Atlântico Norte e Pacífico Leste. Já no Pacífico Oeste são chamados de tufão e no Índico e cercanias da Austrália recebem apenas o nome ciclone (National Hurricane Center, s.d.).

Ciclones Subtropicais

Como a atmosfera é um contínuo, não existem somente os ciclones extratropicais ou tropicais, ou seja, esses sistemas podem evoluir de um tipo ao outro. Por exemplo, um ciclone pode ter sua gênese como extratropical, passar por uma fase intermediária e chegar à categoria de tropical. Essa fase intermediária é chamada de híbrida ou subtropical. Além disso, há ciclones que já se formam com características subtropicais e se mantêm assim por todo o ciclo de vida ou evoluem para extratropical ou tropical.

Os ciclones subtropicais atuam preferencialmente entre 15° e 35° de latitude em ambos os hemisférios. Quando a gênese já é na categoria subtropical, há a presença de um cavado ou vórtice ciclônico de médios-altos níveis na troposfera e fracas perturbações ciclônicas na superfície (Rocha *et al.*, 2019). Além disso, apresentam uma estrutura vertical em que o núcleo em baixos níveis é quente, como dos ciclones tropicais, e frio em altos níveis, como dos ciclones extratropicais. Por isso a denominação "híbrido". Mais informações sobre o processo de formação desses sistemas podem ser encontradas em Rocha *et al.* (2019).

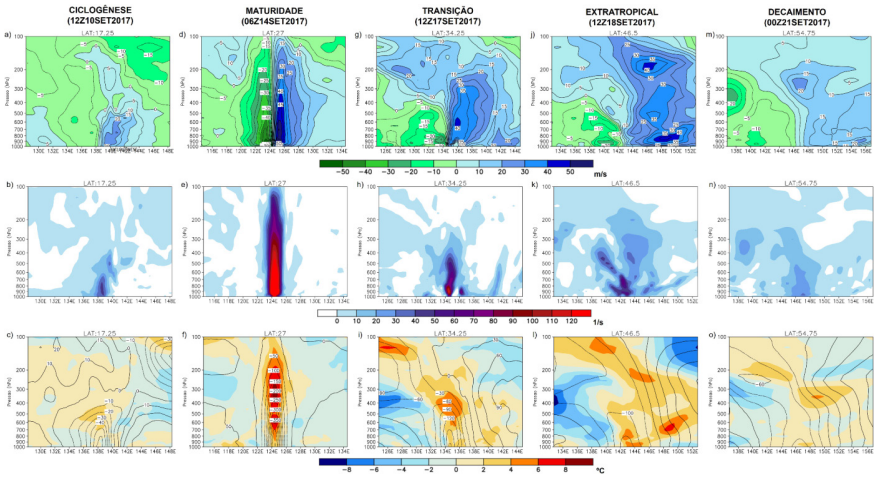
No oeste do oceano Atlântico Sul, em média, há a gênese de 8 ciclones por ano na categoria subtropical, ou que a alcançam antes de 36 horas de vida (Gozzo *et al.*, 2014; Jesus *et al.*, 2022). A partir da ocorrência do ciclone subtropical Anita, a Marinha Brasileira passou

a atribuir nomes de origem indígena aos ciclones subtropicais que podem causar danos à costa. Até o momento, a Marinha atribuiu os seguintes nomes (Norman): Arani (tempo furioso, 2011), Bapo (chocalho, 2015), Cari (homem branco, 2015), Deni (tribo indígena, 2016), Eçaí (olho pequeno, 2016), Guará (lobo do cerrado), Jaguar (lobo, 2019), Kurumí (menino, 2020), Maní (deusa indígena, 2020), Oquira (broto de folhagem, 2020), Potira (flor, 2021), Raoni (grande guerreiro, 2021), Ubá (canoa indígena, 2021) e Yakecan (o som do céu, 2022).

Transições

Como mencionado anteriormente, um ciclone pode ter gênese numa categoria e evoluir (ou transacionar) para outra. A Figura 4 mostra o ciclo de vida de um ciclone que teve gênese como tropical no Atlântico Norte, passou por uma fase híbrida e chegou ao estágio de extratropical. Portanto, a figura compila as principais características dos sistemas tropicais, subtropicais e extratropicais, e serve de guia para o entendimento da estrutura vertical desses sistemas tanto no hemisfério norte quanto no sul. Na linha superior da Figura 4 tem-se a componente meridional do vento, que é um indicativo do movimento do sistema. Note que na fase tropical, a intensidade é maior próxima à superfície e na fase extratropical, em altitudes elevadas. Já o núcleo do sistema, mostrado na terceira linha, é quente e alongado por toda a atmosfera na fase tropical e com um gradiente de temperatura na fase extratropical.

Figura 4 – Perfis verticais obtidos na latitude do centro do ciclone tropical Talim ocorrido no Atlântico Norte. O painel superior mostra a intensidade do vento meridional (m s^{-1}; preenchido e contorno); o painel central mostra o perfil vertical de vorticidade relativa ciclônica (x 10^{-5} s^{-1}; preenchido), apenas com valores positivos; o painel inferior mostra o desvio zonal de temperatura (°C; preenchido) e o desvio zonal de altura geopotencial (m; linhas pretas). Os estágios de ciclogênese, ciclone tropical, transição, ciclone extratropical e enfraquecimento são indicados no topo de cada coluna.



Fonte: Adaptado de Rocha *et al.* (2021).

IMPACTOS NA COSTA BRASILEIRA

Independentemente do tipo, os ciclones são sistemas que ajudam a transportar calor e umidade na atmosfera das latitudes mais baixas para as mais altas. Esse é um aspecto positivo, uma vez que auxilia a reduzir os contrastes térmicos entre equador e polos, com o intuito de buscar o equilíbrio de energia no planeta. Por outro lado, os ciclones causam ventos fortes, mudança de temperatura nos locais por onde passam, nebulosidade e precipitação.

Na costa brasileira, os ventos desses sistemas muitas vezes causam aumento do nível médio do mar que levam a inundações nas regiões costeiras (Rocha *et al.*, 2004; Gramcianinov *et al.*, 2020). Além disso, os ventos também afetam construções litorâneas e modificam a morfologia das praias. As inundações podem ter associação com meteo-tsunamis (Oliveira *et al.*, 2021), que são ondas com características similares às causadas por tsunamis com origem em processos geológicos, mas que são decorrentes da ação de fenômenos meteooceanográficos.

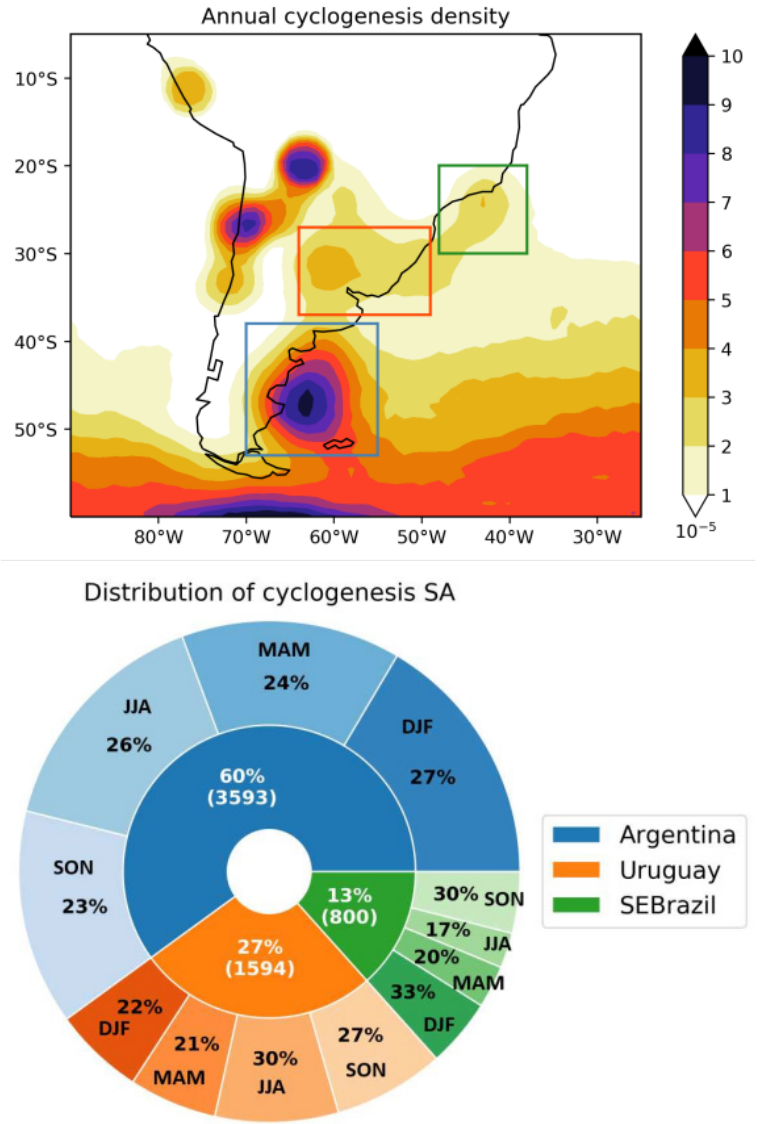
Eventos de chuva intensa e volumosa também estão associados com os ciclones. No caso estudado por Reboita *et al.* (2009), um ciclone que atingiu a região sul do Brasil, por exemplo, fez a precipitação exceder a média climatológica do mês em algumas localidades. Brasiliense *et al.* (2017) também estudaram um evento de precipitação extrema sobre a bacia do Rio Paraíba ocorrido em janeiro de 2000, que teve associação a um ciclone subtropical. Caso similar ocorreu em janeiro de 2020, onde a intensificação de uma Zona de Convergência do Atlântico Sul e o ciclone subtropical Kurumí levaram a um aumento da convergência de umidade sobre a região sudeste do país. Essa combinação gerou um evento extremo de precipitação, especialmente sobre o estado de Minas Gerais, que acabou gerando um efeito cascata de enchentes, deslizamentos e danos à população e perdas de vidas (Dalagnol *et al.*, 2021).

Já o ciclone tropical Catarina foi um dos piores episódios de ventos intensos que atingiu os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, causando a queda de construções e árvores (Marcelino, E.; Pena; Marcelino, V., 2005). Mais recentemente, em 2020, o estado de Santa Catarina foi afetado por ventos fortes associados a uma estrutura embebida no ramo frontal frio de um ciclone extratropical explosivo, com centro sobre o oceano (Giehl *et al.*, 2020; Faria; Reboita, 2022).

PROJEÇÕES CLIMÁTICAS

Como mencionado anteriormente, o sudeste da América do Sul possui três regiões principais de formação de ciclones: costa da região sudeste/sul do Brasil, extremo sul do Brasil e Uruguai e sudeste da Argentina, como mostrado na Figura 5. Note que à medida que se avança para latitudes mais baixas, o número de ciclones diminui. Além disso, os ciclones que ocorrem em cada caixa na Figura 5 (esquerda) possuem uma sazonalidade diferente, por exemplo, há maior ocorrência de ciclones próximo ao sudeste do Brasil durante o verão, enquanto próximo ao sul do Brasil a maior ocorrência é no inverno.

Figura 5 – Densidade média anual de ciclones para o período de 1979 a 2017 com as caixas indicando as principais regiões ciclogenéticas (esquerda); a unidade é ciclogênese por área (km^2) por ano multiplicado por 10^5. À direita, o gráfico de pizza mostra o número total e a frequência sazonal de ciclones (%) dentro de cada caixa.



Fonte: Figura adaptada de Crespo *et al.* (2021).

Conhecer a climatologia e características atuais dos ciclones é de suma importância para avaliar como esses sistemas atuarão

em cenários de mudanças climáticas. No clima atual, diversos trabalhos vêm mostrando que existe uma ligeira tendência positiva na frequência de ciclones em todo o Hemisfério Sul (e.g. Marrafon *et al.*, 2021; Wang *et al.*, 2016). Porém essa tendência varia dependendo da região que se analisa (oceanos Atlântico Sul ou Índico, por exemplo), do conjunto de dados (reanálises centenárias ou a partir da década de 1970) e até mesmo dos intervalos de tempo (10 ou 20 anos). Entretanto, tem-se encontrado um aumento na tendência de ciclones mais intensos tanto no Hemisfério Sul quanto no Atlântico Sul (Marrafon *et al.*, 2021).

Ao analisar projeções futuras de ciclones extratropicais para o final do século XXI, Reboita *et al.* (2021a) encontraram uma diminuição desses sistemas para o Hemisfério Sul. Para o Atlântico Sul, em específico, encontraram aumento na frequência de ciclones na região do sul do Brasil e Uruguai e diminuição na região ciclogenética próxima da Argentina. Apesar desta diferença, projetam-se intensificação desses sistemas acompanhada de maiores acumulados de precipitação de ambas as regiões ciclogenéticas. Esses resultados estão de acordo com outros trabalhos que também analisaram tendências futuras de todos os ciclones (Jesus *et al.*, 2021), subtropicais (Jesus *et al.*, 2022) e extratropicais explosivos (Reboita *et al.*, 2021b) no sudoeste da bacia do Atlântico Sul.

REFERÊNCIAS

AMBRIZZI, T. *et al*. **Mudanças climáticas e a sociedade**. São Paulo: IAG, 2021. E-book. Disponível em: https://www.climaesociedade.iag.usp.br/#pdf. Acesso em: 10 jun. 2022.

BRASILIENSE, C. S. *et al.* Synoptic analysis of an intense rainfall event in Paraíba do Sul river basin in southeast Brazil. **Meteorol. Appl.**, [*S. l.*], v. *25*, p. 66-77, 2018.

CRESPO, N. M. *et al*. A potential vorticity perspective on cyclogenesis over centre-eastern South America. **Int. J. Climatol.**, [*S. l.*], v. 41, n. 1, p. 663–678, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1002/joc.6644. Acesso em: 6 nov. 2023.

DALAGNOL, R. *et al.* Extreme rainfall and its impacts in the Brazilian Minas Gerais state in January 2020: Can we blame climate change? **Clim. Res. Sustain.**, [*S. l.*], v. 1, n. 1, p. e-15, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1002/cli2.15. Acesso em: 6 nov. 2023.

EMANUEL, K. A. An air–sea interaction theory for tropical cyclones: part I — steady-state maintenance. **J. Atmos. Sci.**, [*S. l.*], v. 43, n. 6, p. 585–605, 1986. Disponível em: https://journals.ametsoc.org/view/journals/atsc/43/6/1520-0469_1986_043_0585_aasitf_2_0_co_2.xml. Acesso em: 6 nov. 2023.

FARIA, L. F.; REBOITA, M. S. Eventos meteorológicos associados ao ciclone explosivo ocorrido em junho de 2020 e impactos no estado de Santa Catarina. **Geografia**, 2022. (Sob avaliação).

GIEHL, A. L. *et al.* Efeitos socioeconômicos causados pelo ciclone extratropical no estado de Santa Catarina em 2020. **Documentos**, Florianópolis, n. 318, p. 1-60, 2020. Disponível em: https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/DOC/article/view/1076. Acesso em: 6 nov. 2023.

GOZZO, L. F. *et al*. Subtropical cyclones over the southwestern South Atlantic: Climatological aspects and case study. **J. Clim.**, [*S. l.*], v. 27, n. 22, p. 8543-8562, 2014. Disponível em: https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/27/22/jcli-d-14-00149.1.xml. Acesso em: 6 nov. 2023.

GRAMCIANINOV, C. B. *et al.* Extreme waves generated by cyclonic winds in the western portion of the South Atlantic Ocean. **Ocean Eng.**, [*S. l.*], v. 213, p. 107745, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2020.107745. Acesso em: 6 nov. 2023.

HOLTON, J. R. **An introduction to dynamic meteorology**. New York, USA: Elsevier Academic Press, 2004.

JESUS, E. M. de *et al*. Future climate trends of subtropical cyclones in the South Atlantic basin in an ensemble of global and regional projections. **Clim. Dyn.**, [*S. l.*], v. 58, p. 1221–1236, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s00382-021-05958-8. Acesso em: s.d.

JESUS, E. M. de *et al*. Multi-model climate projections of the main cyclogenesis hot-spots and associated winds over the eastern coast of South America. **Clim. Dyn.**, [*S. l.*], v. 56, 537–557, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s00382-020-05490-1. Acesso em: s.d.

MARCELINO, E. V.; PENA, I.; MARCELINO, V. D. **Cyclone Catarina**: damage and vulnerability assessment. [*S. l.*: *s. n.*], 2005. Disponível em: http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/iris@1912/2006/01.13.11.33/doc/cyclone%20catarina.pdf. Acesso em: 6 nov. 2023.

MARINHA DO BRASIL. Diretoria de Hidrografia e Navegação. NORMAM-701/DHN. **Diretoria de Hidrografia e Navegação**, Brasília, DF, 7 jun. 2016. Disponível em: https://www.marinha.mil.br/dhn/?q=pt-br/node/264. Acesso em: 14 jun. 2022.

MARRAFON, V. H. *et al*. Extratropical Cyclones in the Southern Hemisphere: comparison among different Reanalyses. **Rev. Bras. Climatol.**, [*S. l.*], v. 28, p. 48-73, 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/350709955_extratropical_cyclones_in_the_southern_hemisphere_comparison_among_different_reanalyses. Acesso em: 6 nov. 2023.

METOBLUE. *Homepage*. **MetoBlue**, [*S. l.*], s.d. Disponível em: https://www.meteoblue.com/. Acesso em: 18 nov. 2023.

NATIONAL HURRICANE CENTER. *Tropical Cyclone Climatology (Text)*. **National Hurricane Center**, [*S. l.*], s.d. Disponível em: https://www.nhc.noaa.gov/climo/?text. Acesso em: 14 jun. 2022.

OLIVEIRA, U. R. *et al*. Tsunamis meteorológicos no Sul do Brasil: processo de formação, áreas de ocorrência e impactos associados. *In*: DE PAULA, D. P. *et al.* (ed.). **Sociedade, ambiente e tecnologia**: mar afora, costa adentro — X tomo da Rede BRASPOR. Rio de Janeiro: FGEL-UERJ, 2021.

PEZZA, A. B.; SIMMONDS, I. The first South Atlantic hurricane: unprecedented blocking, low shear and climate change. **Geophys. Res. Lett.**, [*S. l.*], v. 32, n. 15, 2005. Disponível em: https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2005GL023390. Acesso em: 6 nov. 2023.

REBOITA, M. S. *et al*. Análise de um ciclone semi-estacionário na costa sul do Brasil associado a bloqueio atmosférico. **Rev. Bras. Meteorol.**, [*S. l.*],

v. 24, n. 4, p. 407-422, 2009. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0102-77862009000400004. Acesso em: s.d.

REBOITA, M. S. *et al*. Ciclones em superfície nas latitudes austrais: parte I —revisão bibliográfica. **Rev. Bras. Meteorol.**, [*S. l.*], v. 32, n. 2, p. 171-186, 2017a. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/318049011_Ciclones_em_Superficie_nas_Latitudes_Austrais_Parte_I_-_Revisao_Bibliografica. Acesso em: 6 nov. 2023.

REBOITA, M. S. *et al*. Ciclones em superfície nas latitudes austrais: parte II — estudo de casos. **Rev. Bras. Meteorol.**, [*S. l.*], v. 32, n. 4, p. 509-542, 2017b.

REBOITA, M. S. *et al*. Entendendo o tempo e o clima na América do Sul. **Terrae Didatica**, [*S. l.*], v. 8, n. 1, p. 34–50, 2012. Disponível em: https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/td/article/view/8637425. Acesso em: 14 jun. 2022.

REBOITA, M. S. *et al*. Extratropical cyclones over the southwestern South Atlantic Ocean: HadGEM2-ES and RegCM4 projections. **Int. J. Climatol.**, [*S. l.*], v. 38, n. 6, p. 2866–2879, 2018. Disponível em: https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/joc.5468. Acesso em: 6 nov. 2023.

REBOITA, M. S. *et al.* Future changes in the wintertime cyclonic activity over the CORDEX-CORE southern hemisphere domains in a multi-model approach. **Clim. Dyn.**, [*S. l.*], v. 57, p. 1533–1549, 2021a. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s00382-020-05317-z. Acesso em: 6 nov. 2023.

REBOITA, M. S. *et al*. Future changes in winter explosive cyclones over the Southern Hemisphere domains from the CORDEX-CORE ensemble. **Clim. Dyn.**, [*S. l.*], v. 57, p. 3303–3322, 2021b. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s00382-021-05867-w. Acesso em: 6 nov. 2023.

REBOITA, M. S. *et al*. Iba: the first pure tropical cyclogenesis over the western South Atlantic Ocean. **J. Geophys. Res.**, [*S. l.*], v. 126, n. 1, p. e2020JD033431, 2021c. Disponível em: https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2020JD033431 . acesso em: 6 nov. 2023.

REBOITA, M. S.; MARRAFON, V. H. Ciclones extratropicais: o que são, climatologia e impactos no Brasil. **Terrae Didatica**, [*S. l.*], v. 17, n. 00, p. e0210322021, 2021. Disponível em: https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/td/article/view/8666028. Acesso em: 14 jun. 2022.

ROCHA, L. B. D. *et al*. Evolução da estrutura térmica de um ciclone tropical e sua transição extratropical: caso Talim. **Rev. Bras. Meteorol.**, [*S. l.*], v. 36, n. 2, p. 137-152, 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publi-

cation/349652727_Evolucao_da_Estrutura_Termica_de_um_Ciclone_Tropical_e_sua_Transicao_Extratropical_Caso_Talim. Acesso em: 6 nov. 2023.

ROCHA, R. P. da *et al*. Subtropical cyclones over the oceanic basins: a review. **Ann. N. Y. Acad. Sci**., [*S. l.*], v. 1436, n. 1, p. 138-156, 2019. Disponível em: https://nyaspubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/nyas.13927. Acesso em: 6 nov. 2023.

ROCHA, R. P. da; SUGAHARA, S.; SILVEIRA, R. B. da. Sea Waves Generated by Extratropical Cyclones in the South Atlantic Ocean: Hindcast and Validation against Altimeter Data. **Weather Forecast.**, [*S. l.*], v. 19, n. 2, p. 398-410, 2004. Disponível em: https://doi.org/10.1175/1520-0434(2004)019<0398:SWGBEC>2.0.CO;2. Acesso em: 14 jun. 2022.

WANG, X. L. *et al*. Inter-comparison of extratropical cyclone activity in nine reanalysis datasets. **Atmos. Res.**, [*S. l.*], v. 181, p. 133–153, 2016. Disponível em: https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2016AtmRe.181..133W/abstract. Acesso em: 6 nov. 2023.

YNOUE, R. Y. *et al*. **Meteorologia**: noções básicas. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

ZHANG, F.; EMANUEL, K. On the Role of Surface Fluxes and WISHE in Tropical Cyclone Intensification. **J. Atmos. Sci.**, [*S. l.*], v. 73, n. 5, p. 2011–2019, 2016. Disponível em: https://journals.ametsoc.org/view/journals/atsc/73/5/jas-d-16-0011.1.xml. Acesso em: 6 nov. 2023.

PROCESSOS DE URBANIZAÇÃO E O QUADRO DE POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA NO ESTADO DE SÃO PAULO

Nilton Évora do Rosário e Jeferson Tavares

INTRODUÇÃO

No Brasil, a população urbana ultrapassou a população rural na década de 1960, caracterizando o acelerado processo de urbanização brasileiro que se consolidou nas décadas seguintes. Concentrada nas regiões metropolitanas e cidades secundárias, a população urbana hoje representa 81,23% da população no Brasil. As políticas nacionais de desenvolvimento formuladas e aplicadas a partir dos anos 1930 aos anos 1970 tiveram como principal finalidade substituir a matriz econômica agrário-exportadora pela matriz econômica industrial baseada num mercado interno de consumo. Essas políticas, bem como o avanço tecnológico e as oportunidades oferecidas pelas cidades, atraíram a população do campo para o meio urbano. Esse movimento ocorreu principalmente das macrorregiões Norte e Nordeste para a macrorregião Sudeste. O êxodo rural que se consolidou nesse período foi um dos responsáveis pelo expressivo aumento da população urbana, que passou de 31,24%, em 1940, para 55,92%, em 1970 (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, s.d.a).

Atualmente, o país é dividido em cinco macrorregiões (Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul) que se subdividem em 26 estados e um distrito federal. Na macrorregião Sudeste, um dos estados que mais recebeu migrantes foi o estado de São Paulo, cuja capital de mesmo nome — São Paulo — é a maior cidade brasileira, com 12,18 milhões de habitantes (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, s.d.b). Nesse período, o estado de São Paulo constituiu-se como a área mais industrializada do país sem abandonar sua matriz produtiva agrícola, assentada no interior e renovada pelos novos padrões tecnológicos. Nos anos 1970, 58,2% da indústria de transformação instalada no país estava no estado de São Paulo, mais especificamente na sua capital e nos seus arredores (43,5%) (Cano *et al.*, s.d., p. 197 [tabela 3]). Em relação à matriz produtiva

agrícola, atualmente é o estado com maior produção brasileira de laranja e de cana-de-açúcar, matéria prima para o açúcar e para o etanol, biocombustível alternativo ao combustível fóssil derivado do petróleo. As políticas de incentivo ao biocombustível iniciaram-se após as crises mundiais da década de 1970 promovidas pela alta de preços do petróleo, tornando-se alternativa à importação do combustível fóssil.

Nesse contexto, um elemento central na dinâmica urbana que colabora com a expansão e dependência dessas economias agrícolas tem sido o veículo automotor. A partir do entendimento de que a ausência de estradas capazes de atender esse meio de transporte, fundamental para o escoamento da produção, era um entrave ao desenvolvimento do país, os governos federal e estadual (principalmente a partir da década de 1940) investiram maciçamente nos planos rodoviários e na abertura e pavimentação de estradas. O estado de São Paulo consolidou-se como o principal nó desse sistema rodoviário e, a partir dos anos 1950/1960, optou pela substituição da matriz de transporte ferroviário pela matriz rodoviária dando maior impulso à indústria automobilística (Tavares, 2015).

Essa infraestrutura rodoviária articulada ao movimento de concentração industrial na metrópole paulista e arredores favoreceu a constituição da região do ABC paulista, localizada num raio de 30 km da cidade de São Paulo, como a maior concentração de área industrial do país, com importante presença da cadeia produtiva automobilística. Atualmente, o estado de São Paulo tem mais de 29 milhões de veículos automotores (para uma população de 45.538.936, ou seja, cerca de dois carros para cada três pessoas), que circulam por um número expressivo de logradouros e uma ampla malha rodoviária moldada para atender as conexões entre os principais centros urbanos e as demandas do fluxo da produção.

Essa conformação, atrelada a um processo intenso de urbanização, expansão e modernização da produção agroindustrial e adequação das malhas viárias concentrou riqueza, mas também gerou significativos passivos ambientais. Entre estes, destaca-se a degradação da qualidade do ar, um dos principais desafios ambientais do estado, cuja assinatura espacial foi moldada pelo predomínio regional dessas atividades produtivas concentradas nos polos urbanos e pela reorganização do espaço agroindustrial, ambos ao longo dos principais eixos rodoviários.

O objetivo deste capítulo é evidenciar e analisar o nexo entre a evolução do planejamento do território paulista e a atual assinatura espacial da poluição atmosférica no estado a partir da leitura histórica do processo de urbanização, da formação dos vetores produtivos e da rede urbana que levou a configuração territorial atual do estado. A expectativa é que esta análise conjunta do planejamento do território paulista e da geografia atual da poluição atmosférica possa despertar a atenção para a importância e o papel ambiental do planejamento territorial e auxiliar na identificação de padrões de efeitos a serem evitados.

O método adotado está baseado na integração entre os estudos das Ciências Sociais Aplicadas (planejamento urbano e regional) com os estudos das Geociências (sensoriamento remoto da poluição atmosférica) por uma base territorial comum, o estado de São Paulo. Para uma leitura histórica do planejamento, tomou-se por recorte cronológico o período de consolidação da estrutura territorial paulista pelos polos urbanos e eixos rodoviários, entre os anos 1930 e 1980, e para a caracterização contemporânea da distribuição espacial da poluição atmosférica no estado considerou-se informações de sensoriamento remoto da poluição atmosférica derivadas das medidas do sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* - MODIS (King *et al.*, 1992) a bordo do satélite Terra e operacional desde o início da década de 2000.

PROCESSO DE URBANIZAÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO: A FORMAÇÃO DA REGIÃO DOS VETORES PRODUTIVOS E A ATUAL REDE URBANA

Investimentos públicos e privados no Estado de São Paulo, concentrados entre os anos 1910 e 1980, consolidaram uma estrutura territorial baseada em polos urbanos e em eixos rodoviários. Essa estrutura possibilitou dois principais movimentos: o primeiro, de concentração industrial e populacional na sua capital e nos seus arredores; o segundo, a dispersão industrial e dos agentes administrativos para um raio de até 500 km da capital.

A propagação dos eixos rodoviários como principal estrutura territorial iniciou-se em 1913 com o Plano de Viação, que definiu, entre outros aspectos, as cinco principais estradas radiais à capital São Paulo (São Paulo (Estado), 1913). Essas cinco estradas tinham por

objetivo ligar a cidade de São Paulo aos principais estados vizinhos para acentuar as relações comerciais e econômicas. Nas décadas de 1930, 1940 e 1950 foram propostos planos (estaduais e nacionais) e projetos rodoviários que intensificaram os investimentos nas estradas do estado de São Paulo e consolidaram a sua capital como o principal centro irradiador do país. Os investimentos públicos atraíram investimentos privados e esses colaboraram na concentração das principais atividades industriais ao longo dos principais eixos rodoviários, sobretudo a partir dos anos 1950 e 1960.

No mesmo período, a partir dos anos 1930, políticas federais exigiram dos estados brasileiros a regionalização de alguns setores públicos de serviços. No estado de São Paulo, as regiões foram definidas a partir do raio de influência das principais cidades do seu interior que, historicamente, concentravam maior poder político e econômico, embora muito inferiores aos da capital São Paulo. A partir dos decretos estaduais n. 48.162 e n. 48.163 de 1967, essas principais cidades foram transformadas em polos urbanos e foram incorporadas pelas políticas públicas como estratégias de desenvolvimento, tendo como referências teóricas as experiências francesas de F. Perroux, a partir de 1955.

Entre 1973 e 1974, pela Lei Complementar n. 14 de 8 de junho de 1973 e pela Lei Complementar n. 20 de 1º de julho de 1974, o governo federal instituiu nove regiões metropolitanas no país, dentre elas a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), um aglomerado urbano conurbado de 39 municípios que atualmente ocupa 3,2% da área do estado (7.946,96 Km^2 do total de 248.219,63 Km^2) e detém aproximadamente 50% da sua população (21,6 milhões de habitantes do total de 45,5 milhões de habitantes) (Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano: https://emplasa.sp.gov.br). A RMSP tornou-se o destino de grande parte das indústrias nacionais e multinacionais, a partir dos anos 1950, e se consolidou como o principal centro industrial do país atraindo um exército de mão-de-obra que se instalou nas bordas da capital (na periferia da cidade de São Paulo e nas cidades do seu entorno, principalmente na região do ABC, Guarulhos e Osasco) em situações precárias de moradia e qualidade de vida.

As principais indústrias concentraram-se na zona leste da cidade de São Paulo e ao longo das principais rodovias que a ligam com o porto da cidade de Santos (a cerca de 50 km da cidade de São Paulo), principal entrada e saída de produtos do país. Mas, os problemas

ocasionados pelas deseconomias de aglomeração (aumento no valor da terra impedindo a expansão das plantas industriais, aumento do tráfego de automóveis dificultando as operações logísticas, escassez de área para habitação obrigando os funcionários a enfrentarem longas jornadas diárias de viagens; poluição dos recursos naturais, proliferação dos sindicatos e das greves dos operários, transformações nos processos produtivos) e o interesse dos empresários em aumentar os rendimentos crescentes levaram o setor público a fazer investimentos no interior do estado para habilitar mão-de-obra e novas áreas para a expansão da atividade industrial.

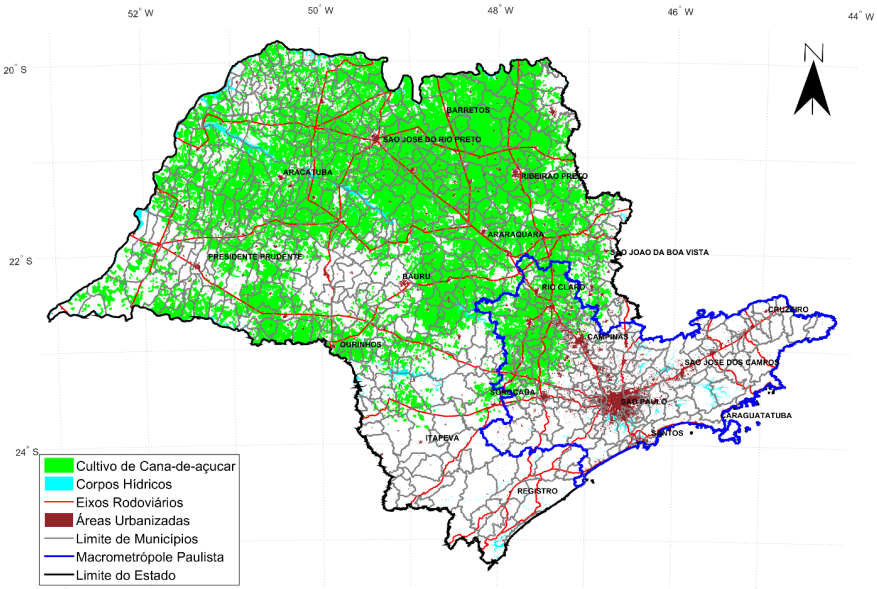
Esses investimentos feitos pelo governo do estado de São Paulo ocorreram fundamentalmente ao longo dos principais eixos rodoviários e nos principais polos urbanos. A partir do final dos anos 1960, esses investimentos espalharam-se num raio de 500 km da capital São Paulo na forma de infraestrutura econômica (transportes, energia e comunicação), infraestrutura social (equipamentos de educação, saúde, segurança, lazer), saneamento básico e uma política junto aos municípios com a finalidade de criar atrativos para a instalação de novas indústrias nas bordas do seu tecido urbano. Ao longo das rodovias principais e secundárias, e na periferia dos principais polos urbanos, espalharam-se os distritos industriais, glebas de terras públicas demarcadas para uso exclusivo de indústrias. Concomitantemente, foram comuns planos de descentralização ou desconcentração industrial e até propostas de criação de novas cidades para sediarem a indústria que pretendia deslocar-se da RMSP para o interior.

A produção industrial deslocou-se efetivamente, mas para um raio de 200 km da capital São Paulo, seguindo os eixos rodoviários e se instalando nos principais polos urbanos. Essa concentração respeitou os custos de transporte entre produção e principal mercado consumidor, além de não se afastar completamente do porto de Santos, principal entreposto de entradas e saídas dos produtos nacionais e importados. Atualmente essa concentração está definida por uma demarcação denominada Macrometrópole Paulista, que congrega cinco regiões metropolitanas (Figura 1), dois aglomerados urbanos e uma microrregião com aproximadamente 33,6 milhões de habitantes (74,4% da população estadual) (https://emplasa.sp.gov.br) e representa a área mais desenvolvida e mais desigual do país, pois também reúne os principais assentamentos precários e áreas com vulnerabilidades ambientais.

Se a indústria se conteve pelo raio de influência da RMSP na chamada Macrometrópole Paulista, as ações e os investimentos públicos no restante do interior do estado de São Paulo qualificaram seus polos consolidando uma vasta porção com alta qualidade de vida e diversidade nas ocupações urbano-rurais que configuraram a Região dos Vetores Produtivos. Tal região trata-se da área marcada pelo histórico de investimentos públicos e privados que tiveram a finalidade de qualificá-la como principal território de desenvolvimento do país (Tavares, 2018). Engloba a Macrometrópole Paulista, mas se estende ao longo dos eixos rodoviários e incorpora todos os principais polos urbanos historicamente objetos de investimentos públicos e privados. Suas atividades econômicas diversificaram-se entre serviços, indústria e o agronegócio. Esses polos urbanos concentraram qualificação de mão-de-obra e nichos de riqueza baseados numa produção rural altamente tecnológica e industrializada, destacando-se a produção de laranja e cana-de-açúcar, esta com predominância sobre o interior paulista (Figura 1) é responsável pela produção do etanol.

As relações de trabalho, as ações planejadoras estatais e os investimentos públicos e privados consolidam um processo de urbanização ao longo do século XX no estado de São Paulo estruturado pelos principais eixos rodoviários e pelos principais polos urbanos que conformam a Região dos Vetores Produtivos como área privilegiada para o desenvolvimento (Tavares, 2018). Dessa estrutura, resultou uma rede urbana integrada e articulada que garante a acentuação da metropolização dos espaços (Lencioni, 2004). Dessa rede urbana, podemos destacar os seguintes eixos rodoviários que partem da capital e a conectam com algumas das principais regiões do país: sistema Dutra-Carvalho Pinto (para o estado do Rio de Janeiro), sistema Anchieta-Imigrantes (para Santos, principal porto nacional); sistema Bandeirantes-Anhanguera e Washington Luís (para o estado de Goiás e para o Distrito Federal); Marechal Rondon, Castelo Branco e Raposo Tavares (para o estado de Mato Grosso do Sul); Fernão Dias (para o estado de Minas Gerais); Régis Bittencourt (para o estado do Paraná). Os principais polos que compõem essa rede urbana são: São Paulo, Santos, São José dos Campos, Campinas, Sorocaba, Bauru, São Carlos, Araraquara, Ribeirão Preto, São José do Rio Preto, Araçatuba e Presidente Prudente.

Figura 1 – Localização das áreas de cultivo de cana-de-açúcar (safra de 2012) no estado de São Paulo sobrepostas às áreas urbanizadas, eixos rodoviários e corpos hídricos.



Fonte: Projeto CANASAT (Aguiar *et al.*, 2011); São Paulo (Município) (s.d.).

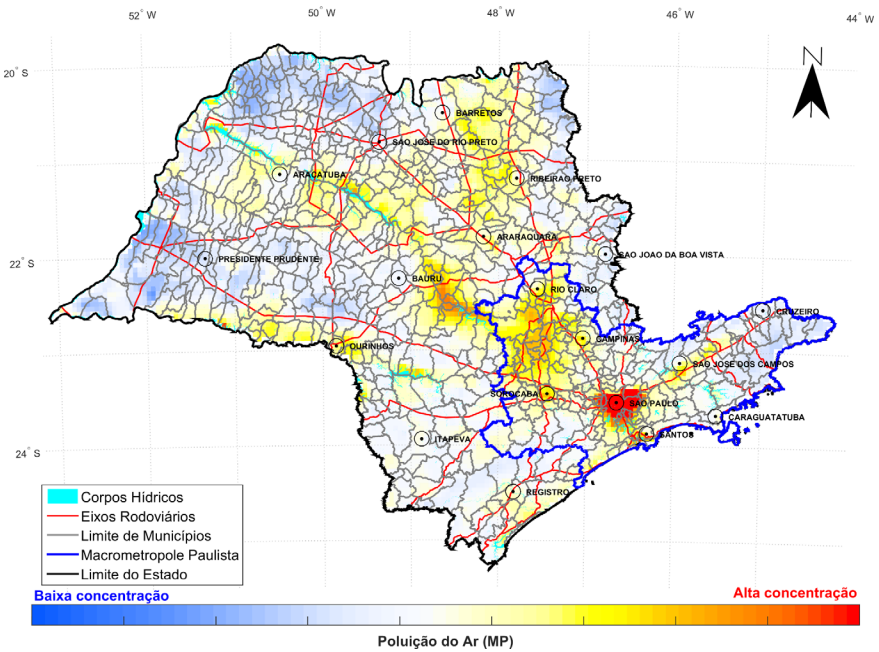
A compreensão dessa estrutura formada no processo de urbanização orienta a economia estadual e parte da economia nacional, tem importante papel político nas decisões regionais e representa a distribuição do trabalho no território paulista. A essa estrutura corresponde uma relação direta entre o desenvolvimento urbano-regional que tem influência direta e recíproca com as características naturais, dentre elas o uso e cobertura do solo e a composição química da atmosfera, com efeitos relevantes tanto na qualidade do ar como no clima (Araújo; Rosário, 2020; Gonçalves *et al.*, 2021).

POLUIÇÃO DO AR NO ESTADO DE SÃO PAULO: SUA RELAÇÃO COM OS VETORES PRODUTIVOS E A ATUAL REDE URBANA

No decorrer do processo de urbanização e formação dos domínios industriais no estado de São Paulo, e a consequente estruturação dos eixos rodoviários que conectam os polos urbanos-industriais, emergiu como subproduto a geografia das principais áreas-fontes emissoras de poluição atmosférica no estado. Por conseguinte,

ficaram definidas as regiões que estariam expostas aos maiores índices de degradação da qualidade do ar no estado (Figura 2). A RMSP com os seus 39 municípios, entre eles Osasco, Guarulhos e municípios da região do ABC, e uma frota veicular com mais de 7 milhões de veículos, e o remanescente do seu parque industrial, representa a mais importante fonte-área de poluentes atmosféricos no estado. Acima de 95% do monóxido de carbono emitido na RMSP é proveniente das emissões veiculares (São Paulo (Estado), 2017). Em relação ao material particulado inalável (MP), os veículos e as atividades industriais respondem direta e indiretamente por aproximadamente 65% das emissões (São Paulo (Estado), 2017).

Figura 2 – Distribuição da poluição atmosférica associada ao material particulado (MP) no estado de São Paulo (2007-2017), via o indicador Profundidade Óptica dos Aerossóis derivado do sensor MODIS a bordo do satélite Terra, com sobreposição dos principais eixos rodoviários do estado, dos corpos hídricos e da fronteira da Macrometrópole Paulista.



Fonte: United States of America (s.d.); São Paulo (Município) (s.d.).

As demais regiões metropolitanas do estado têm também na emissão veicular uma das suas principais fontes poluidoras. Entretanto, especificidades surgem dada a natureza das atividades

econômicas-industriais de cada região. Por exemplo, na Região Metropolitana da Baixada Santista, o polo industrial de Cubatão e as atividades portuárias em Santos configuram-se como importantes fontes emissoras de poluentes atmosféricos na região, ao lado das emissões veiculares. Na Região Metropolitana de Campinas, a indústria canavieira e os polos industriais de Paulínia (Petroquímica) e Santa Gertrudes (Cerâmica) têm papel determinante nas emissões e na qualidade do ar da região. A Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte, marcada por uma estrutura urbana linear, ao longo das Rodovias Dutra e Carvalho Pinto, têm o perfil de emissão dado por essa configuração que sustenta um intenso tráfego de veículos pesados. As regiões centrais e norte do estado, a despeito da produção rural altamente tecnológica e industrializada que as caracterizam, historicamente têm tido a qualidade do ar degradada pela prática da queima como recurso de manuseio dos canaviais (Mataveli *et al.*, 2014). Entretanto, após o estabelecimento do Protocolo Agroambiental (São Paulo (Estado), 2015), nos últimos anos ocorreu uma forte transição para a colheita mecânica em diversas regiões do estado, o que tornou a queima da palha da cana desnecessária.

Considerando os impactos decorrentes da prática da queima de biomassa, principalmente nos municípios do interior, o estado de São Paulo implementou a Lei Estadual n. 11.241, de 19 de setembro de 2002, que regulamenta o fim da prática da queima na colheita da cana até 2021 para áreas com declividade menor que 12% (mecanizáveis), e até 2031 para áreas com declividade maior que 12% (não mecanizáveis) e áreas menores que 150 hectares (São Paulo (Estado), 2002). Com a intenção de acelerar a extinção da prática de queimada na produção de cana de açúcar, a Secretaria do Meio Ambiente do estado de São Paulo, juntamente com a União de Indústria da Cana-de-açúcar (UNICA) e a Organização dos Plantadores de Cana da Região Centro-Sul do Brasil (ORPLANA), representando o Setor Sucroenergético, assinaram, em 2007, o Protocolo Agroambiental, para antecipar os prazos estabelecidos pela Lei Estadual n. 11.241 (São Paulo (Estado), 2015). Nesse acordo, a data limite para a extinção da queima nos canaviais seria antecipada para 2014 para áreas mecanizáveis e 2017 para áreas não mecanizáveis. O Protocolo Agroambiental faz parte do Projeto Etanol Verde, que tem como objetivo o desenvolvimento de ações que estimulem a sustentabilidade da cadeia produtiva de açúcar, etanol e bioenergia (São Paulo (Estado), 2015). Porém, ainda

ocorre a prática da colheita de cana-de-açúcar com queimada em especial nas regiões com acentuada declividade onde a mecanização da colheita é inviável (Araújo; Rosário, 2020).

Em relação às emissões veiculares, o principal instrumento das políticas públicas implementadas nas últimas décadas com a finalidade de mitigar a poluição atmosférica tem sido o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos automotores (PROCONVE), criado pela Resolução n. 18/1986 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente, 1986). O programa foi criado no sentido de fixar limites máximos de emissão de veículos, estabelecer exigências tecnológicas nos automóveis e prazos para o seu cumprimento, de maneira a contribuir para o controle da poluição atmosférica proveniente de veículos. O PROCONVE possui controle sobre automóveis, caminhões, ônibus, máquinas rodoviárias e agrícolas, enquanto um programa similar, o PROMOT (Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares) mitiga as emissões de motocicletas e similares (Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2002). O PROCONVE e PROMOT foram instituídos em 1986 e 2002, respectivamente.

Enquanto políticas públicas, os referidos programas e protocolo têm se mostrado relevantes para reduzir as emissões e concentrações dos poluentes na atmosfera de São Paulo e, portanto, a exposição crônica da população a níveis extremos de poluição (Andrade *et al.*, 2017; Abe; Miraglia, 2018; Araújo; Rosário, 2020). Entretanto, a conformação geográfica da poluição no estado é um problema histórico, um subproduto resultante de múltiplas estratégias de planejamento territorial e desenvolvimento econômico do território paulista. Como tal, o caso paulista se apresenta como uma fonte de aprendizados no que concerne aos desafios envolvendo planejamento do território, estratégias de desenvolvimento, provisão de infraestrutura e desafios ambientais.

CONCLUSÃO

Observando a assinatura espacial da degradação ambiental do ar é possível confirmar algumas hegemonias regionais cujas identificações podem auxiliar na construção de políticas públicas.

A poluição atmosférica associada ao material particulado apresenta-se regionalmente concentrada nas porções mais urbanizadas das regiões metropolitanas e nos principais vales hidrográficos. Essa

predominância regional é direcionada pela estrutura territorial paulista: polos urbanos que concentram densidade demográfica, veículos e a cadeia produtiva industrial (principalmente a automobilística) e de refinarias (de petróleo e do biocombustível); e os eixos rodoviários que potencializam o uso do automóvel, atraem indústrias, cultivo agrícola e intensificam o transporte terrestre de pessoas e mercadorias.

Assim, a associação entre infraestrutura e a emissão de poluentes ocorre por um círculo vicioso baseado na relação industrialização-urbanização-infraestrutura-poluição. O histórico e a natureza das formas de urbanização e de uso da infraestrutura alimentam a geração de poluição atmosférica nas cadeias produtivas atingindo predominantemente as áreas demograficamente mais adensadas (polos, metrópoles e os sistemas de cidades comandados por eles) e as áreas ambientalmente mais vulneráveis (vales e fundos de vales em diferentes escalas), seja na capital ou no interior.

O principal exemplo é o resultado da política de substituição de combustível fóssil pelo etanol. Comprovadamente, o uso do biocombustível ameniza a emissão de poluentes, sobretudo nas áreas mais urbanizadas, características da Macrometrópole Paulista, e onde há maior concentração de automóveis. Contudo, a produção do etanol está concentrada no interior do estado e sua intensificação promove a emissão de poluentes numa área mais ampla que a da Macrometrópole e que abrange a Região dos Vetores Produtivos, caracterizada por uma rede urbana economicamente dinâmica. Em comum a essas duas situações está o fato de que as fontes poluidoras estão localizadas nas áreas mais urbanizadas e essas áreas são também as mais afetadas.

A despeito dessas conclusões, é possível afirmar que o combate à poluição atmosférica passa pela transformação do modelo de urbanização do estado e, nesse sentido, a infraestrutura tem papel estratégico para reverter os impactos associados às formas de desenvolvimento econômico, urbano e ambiental a partir de uma abordagem territorialmente integrada.

AGRADECIMENTOS

As discussões presentes neste artigo resultam de encontros e observações iniciais proporcionados por Renato Anelli, a quem agradecemos.

REFERÊNCIAS

ABE, K.; MIRAGLIA, S. Avaliação De impacto à saúde do programa de controle de poluição do ar por veículos automotores no município de São Paulo, Brasil. **Brazilian Journal of Environmental Sciences**, [*S. l.*], n. 47, p. 61-73, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.5327/Z2176-947820180310. Acesso em: 6 nov. 2023.

AGUIAR, D. A. *et al.* Remote sensing images in support of environmental protocol: monitoring the sugarcane harvest in São Paulo State, Brazil. **Remote Sens.**, [*S. l.*], v. 3, n. 12, p. 2682-2703, 2011. Disponível em: https://doi.org/10.3390/rs3122682. Acesso em: 6 nov. 2023.

ANDRADE, M. F. *et al.* Air quality in the megacity of São Paulo: evolution over the last 30 years and future perspectives. **Atmospheric Environment**, [*S. l.*], v. 159, p. 66-82, 2017. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.03.051. Acesso em: 6 nov. 2023.

ARAÚJO, J.; ROSÁRIO, N. Atmospheric pollution associated with particulate matter in the state of São Paulo: an analysis from satellite data. **Brazilian Journal of Environmental Sciences (RBCIAMB)**, Rio de Janeiro, v. 55, n. 1, p. 32–47, 2020. Disponível em: https://www.rbciamb.com.br/Publicacoes_RBCIAMB/article/view/552. Acesso em: 6 nov. 2023.

BRASIL. **Lei complementar n. 14, de 8 de junho de 1973**. Estabelece as regiões metropolitanas de São Paulo, Belo Horizonte, Porto Alegre, Recife, Salvador, Curitiba, Belém e Fortaleza. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1973. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp14.htm#:~:text=LEI%20COMPLEMENTAR%20N%C2%BA%2014%2C%20DE,%2C%20Curitiba%2C%20Bel%C3%A9m%20e%20Fortaleza. Acesso em: 7 nov. 2023.

BRASIL. **Lei complementar n. 20, de 1 de julho de 1974**. Dispõe sobre a criação de Estados e Territórios. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1974. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp20.htm. Acesso em: 7 nov. 2023.

CANO, W. *et al.* (org.). A indústria de transformação: 1989-2003. *In*: CANO, W. *et al.* (org.). **Economia paulista**: dinâmica socioeconômica entre 1980 e 2005. Campinas: Alínea, 2007.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA n. 18 de 6 de maio de 1986**. Dispõe sobre a criação do Programa de Controle de Poluição do Ar por veículos Automotores (Proconve). Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1986. Disponível em: http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=41. Acesso em: 20 jun. 2022.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 297, de 26 de fevereiro de 2002**. Estabelece os limites para emissões de gases poluentes por ciclomotores, motociclos e veículos similares novos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 15 de março de 2002, Seção 1, p. 86-88. Disponível em: http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=294. Acesso em: 20 jun. 2022.

EMPRESA PAULISTA DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO. *Homepage*. **Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano**, São Paulo, s.d. Disponível em: https://emplasa.sp.gov.br. Acesso em: 12 jul. 2019.

GONÇALVES, D. *et al*. Land use and land cover changes in São Paulo Macro Metropolis and implications for water resilience under climate change. **Sustainability in Debate**, [*S. l.*], v. 12, n. 2, p. 13–50, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.18472/SustDeb.v12n2.2021.32146. Acesso em: 6 nov. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTÁTISTICA. Brasil: São Paulo — panorama. **IBGE**, Rio de Janeiro, s.d.b. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/panorama. Acesso em: 12 jul. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTÁTISTICA. Séries históricas. **IBGE**, Rio de Janeiro, s.d.a. Disponível em: https://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=POP122. Acesso em: 12 jul. 2019.

KING, M. D. *et al*. Remote sensing of cloud, aerosol, and water vapor properties from the moderate resolution imaging spectrometer (MODIS). **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, [*S. l.*], v. 30, n. 1, p. 2-27, jan. 1992.

LENCIONI, S. O processo de metropolização do espaço: uma nova maneira de falar da relação entre metropolização e regionalização. *In*: SCHIFFER, S. R. (org.). **Globalização e estrutura urbana**. São Paulo: Hucitec; Fapesp, 2004.

MATAVELI, G. A. V. *et al*. Dinâmica dos focos de queimada em cana-de-açúcar no estado de São Paulo entre 2008 e 2011. **Revista Brasileira de Cartografia**, [*S. l.*], v. 66, n. 2, p. 379–392, 2014.

SÃO PAULO (Estado). **Decreto estadual n. 48.162, de 3 de julho de 1967**. Dispõe sobre normas para regionalização das atividades da administração estadual. São Paulo: Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo, 1967a. Disponível em: https://www.lexml.gov.br/urn/urn:lex:br;sao.paulo:estadual:decreto:1967-07-03;48162. Acesso em: 7 nov. 2023.

SÃO PAULO (Estado). **Decreto estadual n. 48.163, de 3 de julho de 1967**. Dispõe sobre as regiões que deverão ser adotadas pelos órgãos da Administração Pública. São Paulo: Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo, 1967b. Disponível em: https://www.lexml.gov.br/urn/urn:lex:br;sao.paulo:estadual:decreto:1969-02-21;51409. Acesso em: 7 nov. 2023.

SÃO PAULO (Estado). **Lei estadual n. 11.241, de 19 de setembro de 2002**. Dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha de cana-de-açúcar e dá providências correlatas. São Paulo: Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo, 2002.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Agricultura, Commercio e Obras Públicas. **Plano de viação**: relatorio apresentado ao dr. secretario da agricultura, pelo consultor technico da secretaria, engenheiro Clodomiro Pereira da Silva. São Paulo: Tip. Levi, 1913.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Estado do Meio Ambiente. **Protocolo agroambiental do setor sucroenergético paulista**: dados consolidados das safras 2007/08 a 2013/14. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2015. Disponível em: https://smastr16.blob.core.windows.net/etanolverde/2015/02/Protocolo-Agroambiental-do-Setor-Sucroenerg%C3%A9tico-Relat%C3%B3rio-consolidado-RV.pdf. Acesso em: 20 jun. 2022.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Emissões veiculares no estado de São Paulo**: 2017. São Paulo: CETESB, 2018. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/veicular/wp-content/uploads/sites/6/2019/02/Relat%C3%B3rio-Emiss%C3%B5es-Veiculares-2017.pdf. Acesso em: 6 nov. 2023.

SÃO PAULO (Município). DataGEO: Infraestrutura de Dados Espaciais Ambientais do Estado de São Paulo *Homepage*. **DataGEO**, São Paulo, s.d. Disponível em: https://datageo.ambiente.sp.gov.br/. Acesso em: 18 nov. 2023.

TAVARES, J. Planejamento Regional no Estado de São Paulo: polos, eixos e a região dos vetores produtivos. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, [*S. l.*], v. 20, n. 2, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.22296/2317-1529.2018v20n2p344. Acesso em: 7 nov. 2023.

TAVARES, J. **Polos Urbanos e Eixos Rodoviários no Estado de São Paulo**. 2015. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) — Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/102/102132/tde-01022016-181133/publico/FinalJefersonTavares.pdf. Acesso em: 10 ago. 2022.

UNITED STARES OF AMERICA. National Aeronautics and Space Administration. NASA Earth Observation Data. **Earth data**: open acess for open science, Washington, D.C., US, s.d. Disponível em: https://www.earthdata.nasa.gov/. Acesso em: 18 nov. 2023.

O LABORATÓRIO KLIMAPOLIS

Rita Yuri Ynoue

INTRODUÇÃO

O *Laboratório Klimapolis* é uma iniciativa de estudar conjuntamente o clima urbano, água e poluição do ar através de modelagem, planejamento, monitoramento e aprendizagem social. Trata-se de um projeto estabelecido entre o Brasil e a Alemanha, lançado em 2018, com o objetivo inicial de estabelecer e desenvolver uma pesquisa cooperativa de longo prazo acerca da poluição do ar urbano e mudanças climáticas nas áreas metropolitanas do Brasil. Depois, esse objetivo inicial foi expandido para se tornar um programa de pesquisa transdisciplinar que, por meio de diálogos com diferentes partes interessadas, alfabetização ambiental e aprendizagem social, contribuiria para o desenvolvimento de ambientes resilientes das cidades brasileiras. As atividades do laboratório são financiadas pelo Ministério da Educação e Pesquisa Alemão.

Assim, a estrutura organizacional do *Laboratório Klimapolis*, ainda que enxuta, está sediada no Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAG-USP), no Brasil, e no Instituto Max Planck de Meteorologia (MPI-M), na Alemanha, havendo duas cor-diretoras, a Professora Anita Engels da Universidade de Hamburgo (UHH), na Alemanha, e a Professora Rita Yuri Ynoue, do IAG-USP, no Brasil. O Laboratório é formado por um comitê gestor composto por seis membros, dos quais três são da Alemanha e três do Brasil. Atualmente, os membros deste comitê são, do lado brasileiro, a profa. Ana Paula Koury (Universidade São Judas Tadeu), a profa. Regina Maura Miranda (USP) e a profa. Judith Hoelzemann (Universidade Federal do Rio Grande do Norte); e, do lado alemão, o prof. Guy Brasseur (MPI-M), o prof. Martin Kohler (UHH) e a Dra. Armelle Remedio (Centro de Serviços Climáticos da Alemanha). O laboratório conta com um gerente de projetos, bem como programas de pesquisa parceiros, como o *INCLINE*, o *MacroAmb*, o *METROCLIMA* e a *Rede Clima*.

INSTITUIÇÕES PARCEIRAS

Tendo em vista que a proposta do Laboratório é promover a cooperação entre cientistas e sociedade, há o constante acolhimento de instituições que queiram contribuir nas pesquisas e nas atividades propostas pelo Laboratório. As instituições parceiras no momento estão concentradas na região sudeste e nordeste do Brasil, contando principalmente universidades — como a USP, a Universidade São Judas Tadeu (USJT), a Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), a Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), a Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), a Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), a Universidade Federal de Alagoas (UFAL), a Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), o Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN) e a Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) —, acrescentando-se a isso as parcerias com institutos de pesquisa — como o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) —, bem como dois parceiros do setor público, a Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano de São Paulo (SDMU) e a Superintendência de Administração do Meio Ambiente do Estado da Paraíba (SUDEMA). Enquanto as parcerias na Alemanha consistem em espaços de produção acadêmica, basicamente universidades e centros de pesquisa, como o Instituto Max Planck de Meteorologia (MPI-M), a Universidade de Hamburgo (UHH), a Universidade HafenCity (HCU), a Universidade Técnica de Hamburgo (TUHH), o Centro de Serviços Climáticos (GERICS), a Universidade de Freiburg e a Universidade de Colônia.

FRENTES DE PESQUISA

As linhas de pesquisa que o *Laboratório Klimapolis* fomenta consistem em basicamente três frentes de atuação. A primeira envolve a *Pesquisa para melhorar o entendimento de impactos climáticos em áreas urbanas*, cujos estudos envolvem: I) Impactos, adaptação e vulnerabilidades às mudanças climáticas (MARENGO *et al.*, 2020); II) Alagamentos, secas e outros eventos extremos — tais estudos envolvem a utilização de modelos conceituais e modelos numéricos que permitem

a produção de conhecimento acerca de possíveis cenários futuros — e III) Clima urbano — temática que aborda também a influência da alteração da superfície urbana pela humanidade na geração de impactos no clima e no tempo, como, por exemplo, o fenômeno das ilhas de calor (Macedo, 2021).

A segunda frente de atuação envolve a *Pesquisa para avançar o entendimento dos impactos ambientais na sociedade*, cujos estudos envolvem: I) Controle da poluição do ar e atribuição de fontes — temática que almeja investigar os impactos locais e regionais da poluição atmosférica (Paton-Walsh *et al.*, 2022), dentre as questões tratadas há a concentração de poluentes no ar que formam uma camada acinzentada de poluição, na qual a população fica imersa, respirando um ar poluído, e é visível no inverno, em São Paulo, além disso, cabe ressaltar que não se trata apenas da poluição produzida no local, mas também da que é recebida de outras localidades, já que há interação entre as escalas territoriais, como exemplificado pela a poluição produzida pelas queimadas da Amazônia, no interior da região centro-oeste, que foram transportadas para São Paulo, provocando aquele episódio em que anoiteceu durante o dia (Pereira *et al.*, 2021); II) Saúde urbana — considerando o marco estabelecido pela pandemia de covid-19, há estudos sendo desenvolvidos a fim de investigar os impactos da quarentena e do *lock down* na qualidade do ar em São Paulo, uma vez que, com suas restrições associadas à circulação de pessoas e mercadorias, houve redução do tráfego de veículos, promovendo uma redução da concentração de poluentes na atmosfera. Essa redução deixou de ser visível na medida em que as pessoas flexibilizaram as restrições indicadas (Rudke *et al.*, 2021) —; e, por fim, III) Pegada urbana regional.

A terceira frente de pesquisa envolve a *Pesquisa para melhorar o design urbano e engajamento de atores sociais*, cujas temáticas englobam: I) Planejamento urbano e design nas escalas de cidade a bairros — tendo pesquisas construídas em torno da investigação acerca da relação entre o clima urbano e o ambiente construído, considerando as interações entre as diferentes escalas, bem como na questão referente às águas urbanas, ao planejamento hidrológico e ao projeto urbano, cabendo salientar que a esfera do planejamento urbano é fundamental para a construção de cenários de mudanças climáticas tendo em vista que a cobertura do solo exerce um papel fundamental no balanço da radiação, além disso há a questão da

construção de ciclovias e de corredores de ônibus, este segundo atribui importância ao transporte coletivo, e essas medidas alteram significativamente as emissões de poluentes na cidade, melhorando, também, as concentrações desses poluentes; II) Aprendizagem social e III) Governança (regulamentos, procedimentos e responsabilidades).

Estes pilares são representados pelas atividades realizadas por outro parceiro, o *Laboratório Itaim Paulista* (https://labitaimpaulista.blogspot.com/), cuja iniciativa conseguiu integrar as três linhas dessa terceira frente de atuação. O *LAB Itaim Paulista* é um projeto de extensão Universitária transdisciplinar de política urbana e planejamento local da Universidade São Judas Tadeu que se juntou ao laboratório Klimapolis, em 2018, e implantou uma experiência piloto de governança ambiental local trazendo a Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano (SMDU) de São Paulo como parceira para o Klimapolis.

Nessa experiência piloto, o *LAB Itaim Paulista* objetivou enfrentar os impactos das mudanças climáticas e do aumento da poluição do ar de um bairro periférico da cidade de São Paulo, na Zona Leste, e, para isso, partiu da perspectiva de desenvolver aprendizagem social. Foram oferecidos uma oficina de sensores de qualidade do ar, de baixo custo, na Escola Municipal de Ensino Fundamental Dama entre Rios Verdes, assim como um curso de capacitação em gestão urbana para os alunos da São Judas e para funcionários da SMDU. Tal iniciativa envolveu diversos segmentos da sociedade demonstrando como essa interação é possível e frutífera, de forma que o Klimapolis fomenta diversos trabalhos desenvolvidos na área de aprendizagem ambiental e social.

INTEGRANDO CONHECIMENTOS

Além disso, o Klimapolis também incentiva o diálogo entre os diferentes atores da sociedade. Do lado dos cientistas, por exemplo, sabe-se que as cidades são responsáveis por mais de 70% das emissões globais de gás carbônico (CO^2) e que essas mesmas cidades também sofrem com os múltiplos e intensos impactos relacionados às mudanças climáticas. Do outro lado, existem os tomadores de decisão, que têm o potencial de mitigar e adaptar as cidades aos impactos das mudanças climáticas, principalmente no que se refere ao planejamento urbano e a construção de prioridades acerca do que se almeja nas cidades.

Por conseguinte, o Klimapolis almeja interligar e servir como uma ponte entre os tomadores de decisão e a ciência, assim, a proposta consiste em questionar de quais formas é possível contribuir para o desenvolvimento de cidades brasileiras ambientalmente mais resilientes, considerando, enquanto aspectos desafiadores, os objetivos de integrar os vários cientistas, de diferentes áreas de conhecimento, estabelecendo e desenvolvendo uma estrutura de pesquisa transdisciplinar que permita a integração de conhecimentos e experiências de pesquisadores brasileiros e alemães, bem como fornecendo serviços de informação sobre processos climáticos que afetam áreas urbanas e disseminando conhecimento científico, além disso, almeja-se atuar enquanto parceiros do poder público para o desenvolvimento de cidades mais sustentáveis.

Maiores informações estão disponíveis no site do Klimapolis: https://www.klimapolis.net/.

REFERÊNCIAS

MACEDO, L. R. **Cenários de urbanização e seus impactos nas variáveis atmosféricas que contribuem para formação de ilha urbana de calor na Região Metropolitana de São Paulo**. 2021. Tese (Doutorado em Ciências) —Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/14/14133/tde-29032021-114711/pt-br.php. Acesso em: 7 nov. 2023.

MARENGO, J. A. *et al*. Trends in extreme rainfall and hydrogeometeorological disasters in the Metropolitan Area of São Paulo: a review. Annals of the New York Academy of Sciences, [*S. l.*], v. 1472, n. 1, p. 5-20, fev. 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/339248165_Trends_in_extreme_rainfall_and_hydrogeometeorological_disasters_in_the_Metropolitan_Area_of_Sao_Paulo_a_review. Acesso em: 7 nov. 2023.

PATON-WALSH, C. *et al*. Key challenges for tropospheric chemistry in the southern hemisphere. **Science of the Anthropocene**, [*S. l.*], v. 10, n. 1, p. 1-35, 2022. Disponível em: https://online.ucpress.edu/elementa/article/10/1/00050/119259/Key-challenges-for-tropospheric-chemistry-in-the. Acesso em: 7 nov. 2023.

PEREIRA, G. M. *et al*. Physical and chemical characterization of the 2019 "black rain" event in the Metropolitan Area of São Paulo, Brazil. **Atmospheric Environment**, [*S. l.*], v. 248, p. 118229, 2021. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1352231021000479. Acesso em: 7 nov. 2023.

RUDKE, A. P. *et al*. How mobility restrictions policy and atmospheric conditions impacted air quality in the State of São Paulo during the covid-19 outbreak. **Environmental Research**, [*S. l.*], v. 198, p. 111255, 2021.

PARTE II

INFRAESTRUTURA REGIONAL, DESENVOLVIMENTO E O PLANEJAMENTO NO TERRITÓRIO

INFRAESTRUTURAS RODOVIÁRIAS FEDERAIS: EVOLUÇÃO DAS POLÍTICAS PÚBLICAS E DO ARCABOUÇO REGULATÓRIO

Fernando Barbelli Feitosa

INTRODUÇÃO

O presente capítulo trata da evolução das políticas públicas e do arcabouço regulatório incidente sobre as infraestruturas rodoviárias, sob a perspectiva da administração pública federal e dos movimentos políticos ocorridos no Brasil.

Pouca atenção tem se dado para a história e importância das rodovias brasileiras para o desenvolvimento nacional. A despeito de toda mística que se coloca em torno da relevância das ferrovias para o crescimento do Brasil, de fato, o país foi efetivamente construído sobre os caminhos de chão, iniciados ainda com as bandeiras paulistas no século XVI. Abertas à margem dos rios, essas vias primitivas indicavam os primeiros traçados que viriam a orientar a integração do comércio com o interior.

De fato, a estrada que melhor consegue representar esse fluxo de integração nacional, para a exportação das riquezas, é a Estrada Real (Sales, 2012). Construída por escravos no final do século XVII, tornou-se a principal rota de escoamento de ouro e diamantes do Brasil Colonial, a ligar as províncias de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo, em percursos com carros de tração animal que duravam em torno de 90 dias. Tanto Tiradentes como o Imperador Dom Pedro II rodaram por este caminho antes que houvesse uma política nacional voltada a organizar efetivamente este setor.

Não obstante, a infraestrutura rodoviária sempre foi vista como uma obra pública típica, que trouxe modernidade e outras estruturas agregadas, como saneamento básico, energia elétrica e telefonia, estas geralmente relegadas à exploração privada. Sem que se ignorem as poucas iniciativas privadas e de concessões lançadas a partir da segunda metade do século XIX (Pereira, 2014), foi efetivamente após o movimento rodoviarista capitaneado por Washington Luís que o projeto rodoviário se deflagrou como uma intervenção pública de abrangência nacional, que viria a permear todos as políticas de infraestrutura subsequentes.

Para que se possa discutir sobre este fenômeno, segue-se no presente capítulo o método de abordagem descritivo e lógico-indutivo, para que se verifique, a partir do contexto histórico do instituto: os diferentes marcos de atuação do Poder Público para viabilizar o modal rodoviário, os atuais rumos da regulação federal e as perspectivas para o setor.

Espera-se, desta forma, demonstrar que os mais de cento e cinquenta anos de história da organização pública federal e da gestão deste mercado permitem vislumbrar as mudanças do papel institucional da União Federal, sempre no sentido de manter o setor como uma das principais molas propulsoras do desenvolvimento no Brasil.

MAIS DE 150 ANOS DE RODOVIAS FEDERAIS

A regulação e execução de políticas públicas sobre estradas federais não é tema novo, conforme se comentou acima. Com a função de viabilizar a pecuária e o escoamento de açúcar e de Pau-brasil, os caminhos do Brasil eram objeto de diversas iniciativas regionais, cabendo inclusive menção à Calçada do Lorena (Reis, 1997), que em 1827 inaugurou uma via entre Cubatão e Santos.

Não por acaso, pela Lei de 29 de agosto de 1828[2], o então jovem Legislativo Federal promulgou as primeiras regras do Brasil para a construção de obras públicas direcionadas à navegação de rios, abertura de canais, edificações de estradas, pontes, calçadas e aquedutos. A estruturação das Províncias de então exigia o estabelecimento de parâmetros mínimos para o seu desenvolvimento. Também em decorrência disso começam a se estabelecer as Escolas Técnicas para a formação de Engenheiros Rodoviários, a partir de 1830.

E somente após a emancipação de Dom Pedro II, já em meados de 1840, que se estabeleceu o Ministério dos Negócios do Império, com a atribuição de pensar traçados para os novos caminhos, avaliar construções de pontes, sistemas de drenagem e proteção de encostas. Na mesma época, a Província de São Paulo constituía a Diretoria de Obras Públicas, com a missão de estabelecer o plano geral de estradas daquela região (Reis, 1997).

---

[2] BRASIL. **Lei de 29 de agosto de 1828, de 29 de agosto de 1828**. Estabelece regras para a construcção das obras publicas, que tiverem por objecto a navegação de rios, abertura de canaes, edificação de estradas, pontes, calcadas ou aqueductos. Rio de Janeiro: Chancellaria-mór do Imperio do Brazil, 1828. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lim/LIM-29-8-1828.htm#:~:text=lim%2d29%2d8%2d1828&text=lei%20de%2029%20de%20agosto,%2c%20pontes%2C%20calcadas%20ou%20aqueductos. Acesso em: 29 maio 2022.

Também neste período registrou-se a construção da primeira rodovia federal brasileira, a Estrada de Rodagem União Indústria, que fazia uma ligação entre Rio de Janeiro e Minas Gerais. Iniciada em 1852, consistia em uma concessão federal de 50 anos do Imperador para Mariano Procópio Ferreira Lage organizar a Companhia União Indústria, com a finalidade de construção e exploração de estradas de rodagem[3]. Com isso, a rodovia viria a ser inaugurada por Dom Pedro II, em 1861, com 144 quilômetros de eixo principal pavimentados com macadame como base (e não pedra, como era usual nesta época), para ligar Petrópolis (RJ) a Juiz de Fora (MG). Pode se considerar este como um dos principais marcos deflagradores da infraestrutura rodoviária federal (Brasil, 2001), que viria a abrir caminho para outras concessões similares que ocorreram na mesma época nas Províncias do Paraná (Estrada da Graciosa), de Santa Catarina (Estrada Dona Francisca) e de Minas Gerais (Estrada Filadélfia a Santa Clara).

Com a Proclamação da República, em 15 de novembro de 1889, pelo Marechal Deodoro, o Estado viria novamente a se reestruturar, para que a gestão dessas atividades viesse a ter continuidade pelo Ministério da Indústria, Viação e Obras Públicas (Brasil, 2001).

Apesar de se reconhecer o valor das ações enumeradas, as políticas públicas e os regulamentos para a gestão dos transportes rodoviários, não se vislumbravam ainda na República nascente o planejamento de uma rede nacional, sobretudo pela dimensão do território. Por isso, o efetivo salto para o rodoviarismo seria dado somente no século XX, a princípio como um efeito carona dos movimentos de urbanização e em segundo momento.

Estruturação inicial da Administração Pública Federal

A despeito da população brasileira ainda ser, ao tempo, eminentemente rural, a partir do final do século XIX e início do XX, os núcleos urbanos começaram a se estruturar para receber a indústria embrionária, que atraía imigrantes estrangeiros e brasileiros para as cidades[4] (Brasil, 2001). Esses grupos populares chegavam com

[3] Vide BRASIL. **Decreto n. 1.031, de 7 de agosto de 1852**. Concede a Mariano Procopio Ferreira Lage privilegio exclusivo pelo tempo de cincoenta annos, a fim de incorporar huma companhia para construir, melhorar e conservar duas linhas de estradas na Provincia de Minas Geraes. Rio de Janeiro: Chancellaria-mór do Imperio do Brazil, 1852. Disponível em: https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1824-1899/decreto-1031-7-agosto-1852-559374-publicacaooriginal-81570-pe.html. Acesso em: 29 maio 2022.

[4] O livro *O Cortiço*, de Aluísio Azevedo, publicado em 1890 retrata bem essa constituição de centros urbanos em torno da indústria, assim como as carências das quais esses núcleos sociais padeciam.

pouca instrução em um contexto de falta de moradia, saneamento básico, limpeza pública, iluminação e tantas outras necessidades que as autoridades públicas deveriam suprir à época. As preliminares políticas públicas nesta seara vieram por movimentos de outorga dos serviços públicos às empresas estrangeiras que detinham *know how*, sobretudo com base nas experiências europeias e estadunidenses.

A despeito da hegemonia dos transportes ferroviário e marítimo neste período, merecendo inclusive menção à exitosa experiência dos bondes em São Paulo, as rodovias chegavam como uma opção de construção e operacionalização mais rápida e barata, sobretudo considerando as tecnologias do período, como a pavimentação com macadame, aplicada na Estrada do Vergueiro, inaugurada em 1913, para ligar São Paulo a Santos (Brasil, 2001).

Toda essa mudança social exigiu uma nova postura da jovem República. Pode-se assumir que o Governo Federal optou por se estruturar para a gestão das infraestruturas de transportes a partir da constituição do Ministério de Viação e Obras Públicas, em 1909. Por sua vez, a criação da Inspetoria Federal de Estradas (IFE), pelo Decreto n. 9.076, de 3 de novembro de 1911[5], com competência para a fiscalização da construção e a disposição de normas para o setor, proporciona o estabelecimento de uma estrutura de gestão pública bastante completa, com agentes voltados a dispor as políticas públicas incidentes e outros trabalhando sobre as regras técnicas necessárias e sua supervisão. Note-se que as Inspetorias foram estabelecidas inicialmente para tratar de estradas de ferro, sendo logo adaptadas para assumirem as estradas de rodagem também.

Nesta onda, a indústria automobilística veio logo a se instalar no Brasil, trazendo, em 1919, a Ford, com a linha de montagem do Ford T, também denominado Ford de bigode. Este fato, somado às políticas públicas e à estruturação do Estado para a gestão do setor, atraíram a General Motors e permitiram a constituição da fábrica de carrocerias dos Irmãos Grassi, que viriam a construir primeiramente as jardineiras e após os ônibus brasileiros fechados (Brasil, 2001).

O entusiasmo da indústria rodoviária que se estruturava no país também era notado e se alinhava aos interesses públicos ao

[5] BRASIL. **Decreto n. 9.076, de 3 de novembro de 1911**. Approva o regulamento para a Inspectoria Federal das Estradas. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1911. Disponível em: https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1910-1919/decreto-9076-3-novembro-1911-528037-norma-pe.html. Acesso em: 15 jun. 2022.

contagiar relevantes agentes do período. Washington Luís, carioca de nascimento, mas que teve sua trajetória política toda na província de São Paulo, primeiro na cidade de Batatais e depois na capital regional, foi um dos aficionados pelo rodoviarismo que figurou no Congresso Paulista de Estradas de Rodagens, em 1917, para capitanear a viagem de parlamentares de carro de São Paulo a Santos, a fim de verificar as condições do trajeto. Posteriormente, como Presidente da Província, eleito pelo Partido Republicano Paulista em 1920, franqueou a construção da rede rodoviária paulista (Pereira, 2014).

Mas vale olhar com mais cuidado os efeitos da chegada de Washington Luís à Presidência da República, como um agente indutor de políticas públicas para o rodoviarismo.

Formação de Políticas Públicas e Regulação

Washington Luís Pereira de Sousa foi o 13º Presidente do Brasil, tomando posse em 15 de outubro de 1926, a governando até a sua deposição em 24 de outubro de 1930, pelo golpe de Estado liderado por Getúlio Vargas. Foi Prefeito de Batatais, Secretário de Justiça, Deputado Estadual, Prefeito, Presidente da Província e Senador por São Paulo, entre 1897 e 1926. Sua trajetória foi bastante marcada pelo fomento ao rodoviarismo, ao ponto de considerar abertamente que a atividade política de gestão da nação dependia da construção de estradas (Debes, 1994).

Sua chegada à Presidência da República encontra um aparato estatal estabelecido e pronto para discutir um novo marco de planejamento da integração. Os planos de integração nacional, que já eram discutidos desde o Império, para trazer propostas dos caminhos mais favoráveis para a circulação no país, passaram a ser produzidos e debatidos com vistas, também, à criação e articulação de polos econômicos e a garantia da segurança nacional (Brasil, 2001).

Assim, em 1926 e 1927, foram registrados os Planos Catramby, Paulo de Frontin, Luiz Schnoor e o da Comissão de Estradas de Rodagens Federais (CERF, comissão de engenheiros constituída com recursos fiscais para o planejamento e construção de rodovias), pelos quais se propunham uma integração do Brasil por eixos rodoviários, que chegariam aos rincões mais distantes do país. Washington Luís fomentava fortemente tais atividades, pois assim como fez em São Paulo, viria a lançar, em 1928, a modelagem da rede nacional de

transportes rodoviários, com os projetos de ligação da cidade do Rio de Janeiro à cidade de São Paulo, assim como a estrada da então Capital Federal a Petrópolis.

Mas as iniciativas de Washington Luís não eram só de cunho político, buscando ainda viabilizar instrumentos financeiros que pudessem apoiar as Províncias e os Municípios a construir as suas estradas. Vale mencionar o Decreto n. 5.141, de 5 de janeiro de 1927[6], que criou o fundo especial para construção e conservação de estradas de rodagem federais, constituído por um adicional aos impostos de importação para o consumo de veículos, pneus, rodas e acessórios de automóveis e o Decreto n. 5.525, de 5 de setembro de 1928[7], o qual autorizava a contração de empréstimos internos, por meio de cédulas de obrigações rodoviárias, para a construção e conservação de estradas de rodagem.

A passagem de Washington Luís pela Presidência da República trouxe, neste contexto, ainda mais escore para a Administração Pública formar a massa crítica que seria essencial na década seguinte para gerar uma elite de engenheiros especializados no setor. Em decorrência disso, em meio à elaboração da Constituição Brasileira, seria publicado o Plano Nacional de Viação (PNV), pelo Decreto n. 24.297, de 29 de junho de 1934[8]. Com o advento do PNV, a CERF foi restabelecida (uma vez que tinha sido submetida à IFE desde o final do mandato de Washington Luís) e consubstanciou-se na base técnica que viria a dar origem ao Departamento Nacional de Estradas de Rodagens (DNER), criado pela Lei n. 467, de 31 de julho de 1937[9],

---

[6] BRASIL. **Decreto n. 5.141, de 5 de janeiro de 1927**. Crêa o "Fundo Especial para Construcção e Conservação de Esfradas de Rodagem Federaes, constituido por um addicional aos impostos de importação para consumo a que estão sujeitos: gazolina, automoveis, auto-omnibus, auto-caminhões, chassis para automoveis, pneumaticos, camaras de ar, rodas massiças, motocycletas, bicycletas, side-car e accessorios para automoveis, e dá outras providencias. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1927. Disponível em: https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1920-1929/decreto-5141-5-janeiro-1927-562830-publicacaooriginal-86934-pl.html#:~:text=1%C2%BA%20Fica%20creado%20o%20%C2%ABFundo,camaras%20de%20ar%2C%20rodas%20massi%C3%A7as%2C. Acesso em: 15 jun. 2022.

[7] BRASIL. **Decreto n. 5.525, de 5 de setembro de 1928**. Autoriza a contrahir um emprestimo interno, por meio de apolices denominadas Obrigações Rodoviarias, para a construcção e conservação de estradas de rodagem e dá outras providencias. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1928. Disponível em: https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1920-1929/decreto-5525-5-setembro-1928-562410-publicacaooriginal-86424-pl.html. Acesso em: 15 jun. 2022.

[8] BRASIL. **Decreto n. 24.297, de 28 de maio de 1934**. Concede anistia aos participantes do movimento revolucionário de 1932 e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1934. Disponível em: https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1930-1939/decreto-24297-28-maio-1934-507572-publicacaooriginal-1-pe.html. Acesso em: 15 jun. 2022.

[9] BRASIL. **Lei n. 467, de 31 de julho de 1937**. Transforma em Departamento Autônomo a atual Comissão de Estradas de Rodagem Federais, fixa os vencimentos do respectivo pessoal

com atribuições para estudar, organizar e rever o plano geral das estradas de rodagem, sujeitas à aprovação do Poder Legislativo, e executar e fiscalizar a construção, conservação e melhoramentos de estradas, entre outros.

Com isso, deu-se o restabelecimento da estrutura de Estado para dispor sobre as políticas públicas e a regulação econômica e técnica, que viria a se estabelecer de forma mais definitiva na década de 1940. Em 20 de março de 1944, o Decreto n. 15.093[10] aprovou o novo PNV, elaborado por comissão presidida pelo DNER. Em seu bojo, indicava a constituição de 27 Eixos Nacionais, compostos por 6 longitudinais, 15 transversais e 6 pontos de conexão.

Este decreto ainda inovou ao trazer competências para a Comissão criada pelo Decreto n. 12.747, de 30 de junho de 1943[11], submeter à aprovação do Governo a regulamentação do PNV aprovado e ainda dispôs sobre suas diretrizes, indicando o dever de ser estabelecer *os princípios gerais da política administrativa rodoviária, relativamente ao financiamento, execução e fiscalização das construções e conservação das linhas do Plano Nacional* e *instituir a classificação das estradas de rodagem e fixar as normas e especificações técnicas que devem caracterizar as estradas, segundo a classe a que se subordinem*.

Ainda no ano seguinte, o DNER foi reorganizado, criando-se o Fundo Rodoviário Nacional (FRN), com recursos do imposto único federal sobre combustíveis e lubrificantes líquidos minerais, pelo Decreto-Lei n. 8.463, de 27 de dezembro de 1945[12] (Lei Joppert). Segundo esta Lei, 40% do produto arrecadado seria destinado à DNER para organização de suas atividades e os outros 60% seriam divididos entre Estados, Municípios e Distrito Federal.

---

e dá outras providencias. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1937. Disponível em: https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1930-1939/lei-467-31-julho-1937-555595-norma-pl.html. Acesso em: 15 jun. 2022.

[10] BRASIL. **Decreto n. 15.093, de 20 de março de 1944**. Aprova o "Plano Rodoviário Nacional" e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1944. Disponível em: https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1940-1949/decreto-15093-20-marco-1944-460172-publicacaooriginal-1-pe.html. Acesso em: 15 jun. 2022.

[11] BRASIL. **Decreto n. 12.747, de 30 de Junho de 1943**. Cria comissão do Plano Rodoviário Nacional. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1943. Disponível em: https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1940-1949/decreto-12747-30-junho-1943-463506-publicacaooriginal-1-pe.html. Acesso em: 15 jun. 2022.

[12] BRASIL. **Decreto-Lei n. 8.463, de 27 de dezembro de 1945**. Reorganiza o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, cria o Fundo Rodoviário Nacional e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1945. Disponível em: https://www2.camara.leg.br/legin/fed/declei/1940-1949/decreto-lei-8463-27-dezembro-1945-416445-publicacaooriginal-1-pe.html. Acesso em: 15 jun. 2022.

Então, o DNER passaria a funcionar como uma autarquia moderna, com autonomia administrativa e financeira e corpo funcional qualificado, permitindo-se, inclusive, sua capacitação no exterior, quase como uma precursora das Agências Reguladoras que viriam nos anos 1990. Gerou-se então uma verdadeira ilha de excelência, que se aprofundaria nos temas de planejamento de transportes e engenharia rodoviária. Essa profícua política pública federal de aprimoramento do corpo técnico, que já vinha se estruturando para acompanhar a indústria rodoviária, viria a gerar bons frutos nas décadas seguintes, em especial no desenvolvimento de projetos, ações de desapropriação e fiscalização da execução de obras. A priorização dos transportes por estradas de rodagens por parte do Ministério de Viação e Obras Públicas tornava-se uma clara escolha pública (Brasil, 2001).

Indústria pesada, estruturas de Fomento e Pesquisa e consolidação

A partir do final dos anos 1940 o Brasil seria assolado com contínuos avanços do rodoviarismo, principalmente alavancados pelo Fundo Rodoviário Nacional, o que viria a ser elemento primordial para marcar a rodovia como a obra pública mais típica do Governo Federal e dos governos locais (Pereira, 2014). Pode-se observar que o modelo de transporte ferroviário havia perdido sua pujança na época, o que abriu espaço para que as rodovias tomassem seu protagonismo no cenário nacional. Até os anos 1980, o setor rodoviário viria a ser fundamental para o crescimento da indústria da construção civil, que gerou a formação das grandes empreiteiras nacionais (Pereira, 2014).

Isso viria a se refletir materialmente nas obras estruturantes do país. Em 1948, o Estado do Rio de Janeiro se ligaria à Bahia, dando acesso rodoviário ao Nordeste (Brasil, 2001), o que até então deveria ser feito por navegação de cabotagem. Em 19 de janeiro de 1951 ocorreu a inauguração da então BR-2, Rodovia Presidente Dutra, que vinha para substituir a antiga estrada entre as capitais dos Estados de São Paulo e Rio de Janeiro, com redução do tempo de percurso de 12 horas para 6 horas. Na época, foi entregue uma rodovia executada com técnica moderna, concluídos 339 quilômetros dos 405 totais, com 115 obras de arte especiais, entre trevos, pontes

e viadutos[13]. Ressalta-se que, ao tempo, já se contavam com mais de 17.000 quilômetros de rodovias pavimentadas no Brasil (Brasil, 2001).

Mas nesse tempo a indústria rodoviária veio a ser beneficiada pelo impulsionamento de outras unidades de produção que se instalaram no país, contribuindo com mais elementos para que o modal rodoviário viesse efetivamente a se instalar como o principal meio que viria a ser utilizado daí para frente. Neste sentido, nos anos 1950, definiu-se a nossa matriz de transportes, quando a opção pelo transporte rodoviário passou do entusiasmo inicial para uma escolha pública que viria a definir os rumos da logística nacional, sobretudo orientada pela burocracia estatal bem assentada nas décadas anteriores.

Após os movimentos de instalação das montadoras nos anos 1920, acima mencionados, a chegada da indústria de base ao Brasil viria para reforçar ainda mais uma tendência ao rodoviarismo que se acentuava.

Em 1948, por uma iniciativa capitaneada pelo Governo Brasileiro, com a Alfa Romeo e a Fiat, foi estabelecida a Fábrica Nacional de Motores S.A. (FNM). A marca, que seria tão conhecida nos anos seguintes, produziu motores de caminhões e viria a completar os empreendimentos já existentes na área de carrocerias, bem como atrair e fomentar as fábricas de pneus, já bem apuradas nas técnicas de Charles Goodyear, e as oficinas mecânicas especializadas. Em 1953, a criação da Petrobrás, com o início de uma produção nacional maciça de combustíveis e de cimento asfáltico, viria para complementar a indústria rodoviária. Ainda entre os anos 1950 e 1960, os centros urbanos, que haviam recebido muitos migrantes do grande êxodo rural, começaram a substituir o transporte ferroviário na zona municipal expandida por ônibus, que permitia uma adaptação mais rápida para trazer os trabalhadores aos centros fabris (Pereira, 2014).

Por seu lado, o setor público continuava se cercando, tanto por entidades especializadas como de políticas públicas que reafirmaram o rodoviarismo. Juscelino Kubitschek, outro presidente profundamente engajado neste propósito, instituiu dentro de seu plano de metas, pelo Decreto n. 39.412, de 16 de junho de 1956, um conjunto de normas diretoras para o fomento da indústria

[13] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Biblioteca. **IBGE**, Rio de Janeiro, 2023. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=443662. Acesso em: 15 jun. 2022.

automobilística no Brasil, que viria a atrair para a região metropolitana de São Paulo (ABC Paulista) uma série de montadoras como Volkswagen, Ford, General Motors, Mercedes-Benz, Scania, Simca, Toyota, entre outras. Pelo mesmo instrumento, ainda, criou-se o Grupo Executivo da Indústria Automobilística (GEIA), com atribuição para proposição do Plano Nacional Automobilístico, que viria a ser replicado nos anos subsequentes. Aproveitando a Lei n. 1.310, de 15 de janeiro de 1951, que deu origem ao Conselho Nacional de Pesquisas (o que viria a dar origem ao CNPQ), criou-se como um de seus entes o Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR), pelo Decreto n. 42.212, de 29 de agosto de 1957. Posteriormente, o Decreto n. 71.305, de 17 de novembro de 1972 transferiu o IPR para o DNER.

Como se nota, junto à burocracia estatal especializada, se alocaram agentes públicos de fomento e pesquisa, agregando mais robustez à estrutura pública que cercava o rodoviarismo. Esses agentes seguiram trabalhando em conjunto desde então, para assentar definitivamente a predominância do modal no cenário da infraestrutura nacional.

Não obstante, a consolidação da estrutura pública dedicada ao setor de infraestrutura rodoviária seria efetivamente consolidada nos anos 1960 e início dos anos 1970, quando ocorreu o fenômeno da organização do Estado Brasileiro nos termos com que se concebe atualmente. A significativa reforma administrativa, cujo maior marco jurídico se encontra no Decreto-Lei n. 200, de 25 de fevereiro de 1967[14], criou o Ministério dos Transportes, cuja ordenação das atividades vem até os dias de hoje, apesar do nome da pasta ter sido alterado em determinados períodos.

Mas para os propósitos do presente trabalho, dois fatos anteriores são de suma importância: a aprovação do novo Plano Nacional de Viação (PNV), disposto pela Lei n. 4.592, de 29 de dezembro de 1964[15], e regulado pelo Decreto-Lei n. 512, de 21 de março de 1969[16], e a instituição do Grupo Executivo de Integração da Política dos

[14] BRASIL. **Decreto-lei n. 200, de 25 de fevereiro de 1967**. Dispõe sôbre a organização da Administração Federal, estabelece diretrizes para a Reforma Administrativa e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1967a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del0200.htm. Acesso em: 15 jun. 2022.

[15] BRASIL. **Lei n. 4.592, de 29 de dezembro de 1964**. Aprova o Plano Nacional de Viação. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1964b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1950-1969/l4592.htm. Acesso em: 15 jun. 2022.

[16] BRASIL. **Decreto-lei n. 512, de 21 de março de 1969**. Regula a Política Nacional de Viação Rodoviária, fixa diretrizes para a reorganização do Departamento Nacional de Estradas de

Transportes (GEIPOT). O primeiro, apresentava uma cartografia do Brasil, indicando as vias e terminais de transportes terrestres, inclusive com suas descrições iniciais. De outra sorte, o GEIPOT representou a inauguração de uma ação de planejamento contínuo dos transportes, em contrapartida e continuidade aos estudos realizados por empresas estrangeiras (Brasil, 2001), então contratadas pelo Governo Federal com recursos do Banco Internacional de Reconstrução e Desenvolvimento (BIRD) e o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). Não por coincidência, em 1973, tanto o PNV seria novamente reformulado (Lei n. 5.917, de 10 de setembro[17]), para melhor compreender a malha rodoviária crescente, como o GEIPOT viria a se tornar uma empresa pública (Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes - Lei n. 5.908, de 20 de agosto de 1973[18], e Decreto n. 73.100, de 6 de novembro de 1973[19]), para ter mais autonomia em suas atividades de planejamento.

Alguns empreendimentos rodoviários também são marcantes neste período (GEIPOT, 2001, p. 106-107). A rodovia Rio-Santos, que é o trecho da BR-101 que margeia o litoral dos Estados do Rio de Janeiro e São Paulo, vencia as dificuldades de traçado para ter seus mais de 500 quilômetros concluídos em 1971. A ponte Rio-Niterói (que também integra a BR-101), cuja construção foi iniciada em janeiro de 1969, teria seus 13,29 quilômetros entregues em 4 de março de 1974, constituindo-se como a maior ponte do hemisfério sul e da América Latina, em concreto protegido. Vale também mencionar a pavimentação de diversos trechos nesta época ao longo do Brasil, em especial na Belém-Brasília, na Cuiabá-Santarém, na Rodovia Transamazônica,

---

Rodagem e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1969a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del0512.htm. Acesso em: 15 jun. 2022.

[17] BRASIL. **Lei n. 5.917, de 10 de setembro de 1973**. Aprova o Plano Nacional de Viação e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1973c. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l5917.htm#:~:text=lei%20no%205.917%2c%20de%2010%20de%20setembro%20de%201973.&text=Aprova%20o%20Plano%20Nacional%20de%20Via%C3%A7%C3%A3o%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAncias. Acesso em: 15 jun. 2022.

[18] BRASIL. **Lei n. 5.908, de 20 de agosto de 1973**. Autoriza o Poder Executivo a transformar o Grupo de Estudos para Integração da Política de Transportes em empresa pública, sob a denominação de Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes (GEIPOT), e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1973b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1970-1979/l5908.htm#:~:text=LEI%20No%205.908%2C%20DE,)%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAncias. Acesso em: 15 jun. 2022.

[19] BRASIL. **Decreto n. 73.100, de 6 de novembro de 1973**. Constitui a Empresa Brasileira de Planejamento de Transporte - GEIPOT e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1973a. Disponível em: https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1970-1979/decreto-73100-6-novembro-1973-421559-publicacaooriginal-1-pe.html. Acesso em: 15 jun. 2022.

entre outros, viabilizados pelo Programa de Integração Nacional (PIN), veiculada pelo Decreto-Lei n. 1.106, de 16 de julho de 1970[20], que dedicou dois bilhões de cruzeiro para financiamento de obras de infraestrutura nas áreas de atuação da Superintendências de Desenvolvimento do Nordeste e da Amazônia (SUDAM e SUDENE).

Ademais, cumpre recordar também que a arquitetura fiscal que apoiava o rodoviarismo chegava aos anos 1970 muito vigorosa. Além do Imposto único sobre Lubrificantes e Combustíveis Líquidos e Gasosos (Lei n. 4.452, de 5 de novembro de 1964[21]), ainda contribuíam para o Fundo Rodoviário Nacional e para o DNER a Taxa Única Rodoviária (Decreto-Lei n. 999, de 21 de outubro de 1969[22]) e o Imposto sobre os Serviços de Transporte Rodoviário Intermunicipal e Interestadual de Pessoas e Cargas (Decreto-Lei n. 284, de 28 de fevereiro de 1967[23] e Decreto-Lei n. 1.438, de 26 de dezembro de 1975[24]). Destaque-se, ainda, como receitas do DNER, a Taxa de

---

[20] BRASIL. **Decreto-lei n. 1.106, de 16 de junho de 1970**. Cria o Programa de Integração Nacional, altera a legislação do impôsto de renda das pessoas jurídicas na parte referente a incentivos fiscais e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1970. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1965-1988/del1106.htm#:~:text=-DECRETO%2DLEI%20N%C2%BA%201.106%2C%20DE%2016%20DE%20JUNHO%20DE%201970.&text=Cria%20o%20Programa%20de%20Integra%C3%A7%C3%A3o,fiscais%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAncias. Acesso em: 15 jun. 2022.

[21] BRASIL. **Lei n. 4.452, de 5 de novembro de 1964**. Altera a Legislação relativa ao Impôsto Único sôbre lubrificantes e combustíveis líquidos e gasosos, e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1964a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4452.htm#:~:text=LEI%20No%204.452%2C%20DE%205%20DE%20NOVEMBRO%20DE%201964.&text=Altera%20a%20Legisla%C3%A7%C3%A3o%20relativa%20ao,gasosos%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAncias. Acesso em: 15 jun. 2022.

[22] BRASIL. **Decreto-lei n. 999, de 21 de outubro de 1969**. Institui Taxa Rodoviária Única, incidente sôbre o registro e licenciamento de veículos e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1969c. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1965-1988/del0999.htm#:~:text=DECRETO%2DLEI%20N%C2%BA%20999%2C%20DE%2021%20DE%20OUTUBRO%20DE%201969.&text=Institui%20Taxa%20Rodovi%C3%A1ria%20%C3%9Anica%2C%20incidente,ve%C3%ADculos%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAncias. Acesso em: 15 jun. 2022.

[23] BRASIL. **Decreto-lei n. 284, de 28 de fevereiro de 1967**. Institui o impôsto sôbre transporte rodoviário de passageiros e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1967b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1965-1988/Del0284.htm#:~:text=DECRETO%2DLEI%20N%C2%BA%20284%2C%20DE%2028%20DE%20FEVEREIRO%20DE%201967.&text=Institui%20o%20imp%C3%B4sto%20s%C3%B4bre%20transporte%20rodovi%C3%A1rio%20de%20passageiros%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAncias. Acesso em: 15 jun. 2022.

[24] BRASIL. **Decreto-lei n. 1.438, de 26 de dezembro de 1975**. Altera o Decreto-lei n. 284, de 28 de fevereiro de 1967, estende a incidência do imposto sobre os serviços de transporte rodoviário de passageiros ao transporte rodoviário de cargas e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1975b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1965-1988/Del1438.htm#:~:text=DECRETO%2DLEI%20N%C2%BA%201.438%2C%20DE%2026%20DE%20

Conservação de Rodovias (Decreto-Lei n. 397, de 30 de dezembro de 1968[25]) e a Taxa para melhoria da segurança das estradas federais (Lei n. 5.391, de 23 de fevereiro de 1968[26]). Relevante, ademais, destacar a autorização dada ao Governo Federal para a cobrança de pedágio em rodovias federais (Decreto-Lei n. 791, de 27 de agosto de 1969[27]).

O que se comprova, desta forma, quanto à infraestrutura rodoviária, é que o Poder Público chegou à década de 1970 com corpo de servidores públicos qualificado e dedicado (DNER e MT), estrutura jurídica amadurecida (PNV), órgãos dedicados à pesquisa e ao planejamento dos transportes (IPR e GEIPOT) e recursos orçamentários para sua plena execução (IULCLG, TRU, ISTR, TCR e TMS). Portanto, a Máquina Pública estava completamente aparelhada em torno do rodoviarismo, como principal modal de transporte do Brasil. Contudo, a crise fiscal dos anos seguintes, que duraria até os anos 1990, forçaria uma mudança na gestão pública da indústria rodoviária, mudando sua dinâmica tradicional.

DESESTATIZAÇÃO E CONCESSÕES FEDERAIS

As razões da desestatização da parte mais relevante da rede rodoviária podem ser vistas ao final dos anos 1970, com a crise fiscal que assolaria o país (Pereira, 2014). Aquela década, que se iniciou com o milagre econômico, viria a terminar com uma severa recessão em meio à segunda Crise Internacional do Petróleo de 1979, que afetou profundamente a indústria rodoviária.

DEZEMBRO%20DE%201975.&text=Altera%20o%20Decreto%2Dlei%20n%C2%BA,cargas%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAncias. Acesso em: 15 jun. 2022.

[25] BRASIL. **Decreto-lei n. 397, de 30 de dezembro de 1968**. Cria a Taxa Rodoviária Federal, destinada à conservação de estradas de rodagem. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1968a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1965-1988/Del0397.htm#:~:text=DECRETO%2DLEI%20N%C2%BA%20397%2C%20DE%2030%20DE%20DEZEMBRO%20DE%201968.&text=Cria%20a%20Taxa%20Rodovi%C3%A1ria%20Federal,que%20lhe%20confere%20o%20art. Acesso em: 15 jun. 2022.

[26] BRASIL. **Lei n. 5.391, de 23 de fevereiro de 1968**. Atribui recursos para melhoria das condições de segurança do sistema rodoviário. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1968b. [D]isponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1950-1969/l5391.htm#:~:text=LEI%20No%205.391%2C%20DE,de%20seguran%C3%A7a%20do%20sistema%20rodovi%C3%A1rio. Acesso em: 15 jun. 2022.

[27] BRASIL. **Decreto-lei n. 791, de 27 de agosto de 1969**. Dispõe sôbre o pedágio em rodovias federais e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1969b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1965-1988/del0791.htm#:~:text=DECRETO%2DLEI%20N%C2%BA%20791%2C%20DE,federais%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAncias. Acesso em: 15 jun. 2022.

A reação do Governo, contudo, não foi suficiente para suportar o peso da infraestrutura estatal. Pode-se nomear o Programa Nacional do Álcool (Proálcool) como uma tentativa de mitigação da dependência do petróleo, deflagrado pelo Decreto n. 76.593, de 14 de novembro de 1975[28], como reação à primeira Crise Internacional do Petróleo, de 1973 e 1974. Mas o fato é que o Segundo Plano Nacional de Desenvolvimento já mirou suas medidas no fomento à geração de energia e na produção de insumos básicos, acabando por desviar as receitas, antes carimbadas para a infraestrutura rodoviária, para estas ações tidas por mais urgentes para o período. Neste sentido, os recursos fiscais passaram a ser gradualmente transferidos para o Fundo Nacional de Desenvolvimento (Lei n. 6.093, de 29 de agosto de 1974[29]) para cumprir o novo propósito federal. Sem verba suficiente para conservar a manutenção, os empreendimentos rodoviários e ações no setor começaram a minguar, ao passo que se dependia cada vez mais do orçamento público (Firmino; Wright, 2001).

É de se mencionar que alguns recursos foram mantidos e acabaram por dar uma outra face à gestão pública das rodovias federais, que passava a contar, cada vez mais, com seus usuários diretos para o financiamento do projeto de infraestrutura. Neste contexto, a receita de pedágio, regulamentada a partir de 1969, começava a se mostrar mais relevante.

Geralmente cobrado das rodovias de pista dupla, constituía-se em uma contrapartida pelos serviços de conservação e segurança do trânsito oferecidos pelo Governo aos usuários, configurando geralmente uma operação economicamente deficitária (Firmino; Wright, 2001). A ponte Rio-Niterói, por exemplo, passou a cobrar pedágio desde a sua inauguração, sendo certo que nesta época a Rodovia Dutra também detinha a cobrança. Outra iniciativa voltada à captação de recursos para minorar essa carência de investimentos públicos foi o selo pedágio, instituído pela Lei n. 7.712, de 22 de

---

[28] BRASIL. **Decreto n. 76.593, de 14 de novembro de 1975**. Institui o Programa Nacional do Álcool e dá outras Providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1975a. Disponível em: https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1970-1979/decreto-76593-14-novembro-1975-425253-publicacaooriginal-1-pe.html. Acesso em: 15 jun. 2022.

[29] BRASIL. **Lei n. 6.093, de 29 agosto de 1974**. Cria o Fundo Nacional de Desenvolvimento (FND) e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1974. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1970-1979/L6093.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%206.093%2C%20DE%2029%20AGOSTO%20DE%201974&text=Cria%20o%20Fundo%20Nacional%20de,Art. Acesso em: 15 jun. 2022.

dezembro de 1988[30], que duraria até setembro de 1990. Firmino e Wright (2001, p. 27) denominam essa a segunda fase dos Pedágios Brasileiros, em que as praças foram desativadas e o selo valia em todas as estradas federais.

Este período de crise foi essencial para construir as condições para o processo de desestatização, que viria a avassalar todos os serviços públicos prestados pelo Estado no final dos anos 1980 e início dos anos 1990, para mudar por completo o paradigma de gestão estatal destes segmentos. O setor rodoviário arrastou-se pelos anos 1980, vendo secar os investimentos na estrutura estatal de ação, de pesquisa e de planejamento de transportes. Ao final desta década, já se havia um diagnóstico de que a infraestrutura rodoviária precisava ser concedida, para não onerar ainda mais o custo logístico nacional.

Figurando entre os ativos selecionados pelo Conselho Nacional de Desestatização, no âmbito do Programa Nacional de Desestatização (Lei n. 8.031, de 12 de abril de 1990[31], posteriormente substituída pela Lei n. 9.491, de 9 de setembro de 1997[32]), faltava ao setor um marco legal competente que permitisse o gerenciamento estatal das outorgas, num cenário em que tanto Ministério dos Transportes, DNER e GEIPOT padeciam de sérios cortes orçamentários. Os empregados do GEIPOT chegaram a ser demitidos durante o Governo do Presidente Fernando Collor de Mello.

Contudo, verifica-se o interesse do Poder Executivo em celebrar parcerias com a iniciativa privada para a execução de obra pública, para construção, conservação e exploração de rodovias e obras rodoviárias federais, mediante a remuneração por pedágio, desde o Decreto n. 94.002, de 4 de fevereiro de 1987[33]. Ressalte-se que

---

30 BRASIL. **Lei n. 7.712, de 22 de dezembro de 1988**. Dispõe sobre a cobrança de pedágio nas Rodovias Federais e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7712.htm. Acesso: 15 jun. 2022.

31 BRASIL. **Lei n. 8.031, de 12 de abril de 1990**. Cria o Programa Nacional de Desestatização, e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1990a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8031.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%208.031%2C%20DE%2012%20DE%20ABRIL%20DE%201990.&text=Cria%20o%20Programa%20Nacional%20de,Art. Acesso: 15 jun. 2022.

32 BRASIL. **Lei n. 9.491, de 9 de setembro de 1997**. Altera procedimentos relativos ao Programa Nacional de Desestatização, revoga a Lei n° 8.031, de 12 de abril de 1990, e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9491.htm#art35. Acesso: 15 jun. 2022.

33 BRASIL. **Decreto n. 94.002, de 4 de fevereiro de 1987**. Dispõe sobre a concessão de obra pública, para construção, conservação e exploração de rodovias e obras rodoviárias federais, e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1987. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D94002.htm. Acesso: 15 jun. 2022.

a concessão de obra pública se diferencia significativamente daquela que visa o serviço público, quando o nível de serviço oferecido é o principal objeto da entrega pública.

Não obstante, a Lei n. 8.075, de 16 de agosto de 1990[34], quando extinguiu o selo pedágio, já sinalizou que o Poder Executivo viria a propor um *projeto de lei dispondo sobre mecanismo de financiamento para a construção e manutenção de rodovias*. Mas esse aparato legislativo só viria, efetivamente, com a Lei n. 8.987, de 13 de fevereiro de 1995. Esse é o cenário em que as concessões de serviço rodoviário viriam a se estabelecer.

A Política Pública de Concessões Rodoviárias Federais

A falta de recursos públicos para investimento em infraestrutura era um fato notório no final dos anos 1980 e início dos anos 1990, em vista da grande recessão que o país vivia à época. Desde fins da década de 1970, o Brasil vinha amargando severos índices de crescimento negativo, que culminaram com uma situação de insustentabilidade da prestação direta de serviços públicos, em geral. Visualiza-se este como o principal fator que teria concorrido para a inclusão das concessões de rodovias federais na agenda.

Em decorrência disso, inicia-se, no Governo Federal, no final dos anos 1980, um movimento de desestatização de ativos federais (tanto para fazer caixa, em face da dívida externa, quanto pela necessidade de direcionamento de recursos para outras áreas, como saúde e educação), principiando pela indústria pesada e de mineração e chegando, ao final dos anos 1990, a grande parte dos serviços públicos, em especial, de telefonia, energia, transportes e gás. Nesse cenário de nova onda desenvolvimentista pós-Ditadura Militar, o setor de rodovias federais era um dos que mais necessitava dessa parceria com a iniciativa privada, para que se reduzissem os ônus sobre o Poder Público.

Afinal, o último fator que se coloca como relevante para empurrar o tema em referência para a agenda da política pública reside na relevância da malha rodoviária nacional para o escoa-

[34] BRASIL. **Lei n. 8.075, de 16 de agosto de 1990**. Dispõe sobre a extinção do Selo Pedágio e a instituição de mecanismos de financiamento para o setor rodoviário. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1990b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8075.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%208.075%2C%20DE%2016,financiamento%20para%20o%20setor%20rodovi%C3%A1rio. Acesso: 15 jun. 2022.

mento de alimentos e bens de consumo em geral e uma incapacidade financeira do Governo Federal de promover sequer a sua premente manutenção. No limite, a condição insuficiente poderia levar o país a um desabastecimento a médio prazo, o que seria bastante indesejado.

Neste contexto, o Programa de Concessões Rodoviária Federal (PROCROFE) teve sua gênese efetiva em 1993, apesar das iniciativas prévias de seu lançamento (Garcia, 2004). A tomada de decisão para inclusão do tema das concessões do serviço de infraestrutura rodoviária federal na montagem da agenda das políticas públicas, nos anos 1990, levou em conta a complexa combinação de fatores circunstanciais e estruturais do período. Dentre eles, identifica-se no momento histórico: a falta de recursos públicos, o movimento desestatizante e a necessidade de conservação e manutenção da malha rodoviária federal. Em verdade, todos esses elementos constituíram forças entrelaçadas que vieram a impulsionar a referida política pública.

As Etapas de Concessões Rodoviárias Federais

O PROCROFE é inaugurado oficialmente pela Portaria GM n. 10, de 20 de janeiro de 1993, do Ministério dos Transportes (DOU de 21/01/1993, Seção II, p. 385), com determinação clara para a elaboração, em 30 dias, dos Editais de Licitação de restauração, manutenção, operação e exploração mediante pedágio nos trechos da Ponte Rio-Niterói e da Rodovia Presidente Dutra, que seria conduzida por Grupo de Trabalho formado por membros do DNER, Ministério dos Transportes e GEIPOT, sob comando do primeiro ente.

Entretanto, verifica-se que outros estudos já estavam em curso, como se demonstrou na Portaria GM n. 824, de 3 de outubro de 1993, posteriormente substituída pela Portaria n. 246, de 11 de maio de 1994, ambas do Ministério dos Transportes, que atualizavam os integrantes do Grupo de Trabalho e ainda indicavam para a licitação os seguintes trechos rodoviários: BR-101/RJ, Ponte Presidente Costa e Silva (Rio-Niterói); BR-116/RJ/SP, Presidente Dutra (Rio-São Paulo); BR-290/RS, (Osório-Porto Alegre) - Entroncamento BR-116 - Acesso a Guaíba; BR-040/RJ/MG, (Rio-Petrópolis-Juiz de Fora); e BR-116/RJ, Entroncamento BR-040 Teresópolis - Além Paraíba. Essas rodovias, que compuseram a primeira etapa de concessões, eram todas pedagiadas à época, o que reduziu a rejeição da sociedade ao programa de concessões.

As portarias mostravam, que apesar do interesse em promover as concessões rodoviárias desde o início dos anos 1990, o setor detinha as propostas de projeto para desenvolvimento, mas carecia de um marco legal mais robusto, que permitisse cercar as outorgas de garantias jurídicas tanto para o Poder Público como para a iniciativa privada, o que só viria com o advento das Lei n. 8.666, de 21 de junho de 1993 e a Lei n. 8.987/1995 (Garcia, 2004, p. 55).

Cumpre esclarecer, ainda, que o PROCROFE, enquanto política de Governo que entrou na agenda pública para viabilizar os investimentos nas rodovias federais, tinha uma conotação bastante pragmática, voltada a resolver o problema da infraestrutura. Conquanto cercado de muito planejamento sobre o projeto rodoviário, a política em si pareceu não ter sido tão bem estruturada, com vistas ao seu acompanhamento periódico para melhorias. Esse ponto inclusive foi tema de análise pelo Tribunal de Contas da União, no âmbito do Processo de Tomada de Contas n. 012.624/2017-9[35].

Com isso, o DNER conduziu a primeira etapa de concessões rodoviárias, que muito se aproximava das licitações de obras da época, sendo restrita a consórcios nacionais integrados por grupos de engenharia, com um Programa de Exploração da Rodovia bastante específico em custos unitários, quantitativos e soluções técnicas e um rito que passava por audiências públicas, pré-qualificação dos interessados, apresentação de metodologia de execução e proposta de tarifa (Gonze, 2014, p. 35). A primeira rodovia concedida foi a Ponte Rio-Niterói, sendo que seu contrato de concessão foi assinado em dezembro de 1994. Apesar do objeto da outorga deste contrato figurar, inicialmente, como obra pública, resta evidente que o resultado da concessão seria vislumbrado nos serviços franqueados aos usuários da via, como pavimento de qualidade, estruturas de segurança, gestão e ordenação do tráfego, socorro médico e mecânico, entre outros.

Portanto, a primeira etapa de concessões de rodovias federais, que se materializou entre 1995 e 1997, detinha o carimbo dessa burocracia estatal tão bem assentada até os anos 1970. Seguiu-se a tradição firmada pela execução e planejamento do DNER e do GEIPOT, assentada na tradição da estruturação de obra pública. A tarifa materializada pelo pedágio veio como um instrumento dinâmico para recompor todas as mudanças de projeto, pela agregação de elementos urgentes e úteis.

[35] BRASIL. Tribunal de Contas da União. *Homepage*. **TCU**, Brasília, DF, s.d. Disponível em: www.tcu.gov.br. Acesso: 15 jun. 2022.

Mesmo com essas nuanças, esse novo modelo de governança revela uma mudança de atuação da Administração Pública federal em relação às concessões rodoviárias, para essas rodovias concedidas a rodovia passa integralmente a ser financiada por seus usuários, cabendo ao Poder Pública a modelagem e gestão do contrato de concessão, que ditará o nível de serviço que virá a ser oferecido.

De outra forma, a gestão estatal viria a ter outro viés na década seguinte. Ao final dos anos 1990, o Governo Federal passaria a instalar as Agências Reguladoras (Silva, 2014). O setor de transportes então recebeu Agências especializadas em transportes terrestres e aquaviários, inicialmente (conforme Lei n. 10.233, de 5 de junho de 2001[36]), e depois de aviação civil (conforme Lei n. 11.182, de 27 de setembro de 2005[37]). A Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) viria a ter seu regulamento aprovado em 13 de fevereiro de 2002 (Decreto n. 4.130, de 13 de fevereiro de 2002[38]) e começaria a dar outro viés à regulação das rodovias federais concedidas. De outro lado, ao Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), criado pela mesma lei e instalado na mesma data (Decreto n. 4.129, de 13 de fevereiro de 2002[39]), restou a incumbência de tutela da infraestrutura rodoviária federal pública não concedida, herdando a maioria das competências deixadas pelo DNER. O IPR, por sua vez, foi mantido na estrutura do DNIT, alocado na Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Assim, a malha rodoviária federal passou a ter uma gestão mista, com parte gerindo as obras rodoviárias públicas e outra conduzindo os contratos de parceria com a iniciativa privada.

---

[36] BRASIL. **Lei n. 10.233, de 5 de junho de 2001**. Dispõe sobre a reestruturação dos transportes aquaviário e terrestre, cria o Conselho Nacional de Integração de Políticas de Transporte, a Agência Nacional de Transportes Terrestres, a Agência Nacional de Transportes Aquaviários e o Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes, e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2001. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10233.htm. Acesso: 15 jun. 2022.

[37] BRASIL. **Lei n. 11.182, de 27 de setembro de 2005**. Cria a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2005a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/l11182.htm. Acesso: 15 jun. 2022.

[38] BRASIL. **Decreto n. 4.130, de 13 de fevereiro de 2002**. Aprova o Regulamento e o Quadro Demonstrativo dos Cargos Comissionados e dos Cargos Comissionados Técnicos da Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT, e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2002b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4130.htm. Acesso: 15 jun. 2022.

[39] BRASIL. **Decreto n. 4.129, de 13 de fevereiro de 2002**. Aprova a Estrutura Regimental e o Quadro Demonstrativo dos Cargos em Comissão e das Funções Gratificadas do Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes - DNIT, e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2002a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4129.htm. Acesso: 15 jun. 2022.

Percebe-se que a estratégia de concentrar o conhecimento e excelência sobre a infraestrutura rodoviária em uma autarquia e uma empresa pública, com corpo técnico próprio, recursos financeiros direcionados e gestão com significativa independência veio a blindar a massa crítica e o desenvolvimento do modal de uma intervenção política mais direta e incisiva, o que foi significativamente benéfico para a continuidade das atividades públicas setoriais. A replicação do modelo em uma Agência Reguladora (ANTT) e uma Agência Executiva (DNIT), que contavam igualmente com estrutura administrativa e técnica próprias, Diretoria com mandato e autonomia financeira viria a assegurar a continuidade da implementação das políticas iniciadas nos anos 1990, como foi o caso do PROCROFE.

O papel da Administração Direta também viria a se renovar nesta nova conjuntura. Inicialmente, foi criado o órgão gestor de parcerias público-privadas federais (Lei n. 11.079, de 30 de dezembro de 2004[40] e Decreto n. 5.385, de 4 de março de 2005[41]), integrado pelo Ministros do Planejamento, Orçamento e Gestão, da Fazenda e da Casa Civil da Presidência da República. Há que se mencionar o Programa de Aceleração do Crescimento (Decreto n. 6.035, de 22 de janeiro de 2007[42]), que englobou um conjunto de medidas para captação de investimentos e alocação nas áreas prioritárias de infraestruturas, várias especificamente destinadas a rodovias.

Mas, efetivamente, foram as alterações de 2016 que vieram dar mais substância à atuação ministerial e da Casa Civil, com a unificação das atividades de transportes no Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil (Medida Provisória n. 726 de 2016, convertida na Lei n. 13.341, de 29 de setembro de 2016[43]) e com a criação do

---

[40] BRASIL. **Lei n. 11.079, de 30 de dezembro de 2004**. Institui normas gerais para licitação e contratação de parceria público-privada no âmbito da administração pública. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2004. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l11079.htm. Acesso: 15 jun. 2022.

[41] BRASIL. **Decreto n. 5.385 de 4 de março de 2005**. Institui o Comitê Gestor de Parceria Público-Privada Federal - CGP e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2005a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/decreto/d5385.htm. Acesso: 15 jun. 2022.

[42] BRASIL. **Decreto n. 6.035, de 1º de fevereiro de 2007**. Altera o Decreto no 40.556, de 17 de dezembro de 1956, que regula o uso das condecorações nos uniformes militares e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2007. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/decreto/D6035.htm. Acesso: 15 jun. 2022.

[43] BRASIL. **Lei n. 13.341, de 29 de setembro de 2016**. Altera as Leis n. 10.683, de 28 de maio de 2003, que dispõe sobre a organização da Presidência da República e dos Ministérios, e 11.890, de 24 de dezembro de 2008, e revoga a Medida Provisória n. 717, de 16 de março de

Programa de Parcerias de Investimentos (Medida Provisória n. 727 de 2016, convertida na Lei n. 13.334, de 13 de setembro de 2016[44]), *destinado à ampliação e fortalecimento da interação entre o Estado e a iniciativa privada por meio da celebração de contratos de parceria para a execução de empreendimentos públicos de infraestrutura.* Então se assentou um núcleo direcionado para a concepção de políticas públicas de infraestruturas de transportes, em que as estradas de rodagens constituíam um dos ativos principais.

Do lado do planejamento dos transportes, cuja atividade foi bastante reduzida com o sucateamento e posterior extinção do GEIPOT (Lei n. 11.772, de 17 de setembro de 2008), deve-se notar o advento da Empresa de Planejamento e Logística - EPL (Medida Provisória n. 576, de 2012, convertida na Lei n. 12.743, de 19 de dezembro de 2012), estabelecida para retomar as atividades de planejamento em transportes, *por meio de estudos, pesquisas, construção da infraestrutura, operação e exploração do serviço, administração e gestão de patrimônio, desenvolvimento tecnológico e atividades destinadas à absorção e transferência de tecnologias*. Ao tempo de elaboração deste trabalho, o Decreto n. 11.081, de 24 de maio de 2022, veio para autorizar a incorporação da EPL pela Valec — Engenharia, Construções e Ferrovias.

Neste cenário, a ANTT viria a desenvolver a segunda (2007-2009), a terceira (2013-12015) e a quarta (2018-2021) etapas de concessões de rodovias federais. Os projetos, primeiramente centrados no eixo Sudeste e Sul, se espalharam pelo país e atualmente permeiam todas as regiões do país. No âmbito técnico, as licitações passaram a mirar grupos de maior porte e até internacionais, não obrigatoriamente ligados a empresas de engenharia, para a prestação de serviços, com mais liberdade para desenvolvimento dos projetos e maior controle sobre as entregas das obras, os parâmetros de desempenho indicados e os serviços operacionais. Com efeito, o PROCROFE é ainda uma política em expansão, que deve vir a agregar ainda mais rodovias federais, chegando a superar no médio prazo a quantidade de quilômetros concedidos em relação aos mantidos sob a tutela da administração pública do DNIT.

2016c. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2016a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2016/Lei/L13341.htm. Acesso: 15 jun. 2022.

[44] BRASIL. **Lei n. 13.334, de 13 de setembro de 2016**. Cria o Programa de Parcerias de Investimentos - PPI; altera a Lei n. 10.683, de 28 de maio de 2003, e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2016b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/l13334.htm. Acesso: 15 jun. 2022.

MODERNA REGULAÇÃO E GESTÃO RODOVIÁRIA

Pode-se identificar três modelos da intervenção estatal (Grau, 2010), bem evidentes no caso da infraestrutura rodoviária. A intervenção por absorção manteve-se absoluta até os anos 1970, em que o Governo Federal participava exclusivamente da constituição e exploração do modal, sem qualquer suporte privado ou do usuário.

O segundo momento seria a absorção patrocinada, em que o Poder Público reduz sua participação financeira, para admitir formalmente a contribuição de usuários para subsidiar as obras pública, pela via do pedágio e selo-pedágio, em troca de serviços de conservação, manutenção e segurança, até o final dos anos 1990. Note-se que se o pedágio representava uma forma direta da participação do usuário que passava pela rodovia federal e nela pagava a tarifa, por outro lado o selo pedágio representaria uma forma de contribuição mais difusa, por não se identificar imediatamente a uma infraestrutura, mas sim a todo o sistema rodoviário.

Enquanto seja possível entender estas fases como um modelo de intervenção único, vale a presente diferenciação para que se considere o movimento em torno da desconstrução do modelo de tutela direta das rodovias pelo Poder Público. Aliás, verifica-se ser muito mais justo que o serviço rodoviário seja remunerado por usuários, que têm a infraestrutura como insumo de produção ou lazer, do que pelo produto da arrecadação de tributos de toda sociedade, que não detém relação direta com o serviço público.

Finalmente, o terceiro modelo é a intervenção por direção, que decorre da implantação de uma política pública de outorgas da infraestrutura, pelo qual se estabelece um sistema de gestão contratual dos mecanismos estruturantes e normas comportamentais que determinam as condições da prestação dos serviços, conduzido pela Agência Reguladora, no qual se destaca exatamente o poder exercido por estas entidades (Cuéllar, 2001). Nesta conjectura, ditada a política pública, cabe à Agência incentivar e gerir as ações da concessionária, para que esta preste o serviço nos estritos termos do contrato de concessão, gerando os devidos ganhos aos usuários que sustentam o projeto.

Este terceiro modelo (que evidentemente convive com o primeiro, uma vez que o DNIT ainda gere diretamente as rodovias

federais não concedidas), além de depender do desenho contratual dado pela política pública, que variou conforme a etapa de concessão, ainda precisou ser complementado por regulamentação da Agência, tanto para suprir lacunas contratuais, como para produzir regras gerais padronizadoras de procedimentos. Essencial apontar que, por tradição, os contratos de concessão são instrumentos muito abrangentes, englobando diversas regras gerais, que poderiam ser aplicáveis a todas as concessões em curso ao tempo em que o termo foi firmado, e cláusulas específicas relacionadas ao projeto rodoviário específico.

Como na gênese das concessões rodoviárias, as leis pertinentes ainda eram pouco experimentadas (Lei n. 8666/1993 e Lei n. 8.987/1995 — regras de execução de projetos e obras contratadas e de gestão de concessões de infraestrutura) ou inexistentes (Lei n. 9.784/1999 — a lei de processo administrativo só viria alguns anos após a primeira etapa), as normas gerais precisaram ser embarcadas no contrato para assegurar o seu direcionamento pela Agência, durante todo o período contratado. Com o tempo, diante de etapas de concessão que traziam contratos cada vez mais complexos, essa técnica veio a gerar idiossincrasias, indicando o uso de tecnologias superadas, opondo barreiras a serviços acessórios, que poderiam ser fornecidos pela concessionária e demonstrando as dificuldades que a rigidez contratual poderia impor.

Nesta esteira, ao longo dos 20 anos de regulação da ANTT sobre a matéria das rodovias concedidas federais, elaborou-se, principalmente, três tipos de normas, essenciais para o apoio e integração da gestão contratual, relacionadas a: projetos de engenharia e obras rodoviárias[45], reajustes e revisões tarifárias[46] e de penalidades[47]. Em face da identificação dos problemas acima mencionados, a ANTT passou a trabalhar em uma reforma regulatória[48], visando a constituição de uma gestão normativa e contratual, a redução de custos regulatórios e de transação, aprimoramento na transparência dos procedimentos da Agência e a redução de gargalos para a administração da malha

[45] Atualmente a Resolução ANTT n. 1,187, de 9 de novembro de 2005.

[46] Atualmente as Resoluções ANTT n. 675, de 4 de agosto de 2004, n. 3.651, de 7 de abril de 2011 e n. 5.859, de 3 de dezembro de 2019.

[47] Atualmente a Resolução n. 4.071, de e de abril de 2013.

[48] Vide Agenda Regulatória da ANTT, aprovada pela Deliberação n. 529, de 22 de dezembro de 2020 e posteriormente atualizada pela Deliberação n. 393, de 19 de novembro de 2022.

futura. Também figuram entre os objetivos da reforma a adoção de regulação responsiva (Ayres; Braithwaite, 1992), pela qual se permita atuar com maior constância sobre agentes regulados que atende em menor grau o contrato de concessão e os regulamentos da Agência, bem como incentivar a boa conduta dos bons prestadores de serviços.

CONCLUSÃO

O presente capítulo teve por objeto demonstrar a evolução do aparelhamento da burocracia estatal em torno da indústria rodoviária, denotando política pública de priorização do modal, em face da complexidade logística do Brasil. Alocando-se a estrutura de execução, pesquisa e planejamento na Administração Indireta, em Autarquias e Empresas Públicas, manteve-se uma elite do serviço público sempre pronta a implementar as políticas de ampliação da infraestrutura e aprimoramento dos serviços.

De outra forma, a intervenção federal nas infraestruturas rodoviárias pode ser segmentada em três modelos, que consideram a contribuição dos usuários e a atuação pública como fatores essenciais: por absorção pura; por absorção patrocinada; e por direção. Neste sentido, a crise fiscal no final dos anos 1970 foi fundamental para a diversificação deste modelo de gestão pública, sendo certo que atualmente os principais eixos rodoviários estão entre as rodovias concedidas, sob a direção da Agência Reguladora Setorial.

Afinal, importante constatar que após 20 anos de regulação rodoviária federal, com quatro etapas de concessões já realizadas, permitiu-se averiguar que com a crescente complexidade dos contratos, geraram-se peculiaridades como barreiras à entrada de novos serviços, resistência às novas tecnologias, dificuldades de implantação de novas técnicas de execução dos serviços. Isso trouxe a necessidade da revisão do marco regulatório setorial, na busca de se estabelecer uma regulação responsiva, que dê aos regulados o tratamento conforme os índices de cumprimento contratual.

REFERÊNCIAS

AYRES, I.; BRAITHWAITE, J. **Responsive regulation**: transcending the deregulation debate. Oxford, UK: Oxford University Press, 1992.

BRASIL. **Decreto n. 12.747, de 30 de Junho de 1943**. Cria comissão do Plano Rodoviário Nacional. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1943. Disponível em: https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1940-1949/decreto-12747-30-junho-1943-463506-publicacaooriginal-1-pe.html. Acesso em: 15 jun. 2022.

BRASIL. **Decreto n. 15.093, de 20 de março de 1944**. Aprova o "Plano Rodoviário Nacional" e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1944. Disponível em: https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1940-1949/decreto-15093-20-marco-1944-460172-publicacaooriginal--1-pe.html. Acesso em: 15 jun. 2022.

BRASIL. **Decreto n. 24.297, de 28 de maio de 1934**. Concede anistia aos participantes do movimento revolucionário de 1932 e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1934. Disponível em: https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1930-1939/decreto-24297-28-maio--1934-507572-publicacaooriginal-1-pe.html. Acesso em: 15 jun. 2022.

BRASIL. **Decreto n. 4.129, de 13 de fevereiro de 2002**. Aprova a Estrutura Regimental e o Quadro Demonstrativo dos Cargos em Comissão e das Funções Gratificadas do Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes - DNIT, e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2002a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4129.htm. Acesso: 15 jun. 2022.

BRASIL. **Decreto n. 4.130, de 13 de fevereiro de 2002**. Aprova o Regulamento e o Quadro Demonstrativo dos Cargos Comissionados e dos Cargos Comissionados Técnicos da Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT, e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2002b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4130.htm. Acesso: 15 jun. 2022.

BRASIL. **Decreto n. 5.141, de 5 de janeiro de 1927**. Crêa o "Fundo Especial para Construcção e Conservação de Esfradas de Rodagem Federaes, constituido por um addicional aos impostos de importação para consumo a que estão sujeitos: gazolina, automoveis, auto-omnibus, auto-caminhões, chassis para automoveis, pneumaticos, camaras de ar, rodas massiças, motocycletas, bicycletas, side-car e accessorios para automoveis, e dá outras providencias. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1927. Disponível em:

https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1920-1929/decreto-5141-5-janeiro-1927-562830-publicacaooriginal-86934-pl.html#:~:text=1%C2%BA%20Fica%20creado%20o%20%C2%ABFundo,camaras%20de%20ar%2C%20rodas%20massi%C3%A7as%2C. Acesso em: 15 jun. 2022.

BRASIL. **Decreto n. 5.385 de 4 de março de 2005**. Institui o Comitê Gestor de Parceria Público-Privada Federal (C3GP) e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2005a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/decreto/d5385.htm. Acesso: 15 jun. 2022.

BRASIL. **Decreto n. 5.525, de 5 de setembro de 1928**. Autoriza a contrahir um emprestimo interno, por meio de apolices denominadas Obrigações Rodoviarias, para a construcção e conservação de estradas de rodagem e dá outras providencias. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1928. Disponível em: https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1920-1929/decreto-5525-5-setembro-1928-562410-publicacaooriginal-86424-pl.html. Acesso em: 15 jun. 2022.

BRASIL. **Decreto n. 6.035, de 1º de fevereiro de 2007**. Altera o Decreto no 40.556, de 17 de dezembro de 1956, que regula o uso das condecorações nos uniformes militares e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2007. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/decreto/D6035.htm. Acesso: 15 jun. 2022.

BRASIL. **Decreto n. 73.100, de 6 de novembro de 1973**. Constitui a Empresa Brasileira de Planejamento de Transporte - GEIPOT e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1973a. Disponível em: https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1970-1979/decreto-73100-6-novembro-1973-421559-publicacaooriginal-1-pe.html. Acesso em: 15 jun. 2022.

BRASIL. **Decreto n. 76.593, de 14 de novembro de 1975**. Institui o Programa Nacional do Álcool e dá outras Providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1975a. Disponível em: https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1970-1979/decreto-76593-14-novembro-1975-425253-publicacaooriginal-1-pe.html. Acesso em: 15 jun. 2022.

BRASIL. **Decreto n. 9.076, de 3 de novembro de 1911**. Approva o regulamento para a Inspectoria Federal das Estradas. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1911. Disponível em: https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1910-1919/decreto-9076-3-novembro-1911-528037-norma-pe.html. Acesso em: 15 jun. 2022.

BRASIL. **Decreto n. 94.002, de 4 de fevereiro de 1987**. Dispõe sobre a concessão de obra pública, para construção, conservação e exploração de rodovias e obras rodoviárias federais, e dá outras providências. Brasília,

DF: Diário Oficial da União, 1987. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D94002.htm. Acesso: 15 jun. 2022.

BRASIL. **Decreto n. 1.031, de 7 de agosto de 1852**. Concede a Mariano Procopio Ferreira Lage privilegio exclusivo pelo tempo de cincoenta annos, a fim de incorporar huma companhia para construir, melhorar e conservar duas linhas de estradas na Provincia de Minas Geraes. Rio de Janeiro: Chancellaria-mór do Imperio do Brazil, 1852. Disponível em: https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1824-1899/decreto-1031-7-agosto-1852-559374-publicacaooriginal-81570-pe.html. Acesso em: 29 maio 2022.

BRASIL. **Decreto-lei n. 1.106, de 16 de junho de 1970**. Cria o Programa de Integração Nacional, altera a legislação do impôsto de renda das pessoas jurídicas na parte referente a incentivos fiscais e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1970. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1965-1988/del1106.htm#:~:text=DECRETO%2DLEI%20N%C2%BA%201.106%2C%20DE%2016%20DE%20JUNHO%20DE%201970.&text=Cria%20o%20Programa%20de%20Integra%C3%A7%C3%A3o,fiscais%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAncias. Acesso em: 15 jun. 2022.

BRASIL. **Decreto-lei n. 1.438, de 26 de dezembro de 1975**. Altera o Decreto-lei n. 284, de 28 de fevereiro de 1967, estende a incidência do imposto sobre os serviços de transporte rodoviário de passageiros ao transporte rodoviário de cargas e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1975b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1965-1988/Del1438.htm#:~:text=DECRETO%2DLEI%20N%C2%BA%201.438%2C%20DE%2026%20DE%20DEZEMBRO%20DE%201975.&text=Altera%20o%20Decreto%2Dlei%20n%C2%BA,cargas%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAncias. Acesso em: 15 jun. 2022.

BRASIL. **Decreto-lei n. 200, de 25 de fevereiro de 1967**. Dispõe sôbre a organização da Administração Federal, estabelece diretrizes para a Reforma Administrativa e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1967a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del0200.htm. Acesso em: 15 jun. 2022.

BRASIL. **Decreto-lei n. 284, de 28 de fevereiro de 1967**. Institui o impôsto sôbre transporte rodoviário de passageiros e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1967b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1965-1988/Del0284.htm#:~:text=DECRETO%2DLEI%20N%C2%BA%20284%2C%20DE%2028%20DE%20FEVEREIRO%20DE%201967.&text=Institui%20o%20imp%C3%B4sto%20s%C3%B4bre%20trans-

porte%20rodovi%C3%A1rio%20de%20passageiros%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAncias. Acesso em: 15 jun. 2022.

BRASIL. **Decreto-lei n. 397, de 30 de dezembro de 1968**. Cria a Taxa Rodoviária Federal, destinada à conservação de estradas de rodagem. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1968a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1965-1988/Del0397.htm#:~:text=DECRETO%2DLEI%20N%C2%BA%20397%2C%20DE%2030%20DE%20DEZEMBRO%20DE%201968.&text=Cria%20a%20Taxa%20Rodovi%C3%A1ria%20Federal,que%20lhe%20confere%20o%20art. Acesso em: 15 jun. 2022.

BRASIL. **Decreto-lei n. 512, de 21 de março de 1969**. Regula a Política Nacional de Viação Rodoviária, fixa diretrizes para a reorganização do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1969a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del0512.htm. Acesso em: 15 jun. 2022.

BRASIL. **Decreto-lei n. 791, de 27 de agosto de 1969**. Dispõe sôbre o pedágio em rodovias federais e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1969b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1965-1988/del0791.htm#:~:text=DECRETO%2DLEI%20N%C2%BA%20791%2C%20DE,federais%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAncias. Acesso em: 15 jun. 2022.

BRASIL. **Decreto-Lei n. 8.463, de 27 de dezembro de 1945**. Reorganiza o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, cria o Fundo Rodoviário Nacional e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1945. Disponível em: https://www2.camara.leg.br/legin/fed/declei/1940-1949/decreto-lei-8463-27-dezembro-1945-416445-publicacaooriginal-1-pe.html. Acesso em: 15 jun. 2022.

BRASIL. **Decreto-lei n. 999, de 21 de outubro de 1969**. Institui Taxa Rodoviária Única, incidente sôbre o registro e licenciamento de veículos e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1969c. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1965-1988/del0999.htm#:~:text=DECRETO%2DLEI%20N%C2%BA%20999%2C%20DE%2021%20DE%20OUTUBRO%20DE%201969.&text=Institui%20Taxa%20Rodovi%C3%A1ria%20%C3%9Anica%2C%20incidente,ve%C3%ADculos%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAncias. Acesso em: 15 jun. 2022.

BRASIL. **Lei de 29 de agosto de 1828, de 29 de agosto de 1828**. Estabelece regras para a construcção das obras publicas, que tiverem por objecto a navegação de rios, abertura de canaes, edificação de estradas, pontes, calcadas ou aqueductos. Rio de Janeiro: Chancellaria-mór do Imperio do

Brazil, 1828. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lim/LIM-29-8-1828.htm#:~:text=lim%2d29%2d8%2d1828&text=lei%20de%2029%20de%20agosto,%2c%20pontes%2C%20calcadas%20ou%20aqueductos. Acesso em: 29 maio 2022.

BRASIL. **Lei n. 10.233, de 5 de junho de 2001**. Dispõe sobre a reestruturação dos transportes aquaviário e terrestre, cria o Conselho Nacional de Integração de Políticas de Transporte, a Agência Nacional de Transportes Terrestres, a Agência Nacional de Transportes Aquaviários e o Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes, e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2001. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10233.htm. Acesso: 15 jun. 2022.

BRASIL. **Lei n. 11.079, de 30 de dezembro de 2004**. Institui normas gerais para licitação e contratação de parceria público-privada no âmbito da administração pública. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2004. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l11079.htm. Acesso: 15 jun. 2022.

BRASIL. **Lei n. 11.182, de 27 de setembro de 2005**. Cria a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2005a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/l11182.htm. Acesso: 15 jun. 2022.

BRASIL. **Lei n. 13.334, de 13 de setembro de 2016**. Cria o Programa de Parcerias de Investimentos - PPI; altera a Lei n. 10.683, de 28 de maio de 2003, e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2016b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/l13334.htm. Acesso: 15 jun. 2022.

BRASIL. **Lei n. 13.341, de 29 de setembro de 2016**. Altera as Leis n. 10.683, de 28 de maio de 2003, que dispõe sobre a organização da Presidência da República e dos Ministérios, e 11.890, de 24 de dezembro de 2008, e revoga a Medida Provisória n. 717, de 16 de março de 2016c. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2016a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2016/Lei/L13341.htm. Acesso: 15 jun. 2022.

BRASIL. **Lei n. 4.452, de 5 de novembro de 1964**. Altera a Legislação relativa ao Impôsto Único sôbre lubrificantes e combustíveis líquidos e gasosos, e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1964a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4452.htm#:~:text=LEI%20No%204.452%2C%20DE%205%20DE%20NOVEMBRO%20DE%201964.&text=Altera%20a%20Legisla%C3%A7%C3%A3o%20relativa%20ao,gasosos%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAncias. Acesso em: 15 jun. 2022.

BRASIL. **Lei n. 4.592, de 29 de dezembro de 1964**. Aprova o Plano Nacional de Viação. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1964b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1950-1969/l4592.htm. Acesso em: 15 jun. 2022.

BRASIL. **Lei n. 467, de 31 de julho de 1937**. Transforma em Departamento Autônomo a atual Comissão de Estradas de Rodagem Federais, fixa os vencimentos do respectivo pessoal e dá outras providencias. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1937. Disponível em: https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1930-1939/lei-467-31-julho-1937-555595-norma-pl.html. Acesso em: 15 jun. 2022.

BRASIL. **Lei n. 5.391, de 23 de fevereiro de 1968**. Atribui recursos para melhoria das condições de segurança do sistema rodoviário. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1968b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1950-1969/l5391.htm#:~:text=LEI%20No%205.391%2C%20DE,de%20seguran%C3%A7a%20do%20sistema%20rodovi%C3%A1rio. Acesso em: 15 jun. 2022.

BRASIL. **Lei n. 5.908, de 20 de agosto de 1973**. Autoriza o Poder Executivo a transformar o Grupo de Estudos para Integração da Política de Transportes em empresa pública, sob a denominação de Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes (GEIPOT), e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1973b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1970-1979/l5908.htm#:~:text=LEI%20No%205.908%2C%20DE,)%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAncias. Acesso em: 15 jun. 2022.

BRASIL. **Lei n. 5.917, de 10 de setembro de 1973**. Aprova o Plano Nacional de Viação e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1973c. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l5917.htm#:~:text=lei%20no%205.917%2c%20de%2010%20de%20setembro%20de%201973.&text=Aprova%20o%20Plano%20Nacional%20de%20Via%C3%A7%C3%A3o%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAncias. Acesso em: 15 jun. 2022.

BRASIL. **Lei n. 6.093, de 29 agosto de 1974**. Cria o Fundo Nacional de Desenvolvimento (FND) e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1974. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1970-1979/L6093.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%206.093%2C%20DE%2029%20AGOSTO%20DE%201974&text=Cria%20o%20Fundo%20Nacional%20de,Art. Acesso em: 15 jun. 2022.

BRASIL. **Lei n. 7.712, de 22 de dezembro de 1988**. Dispõe sobre a cobrança de pedágio nas Rodovias Federais e dá outras providências. Brasília, DF: Diário

Oficial da União, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7712.htm. Acesso: 15 jun. 2022.

BRASIL. **Lei n. 8.031, de 12 de abril de 1990**. Cria o Programa Nacional de Desestatização, e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1990a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8031.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%208.031%2C%20DE%2012%20DE%20ABRIL%20DE%201990.&text=Cria%20o%20Programa%20Nacional%20de,Art. Acesso: 15 jun. 2022.

BRASIL. **Lei n. 8.075, de 16 de agosto de 1990**. Dispõe sobre a extinção do Selo Pedágio e a instituição de mecanismos de financiamento para o setor rodoviário. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1990b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8075.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%208.075%2C%20DE%2016,financiamento%20para%20o%20setor%20rodovi%C3%A1rio. Acesso: 15 jun. 2022.

BRASIL. **Lei n. 9.491, de 9 de setembro de 1997**. Altera procedimentos relativos ao Programa Nacional de Desestatização, revoga a Lei n° 8.031, de 12 de abril de 1990, e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9491.htm#art35. Acesso: 15 jun. 2022.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes. **Caminhos do Brasil**. Brasília, DF: GEIPOT, 2001.

BRASIL. Tribunal de Contas da União. *Homepage*. **TCU**, Brasília, DF, s.d. Disponível em: www.tcu.gov.br. Acesso: 15 jun. 2022.

CUÉLLAR, L. **As agências reguladoras e seu poder normativo**. São Paulo: Dialética, 2001.

DEBES, C. **Washington Luís**: primeira parte 1869-1924. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado, 1994. v. 1

FIRMINO, A. C.; WRIGHT, C. L. **Financiamento do setor de transporte no Brasil**. Washington, DC, USA: Banco Interamericano de Desenvolvimento-BIRD, 2001.

GARCIA, F. A. **Regulação jurídica das rodovias concedidas**. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2004.

GONZE, N. C. **Concessão em rodovias federais**: uma análise da evolução dos modelos de regulação técnica. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes)— Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: https://www.pet.coppe.ufrj.br/images/documentos/

dissertacoes/2014/REGULACAO_TECNICA_DE_RODOVIAS_2.pdf. Acesso em: 8 nov. 2023.

GRAU, E. R. **A ordem econômica na Constituição de 1988**. 14a. ed. rev. e atual. ed. São Paulo: Malheiros, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTÁTISTICA. Biblioteca. **IBGE**, Rio de Janeiro, 2023. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=443662. Acesso em: 15 jun. 2022.

PEREIRA, V. D. B. **Transportes**: história, crises e caminhos. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2014.

REIS, N. G. **Memória do transporte rodoviário**: desenvolvimento das atividades rodoviárias em São Paulo. São Paulo: CPA/SCI, 1997.

SALES, C. L. **A Estrada Real nos cenários arqueológico, colonial e contemporâneo**: construções e reconstruções histórico-culturais de um caminho. 2012. Dissertação (Mestrado em História) — Universidade Federal de São João Del-Rei, São João Del-Rei, 2012. Disponível em: https://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/pghis/dissertacaoCristianoLima.pdf. Acesso em: 8 nov. 2023.

SILVA, F. Q. D. Agências reguladoras: um modelo em constante aperfeiçoamento. *In*: FREITAS, V. P. D.; SILVA, F. Q. D. **Agências Reguladoras no Direito Brasileiro**: teoria e prática. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2014.

PLANEJAMENTO INTEGRADO DE TRANSPORTES: CAMINHO PARA UM TRANSPORTE MAIS SUSTENTÁVEL

Tito Livio Pereira Queiroz e Silva, Leandro Rodrigues e Silva e Vicente Correia Lima Neto

INTRODUÇÃO

O planejamento é uma atividade fundamental para a seleção, o desenvolvimento e a implementação de iniciativas, programas e ações que sejam mais eficientes, eficazes e efetivos, e, especialmente, que possibilitem uma maior sustentabilidade socioambiental ao país. Entende-se que este é o meio mais assertivo para se tomar decisões, especialmente em ambientes complexos, como é o caso do setor de transportes.

O Brasil teve diversos planos de transportes de nível federal, com diferentes escopos e complexidades. Existiram planos voltados para apenas um ou poucos modos de transportes, alguns voltados apenas para o transporte de cargas, outros com foco nos passageiros. Mais recentemente, oportunizado pela integração dos diferentes modos de transportes em um único ministério, foi possível estabelecer uma lógica única de planejamento para todos os modos de transportes, de pessoas e bens.

Essa sistemática única e intermodal é consubstanciada no conceito do Planejamento Integrado de Transportes (PIT), institucionalizada por meio da Portaria n. 123, de 21 de agosto de 2020, do Ministério dos Transportes (MT). O primeiro produto do PIT foi concretizado com a publicação do Plano Nacional de Logística (PNL) 2035. O PIT continua com o desenvolvimento dos Planos Setoriais (terrestre, portuário, hidroviário e aéreo), que voltam a ser consolidados, na sequência, com os Planos Gerais de Parcerias e Obras Públicas.

A sistemática prevista no PIT e o desenvolvimento do PNL partiram do estudo de experiências nacionais e internacionais de planejamento em transportes, que possibilitaram inovar em diferentes aspectos. Um dos principais avanços foi o estabelecimento de um rol de indicadores finalísticos, entre os quais o indicador de sustentabilidade, que instrumentalizam o país para tomadas de decisão mais objetivas e baseadas em evidências.

BASES PARA O PLANEJAMENTO INTEGRADO DE TRANSPORTES

Breve Histórico do Planejamento dos Transportes no Brasil

A prática recente de planejamento de transportes em nível nacional se deu por meio de diferentes instrumentos particionados por modo de transporte ou por jurisdição da esfera político-administrativa que os desenvolveram, com um foco quase prioritário no transporte de *commodities*. Com o objetivo de entender as causas que levavam à essa abordagem, essa seção foca no resgate de alguns planos de transporte desenvolvidos e nas principais alterações institucionais das pastas responsáveis pelo planejamento do setor.

O histórico de ocupação territorial brasileira mostra que ao longo dos anos o território conviveu com diferentes movimentos e, para cada época, observou-se diferentes níveis de interferência do Estado no que tange às ações voltadas a propiciar o deslocamento eficiente de pessoas e de bens no país.

Os primeiros planos de transporte documentados no Brasil datam da primeira metade do século XIX, quando a interiorização do território brasileiro ainda era pouco expressiva (Tabela 1).

Tabela 1 – Planos de Transportes do Século XIX.

PLANO	ANO	MODO(S)	OBJETIVO PRINCIPAL
Plano Rebelo (Conselheiro José Silvestre Rebelo)	1838	Rodoviário	Integração nacional das cidades estabelecidas e emergentes à época.
Plano Moraes (Eduardo José de Moraes)	1869	Navegação fluvial	Estabelecimento de vias de comunicação associadas às vias de transporte, assim como garantir redução de custos para escoamento de produções localizadas no interior, buscando a exploração das vias navegáveis junto às ferrovias já implantadas.
Plano Ramos de Queiroz	1874 / 1882	Navegação fluvial e ferrovias	Voltada ao transporte de mercadorias para exportação, como para o transporte de pessoas: "*(...) franquear os tesouros ocultos no coração do Brasil aos povos de todas as nações do globo; disseminar a civilização pelo interior do nosso país; economizar o tempo gasto em percorrer as distâncias, de harmonia com os altos interesses políticos e estratégicos (...)*" **Ministério dos Transportes (1974).**

PLANO	ANO	MODO(S)	OBJETIVO PRINCIPAL
Plano do Engenheiro Honório Bicalho	1881	Navegação fluvial e ferrovias	Integração social, além da econômica: "[...] *assim, as primeiras linhas gerais mistas de viação a vapor, que atuem como grandes artérias para levar o movimento da vida intelectual e o impulso do progresso das capitais a todos os pontos do gigantesco corpo do Brasil".* **Ministério dos Transportes (1974)**.
Plano Geral de Viação (Rodrigo A. da Silva)	1886	Navegação fluvial e ferrovias	Integração Nacional
Plano de Viação Federal da Comissão	1890	Navegação fluvial e ferrovias	Integração Nacional

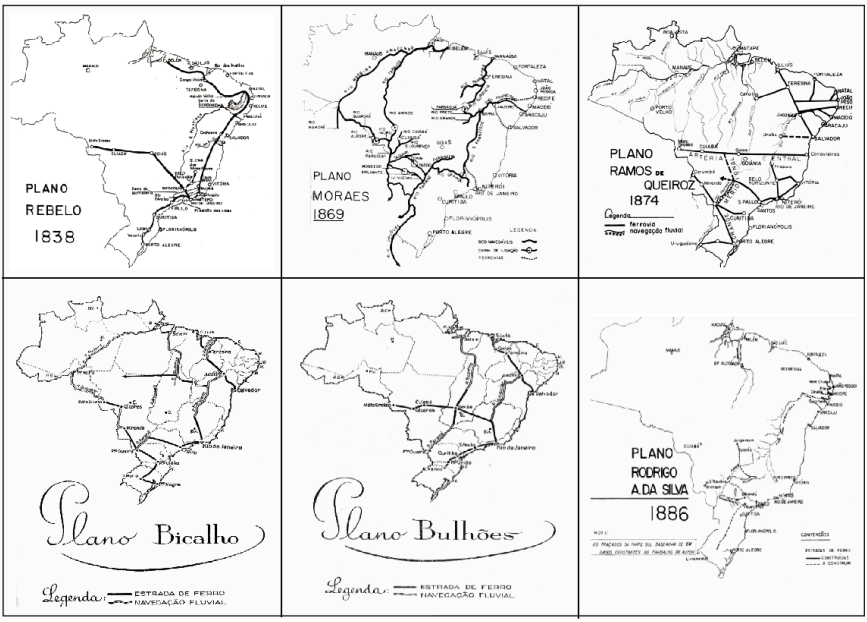
Fonte: Elaborado pelos autores[49].

Os planos desenvolvidos não possuíam uma metodologia ou formato dos planos que entendemos atualmente, com processos de diagnósticos, identificação de problemas, simulações de soluções etc. Porém, revelam-se providos de pensamento técnico, conforme a leitura da época, na medida em que buscam soluções para atingir objetivos políticos e estratégicos (Figura 1).

Os planos desenvolvidos entre 1808 e 1890 mostraram, em sua grande maioria, a preocupação com a intermodalidade, e um foco mútuo no transporte de pessoas e no transporte de bens, principalmente devido à característica tecnologia de transporte ferroviário, que permitia a operação de vagões de passageiros e de cargas simultaneamente.

[49] Informações extraídas de Brasil (1974).

Figura 1 – Representação geográfica dos planos do século XIX.



Fonte: Brasil (1974).

A partir da Proclamação da República, alterações institucionais significativas ocorriam com maior frequência (Tabela 2).

Tabela 2 – Histórico das instituições federais responsáveis pelos transportes.

Período	Denominação
De 1860 a 1891	Secretaria de Estado dos Negócios da Agricultura, Comércio e Obras Públicas
De 1891 a 1906	Ministério da Indústria, Viação e Obras Públicas
De 1906 a 1967	Ministério da Viação e Obras Públicas
De 1967 a 1990	Ministério dos Transportes
De 1990 a 1992	Ministério da Infra-Estrutura
Em 1992	Ministério dos Transportes e das Comunicações
De 1992 a 2010	Ministério dos Transportes
De 2011 a 2016	Ministério dos Transportes, Secretaria de Portos e Secretaria de Aviação Civil
De 2016 a 2019	Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil
A partir de 2019	Ministério da Infraestrutura

Fonte: Elaborado pelos autores.

No início do século XX, as ferrovias ainda se mantinham como a tecnologia de transporte mais eficiente para as longas distâncias, mas perderiam força para o "rodoviarismo" a partir dos planos de 1926 (Plano Catrambi). Quando Vargas assumiu a Presidência da República, o país já contava com 2.255 quilômetros de extensão de estradas de rodagem e 5.917 quilômetros de estradas carroçáveis, em mau estado de conservação.

As rodovias se mostravam como a infraestrutura que poderia ser construída com maior agilidade, alinhando-se aos interesses de desenvolvimento. Logo, essa tecnologia ganhou foco nas ações federais. Percebe-se a partir do século XX vários planos por modo de transporte, como o plano da Comissão de Estradas de Rodagem Federais (CERF) — rodoviário, em 1927; o Plano Geral de Viação Nacional, em 1934 — contemplando ferrovias e hidrovias, mas sem integração com as rodovias existentes; o Plano Rodoviário do DNER, em 1937; o Plano Ferroviário Nacional de 1956; entre outros exemplos com a prática de atuação segregada por modo de transporte.

A segregação dos planos de transporte em escala nacional, tanto por modo como por objeto transportado (pessoas ou bens), deu-se, principalmente, pela evolução da segregação institucional da gestão. O fato dificultou um olhar sistêmico da demanda que permitisse o planejamento integrado.

Visando suprir parte dessa carência, o Grupo Executivo de Integração da Política de Transporte (GEIPOT), quando de sua criação em 1965, iniciou uma série de estudos e diagnósticos de deficiências que resultariam em uma nova fase do planejamento de transporte nacional, com diretrizes que seriam incorporadas pelo Ministério dos Transportes e ao Programa Estratégico de Desenvolvimento 1968/1970 (Ministério do Planejamento e Coordenação Geral). Houve uma evolução significativa das técnicas de planejamento de transporte no Brasil no período de atuação do GEIPOT e uma visão mais ampla de impactos econômicos. Porém, ficou evidente como a carência de dados causada pela segregação institucional dificultava o planejamento.

Os Planos e Programas da segunda metade do século XX, que tiveram a participação do GEIPOT, mantiveram o mesmo foco no transporte de cargas para exportação, tentando superar, aos poucos, as dificuldades criadas pela segregação institucional e a falta de integração entre as instituições: o Plano Trienal de Desenvolvimento Econômico-social (1963-1965); o Programa de Ação Econômica (PAEG) (1964-1966);

o Programa Estratégico de Desenvolvimento (1958-1970); e o Programa de Desenvolvimento do Setor Transportes (PRODEST), de 1986.

Após o PRODEST, houve um período em que os projetos e iniciativas isoladas voltaram a ascender na atuação do Governo Federal. O hiato termina com a reestruturação institucional do setor de transportes iniciada em 2001 (Criação do Conselho Nacional de Integração de Políticas de Transporte (CONIT) e das Agências Reguladoras Federais (ANTT e ANTAQ, em 2001 e da ANAC, em 2005), quando o Ministério dos Transportes retoma a discussão do processo de planejamento e elaboração da política de transportes, conjecturando a ideia de políticas de transportes envolvendo uma cadeia logística integrada, originando, dessa forma, o Plano Nacional de Logística e Transportes (PNLT) (2007), revisado nos anos de 2009 e 2011, nos quais se avançou em termos de técnicas na modelagem, mas não em escopo de abrangência.

O Plano Nacional de Logística (PNL) 2025, desenvolvido pela Empresa de Planejamento e Logística S.A. e apresentado em 2018, também passa pelas mesmas dificuldades de visão sistêmica dada pela segregação institucional. As ações resultantes não citam, por exemplo, o transporte aquaviário, que na época estava sob gestão da Secretaria Especial de Portos, e seguia as diretrizes de um plano com foco portuário (Plano Nacional de Logística Portuária [SEP], 2015). No mesmo período, o Plano Aeroviário Nacional (PAN) 2018-2038 (Brasil, 2018b) inova por realizar as simulações de cenários considerando uma matriz origem-destino intermodal e abrangente, constituída de informações dos transportes por automóvel, ônibus interestaduais e intermunicipais, transporte hidroviário, ferroviário e aéreo.

Após a fusão das antigas pastas ministeriais de portos (Secretarias de Portos [SEP]), da aviação civil (Secretaria de Aviação Civil [SAC]) e dos transportes terrestres (Ministério dos Transportes) no atual MT, evidenciou-se um amadurecimento institucional que permitiu evoluir a visão do planejamento integrado do setor.

Referências para o Planejamento Integrado de Transportes

Uma visão sistêmica e integrada de planejamento na escala nacional encontra embasamento em experiências de outros países, que possuem o planejamento e a gestão de seus transportes com diferentes graus de integração.

Na Europa são crescentes as iniciativas voltadas ao planejamento de transportes intermodal cada vez mais integrado, inclusive entre países. A Comissão Europeia, por meio do relatório *"Towards passenger intermodality on the EU"* (European Commission [EC], 2004), recomenda duas questões a serem tratadas no âmbito do planejamento: a abordagem de rede para o planejamento e a avaliação das necessidades dos usuários.

A abordagem de rede para o planejamento é a base teórica que sustenta o planejamento integrado entre os modos de transporte e entre diferentes instâncias de jurisdição administrativa, levando em consideração que, do ponto de vista dos usuários (tanto para o transporte de cargas, como de pessoas), o conjunto de infraestruturas e serviços que propiciam o deslocamento, independente do modo, trata-se de uma só rede de transportes. A partir dessa base, por exemplo, é que surgem as ações do PIT brasileiro, que visa trazer coerência e integrar em um só processo o planejamento de diferentes modos de transporte no nível federal (MT, 2020; 2021).

Nos Estados Unidos da América, embora a abordagem intermodal não seja tão evidente em planos nacionais, existem trabalhos que apontam a complementaridade entre os modos. Sperry e Morgan (2011) realizaram uma análise buscando identificar o papel das linhas férreas nas redes de transporte regionais e nacional, e identificaram que no contexto da mobilidade nacional, o serviço ferroviário intermunicipal de passageiros de alta capacidade pode servir para aumentar a eficiência das operações aeroportuárias, reduzindo a quantidade de voos regionais e aumentando a demanda nos aeroportos para voos de longa distância.

No planejamento voltado ao transporte de bens, o Estado americano figura um papel diferenciado. Pela grande quantidade de entes privados na atuação dos serviços, e pela autonomia de cada estado americano na gestão e investimentos em infraestruturas, o governo federal atua como o grande fornecedor de informações e de modelos para o planejamento e análises de projetos. Nessa linha, o modelo de macrosimulação utilizado pelo governo, o *Freight Analysis Framework* (FAF), iniciou-se nos anos 1990, e é aperfeiçoado constantemente, sendo atualmente umas das principais referências técnicas para a modelagem e macrosimulação de sistemas integrados de transporte em grande escala (United States, 2023).

Na Austrália, segundo Scrafton e Starkie (1985), temos uma situação similar ao Brasil, com várias instituições que tratam do planejamento e formulação de políticas de transporte e uma soberania de cada Estado sobre os serviços e infraestruturas internas. Mediante os impactos verificados na década de 70, porém, foi instituída uma Comissão Interestadual para a integração e o "desenvolvimento racional" da rede de transportes do país. Com atribuições similares às da Comissão Australiana, o Brasil instituiu o Conselho Nacional de Integração de Políticas de Transporte (CONIT) (Brasil, 2001), cujas atribuições eram pautadas na integração e resolução de conflitos entre as diferentes esferas que atuam no transporte brasileiro. Contudo, o Conselho foi extinto em 2019 (Brasil, 2019).

O modelo de planejamento de transportes Australiano também traz contribuições técnicas que auxiliam a visualizar a necessidade de adequar diferentes instrumentos a diferentes fases do planejamento, conforme estrutura de avaliação indicada na Figura 2 (Infrastructure Australia, 2021). A análise é realizada em estágios, partindo da identificação das necessidades e oportunidades ao detalhamento e desenvolvimento de uma solução específica de projeto ou serviço de transporte, ou seja, o nível operacional de planejamento na óptica de Estado.

Figura 2 – Modelo Australiano de estrutura de avaliação para projetos e iniciativas voltadas à infraestrutura (Tradução livre).



Fonte: Adaptado de Australia (2021).

Considerando a necessidade de evolução do planejamento de transportes nacional brasileiro, surge, em 2020, o conceito do PIT (Brasil, 2020; 2021b). Além da visão intermodal e sistêmica de "rede de transportes" recomendada pela Comissão Europeia (European Commission [EC], 2004), o modelo de planejamento adota os

conceitos de divisão de fases e ferramentas de avaliação para o planejamento, como no modelo Australiano (Australia, 2021) e as melhores práticas de macrosimulação e modelagem de sistemas de transporte integrados, como as utilizadas nos FAF Americano (United States, 2023).

PLANEJAMENTO INTEGRADO DE TRANSPORTES (PIT)

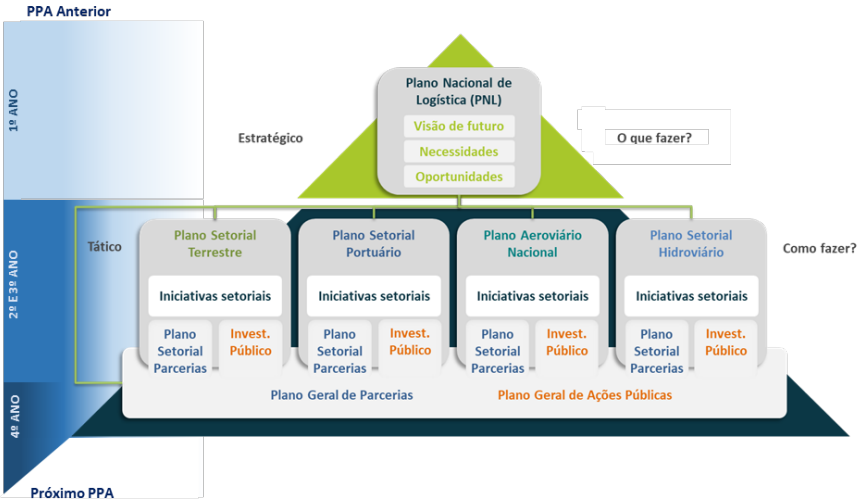
Considerando todo o histórico de planejamento de transportes brasileiro, a forma como ele ocorreu — carecendo de uma análise sistêmica que abordasse toda a rede de transportes — e as experiências internacionais elencadas na seção anterior, partiu-se para o desenvolvimento da estrutura vigente do PIT.

Inicialmente cabe apontar que o planejamento é fundamental à atuação pública como forma de organização dos projetos e iniciativas para busca de resultados eficientes, com otimização de recursos. Considerando essa lógica é que a Política Nacional de Transportes (PNT), estabelecida por meio da Portaria n° 235, de 28 de março de 2018, no seu art. 6º, definiu Planejamento de Transportes como um dos seus instrumentos de implementação.

Assim, o PIT[50] foi concebido enquanto um processo integrado para implementação da Política Nacional, sendo regulamentado por meio da Portaria n° 123, de 21 de agosto de 2020, do MT (Figura 3). Este normativo estabelece que o PIT deve contemplar o transporte de pessoas e bens, e tendo como objetivos: (i) contribuir para a competitividade nacional e o bem-estar social; (ii) o desenvolvimento regional; e (iii) a integração nacional.

[50] Para maiores informações sobre o PIT e o PNL 2035, sugere-se consultar o endereço: https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/politica-e-planejamento/politica-e-planejamento/planejamento-integrado-de-transportes.

Figura 3 – Estrutura Lógica do Planejamento Integrado de Transportes.



Fonte: Adaptado de Brasil (2021a).

O PIT tem como horizonte de planejamento o marco temporal de 30 anos[51], atualizado a cada ciclo de 4 anos — permitindo assim a integração entre este instrumento com os demais existentes no âmbito do governo federal — como Plano Plurianual (PPA). O PIT é estruturado por um sistema encadeado de planos considerando os 3 níveis de planejamento: em nível estratégico, o Plano Nacional de Logística (PNL); em nível tático, os Planos Setoriais (OS) (terrestre, portuário, hidroviário e aeroviário, em cada um, incluídos os respectivos Planos Setoriais de Parcerias e de Ações Públicas), e o Plano Geral de Parcerias (PGP) e de Ações Públicas (PGAP).

Cada instrumento do PIT gera resultados que são utilizados como insumos para instrumentos subsequentes, até a consolidação por meio dos investimentos em infraestrutura de transportes, políticas públicas, programas e ações normativas.

Plano Nacional de Logística (PNL) 2035

O PNL 2035 aporta a visão estratégica ao Planejamento Integrado de Transporte, por meio da identificação de necessidades e oportunidades, presentes e futuras, servindo de referencial para os planos setoriais que indicarão as iniciativas a serem executadas.

[51] De acordo com a Portaria n. 123/2020, o primeiro ciclo terá, excepcionalmente, horizonte de 15 anos.

Adicionalmente, o PNL 2035 reúne uma série de dados e informações que contribuem para análises específicas e para o constante uso do planejamento na tomada de decisões estratégicas por parte do governo federal e demais atores inseridos no sistema de transportes nacional.

O PNL foi desenvolvido seguindo a sistemática do planejamento de transportes tradicional (modelo de 4 etapas), incorporando, contudo, inovações, como uso de Big Data de telefonia móvel e das notas fiscais eletrônicas para a geração das matrizes O-D, respectivamente para transporte de pessoas e cargas, considerando todos os municípios brasileiros.

Outra inovação foi a utilização de uma rede ampla de infraestrutura de transportes no modelo de simulação, para todos os subsistemas, com a identificação das capacidades e dos custos de infraestrutura.

Os resultados do PNL 2035 são avaliados por meio de 9 cenários futuros, configurados por meio da alteração de quatro diferentes atributos: infraestrutura, macroeconomia, legislação e tecnologia.

Em relação à infraestrutura, foram considerados diversos empreendimentos: intervenções previstas em todos os contratos de concessões e parcerias vigentes; obras públicas em andamento e previstas; aeroportos com voos regulares, conforme previsões do Plano Aeroviário Nacional; e novas ferrovias. Também leva em conta arrendamentos, desestatizações, terminais de uso privado e ampliações de capacidade dos portos; investimentos nas vias navegáveis — derrocamentos, melhorias e construção de IP4, e demais intervenções de grande porte previstas; além de duplicação, pavimentação e intervenções na infraestrutura rodoviária federal e estaduais.

Os atributos macroeconômicos referencial e transformador da Estratégia Federal de Desenvolvimento (EFD) (Decreto n° 10.531, de 26 de outubro de 2020) foram utilizados para as projeções das demandas das matrizes origem-destino para o ano de 2035, tanto de cargas quanto de pessoas. Foram simuladas as propostas regulatórias conhecidas como BR do Mar e Autorizações Ferroviárias[52].

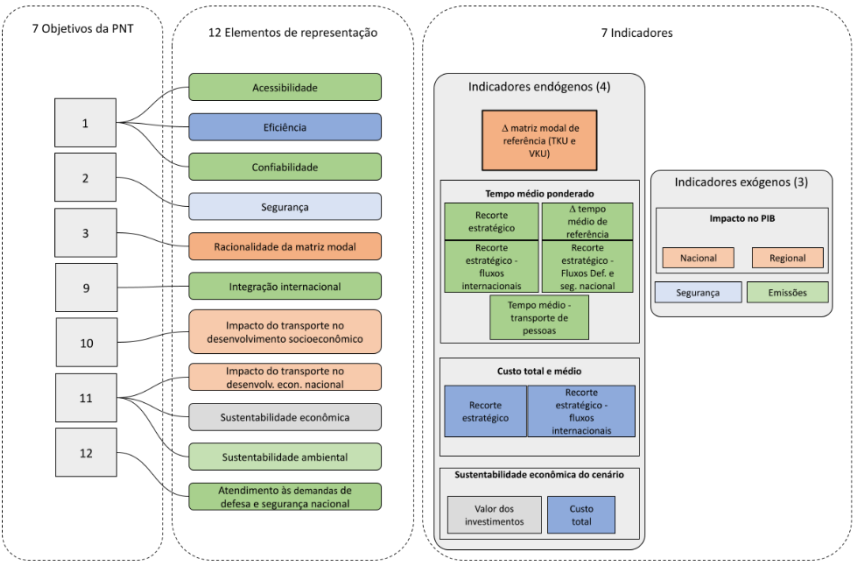
[52] Durante o período de desenvolvimento do PNL 2035, constavam no MT seis pedidos de autorizações ferroviárias. Após o lançamento do Programa de Autorizações Ferroviárias - Pro Trilhos, por meio da Medida Provisória n. 1.065/21, em 30 de agosto de 2021, outras solicitações foram feitas, o que tende a potencializar os impactos observados no PNL 2035.

As principais inovações tecnológicas simuladas foram a utilização, pelas empresas, de logística de *internet* das coisas, inteligência artificial, Big Data e aplicativos de compartilhamento de serviços de carga.

Com relação aos resultados, outra inovação trazida no PNL foi a possibilidade de análise dos resultados tanto em peso (tonelada quilômetro útil [TKU]), como tradicionalmente realizado, quanto em valor (valor quilômetro útil [VKU]).

Os resultados do PNL 2035 são materializados por meio de um sistema de 7 indicadores que permitem a comparação objetiva entre os 9 cenários de desenvolvimento, em 2035, utilizando-se de parâmetros transparentes, alinhados aos objetivos da Política Nacional de Transportes do MT (Figura 4). Por exemplo, a sustentabilidade ambiental, onde está prevista uma redução de até 14% no nível de emissões futuras; na acessibilidade, a diminuição de até 12% no tempo médio de deslocamento de pessoas; na eficiência, um recuo de 17% a 39% no custo médio do transporte de cargas; e na segurança, o aumento da segurança rodoviária em até 9%. Tais investimentos são capazes de impulsionar o desenvolvimento econômico nacional e regional, com crescimento do PIB sendo potencializado entre 6% e 11% em infraestruturas de transportes.

Figura 4 – Sistema de Indicadores do PNL.



Fonte: Brasil (2021a).

Um dos principais objetivos e resultados do Plano está voltado para a transformação da matriz de transporte do Brasil, a fim de torná-la mais racional e sustentável, com o incremento da participação dos modos de grande capacidade (ferroviário, hidroviário e cabotagem), em especial o ferroviário, com participação superior a 30% na matriz de transportes, seja em tonelada ou valor quilômetro útil, em qualquer cenário.

Planos Setoriais

Os Planos Setoriais, de nível tático (terrestre, portuário, hidroviário e aeroviário), indicam as iniciativas a serem executadas com recursos públicos ou por meio de parcerias com a iniciativa privada. Cada um dos quatro Planos Setoriais deve indicar, essencialmente, de que forma serão tratadas as necessidades e aproveitadas as oportunidades de oferta de capacidade dos subsistemas de transportes constantes no PNL, contemplando os seus respectivos planos setoriais de ação pública e de parcerias.

Importante frisar que os Planos Setoriais podem evoluir os objetivos e diretrizes tratados no PNL, que possuem como base a Política Nacional de Transportes (PNT), para objetivos mais específicos e aderentes a cada subsistema de transporte. Um outro importante elemento tratado nos planos setoriais é a etapa de pré-viabilidade da carteira futura de empreendimentos, e a necessidade de estruturar um sistema de indicadores, com metas e métricas que reflitam a execução do programa futuro, além do processo de governança dos planos setoriais.

Atualmente, os quatro planos setoriais encontram-se em desenvolvimento, com previsão de término para o fim do ano de 2022.

Plano Geral de Parcerias (PGP) e de Ações Públicas

Fechando um ciclo do sistema de Planejamento Integrado de Transportes, o Plano Geral de Parcerias, por sua vez, deve consolidar os quatro Planos Setoriais de Parcerias e subsidiar a qualificação de projetos a serem contemplados no Programa de Parcerias de Investimentos (PPI). Por sua vez, o Plano Geral de Ações Públicas deve consolidar as ações públicas que serão apontadas nos Planos Setoriais, subsidiando a elaboração do próximo Plano Plurianual (PPA). Ambos devem ser desenvolvidos até 2023.

REFERÊNCIAS

AUSTRALIA. Infrastructure Australia. Overview: assessment framework. **Infrastructure Australia**, Camberra, jul. 2021. Disponível em: https://www.infrastructureaustralia.gov.au/overview-assessment-framework. Acesso em: 10 nov. 2023.

BRASIL. **Lei n. 10.233, de 5 de junho de 2001**. Dispõe sobre a reestruturação dos transportes aquaviário e terrestre, cria o Conselho Nacional de Integração de Políticas de Transporte, a Agência Nacional de Transportes Terrestres, a Agência Nacional de Transportes Aquaviários e o Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes, e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2001. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10233.htm#:~:text=-Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20reestrutura%C3%A7%C3%A3o%20dos,-Transportes%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAncias. Acesso em: 10 nov. 2023.

BRASIL. **Lei n. 13.884, de 18 de junho de 2019**. Estabelece a organização básica dos órgãos da Presidência da República e dos Ministérios; altera as Leis nos 13.334, de 13 de setembro de 2016, 9.069, de 29 de junho de 1995, 11.457, de 16 de março de 2007, 9.984, de 17 de julho de 2000, 9.433, de 8 de janeiro de 1997, 8.001, de 13 de março de 1990, 11.952, de 25 de junho de 2009, 10.559, de 13 de novembro de 2002, 11.440, de 29 de dezembro de 2006, 9.613, de 3 de março de 1998, 11.473, de 10 de maio de 2007, e 13.346, de 10 de outubro de 2016; e revoga dispositivos das Leis nos 10.233, de 5 de junho de 2001, e 11.284, de 2 de março de 2006, e a Lei n. 13.502, de 1º de novembro de 2017. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2019. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/lei/L13844.htm. Acesso em: 10 nov. 2023.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. Empresa de Planejamento e Logística. **Plano Nacional de Logística (PNL) 2025**: relatório executivo. Brasília, DF: Empresa de Planejamento e Logística, 2018a. Disponível em: https://www.ppi.gov.br/wp-content/uploads/2023/01/plano-nacional-de-logisticapnl.pdf. Acesso em: 10 nov. 2023.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. Empresa de Planejamento e Logística. **PNL 2035**: Plano Nacional de Logística. Brasília, DF: MT; EPL, 2021a. Disponível em: https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/planejamento-integrado-de-transportes/politica-e-planejamento/RelatorioExecutivoPNL_2035final.pdf. Acesso em: 18 nov. 2023.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. **Portaria n. 123, de 21 de agosto de 2020**. Institui o Planejamento Integrado de Transportes, que contempla os subsistemas federais rodoviário, ferroviário, aquaviário e aeroviário, e as ligações viárias e logísticas entre esses subsistemas e desses com os sistemas de viação dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2020. Disponível em: https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-123-de-21-de-agosto-de-2020-273770905. Acesso em: 10 nov. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção Especializada à Saúde. **Portaria n. 792, de 28 de julho de 2021**. Defere a Concessão do CEBAS da Associação Hospital Beneficente Sagrado Coração de Jesus, com sede em Monte Mor (SP). Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2021b. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/Saes/2021/prt0792_30_07_2021.html. acesso em: 10 nov. 2023.

BRASIL. Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil. **Plan 2018**: plano aeroviário nacional 2018-2038 — objetivos, estratégias e investimentos para desenvolvimento do transporte aéreo brasileiro. Brasília, DF: Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil, 2018b. Disponível em: https://www.gov.br/portos-e-aeroportos/pt-br/centrais-de-conteudo/pan2018_ebook.pdf. Acesso em: 10 nov. 2023.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Conselho Nacional de Transportes. **Planos de viação**: evolução histórica (1808-1973). Rio de Janeiro: Ministério dos Transportes, 1974. 554 p.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Ministério da Defesa. **Plano Nacional de Logística e Transportes (PNLT)**: relatório executivo. Brasília, DF: Ministério dos Transportes; Ministério da Defesa, 2007.

BRASIL. Ministério dos Transportes. **Plano Nacional de Logística e Transportes (PNLT) 2011-2031**: relatório final. Brasília, DF: Ministério dos Transportes; Consórcio LOGIT/GISTRAN, 2012.

BRASIL. Secretaria dos Portos. **PNLP 2015**: Plano Nacional de Logística Portuária — relatório de metodologias. Brasília, DF: Secretaria dos Portos, 2015.

EUROPEAN COMMISSION. **Towards passenger intermodality in the EU**: report 2 —analysis of the national inventories on passenger intermodality. Dortmund, DE: European Comission, 2004.

SCRAFTON, D.; STARKIE, D. Transport policy and administration in Australia: issues and frameworks. **Transport Reviews**, [*S. l.*], v. 5, n. 2, p. 79-98, 1985. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01441648508716587. Acesso em: 10 nov. 2023.

SPERRY, B. R.; MORGAN, C. A. **Intercity passenger rail**: implications for urban, regional, and national mobility — final report. College Station, US: University Transportation Center for Mobility; Texas A&M University, 2012.

UNITED STATES. United States Department of Transportation. Federal Highway Administration. Freight Analysis Framework. **Freight Management and Operations**, US, 14 set. 2023. Disponível em: https://ops.fhwa.dot.gov/freight/freight_analysis/faf/. Acesso em: 10 nov. 2023.

INTERFACE DAS FERROVIAS COM O TERRITÓRIO: ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS

Alex Paiva Rampazzo

INTRODUÇÃO

Em relação à interface entre as ferrovias e o território, no que concerne o uso e a ocupação do solo, a partir de um enfoque territorial e ambiental, cabe salientar a complexidade associada à construção e gestão de um empreendimento ferroviário, considerando todas as etapas do processo, desde os estudos de verificação de viabilidade para a execução até a implementação do empreendimento. Tais complexidades são pormenorizadas a partir da seleção de estudos de caso vislumbrados a partir da experiência empírica de gestão pública de Alex Paiva Rampazzo enquanto ex-Superintendente de Gestão Ambiental e Territorial da *VALEC Engenharia, Construções e Ferrovias S.A.*

AS ESPECIFICIDADES DAS FERROVIAS

Deste modo, faz-se possível estabelecer algumas comparações entre a rodovia e a ferrovia, a fim de demonstrar os fatores complicadores presentes no caso ferroviário e ausentes no rodoviário. Ambos os casos correspondem a empreendimentos lineares, porém, a ferrovia apresenta peculiaridades e características próprias, as quais a caracterizam como uma infraestrutura de grande porte singular, em função das formas pelas quais a ferrovia intervém e interage com o solo e com o meio espacial na qual é implementada.

As peculiaridades vinculadas à complexidade ferroviária referem-se, especialmente, às suas composições, as locomotivas e os vagões, os quais exigem, para conseguir se deslocar, raios de curvas superiores ao raios rodoviários, além disso, há a questão das inclinações, dado que as composições demandam pequenas inclinações de rampa — diferentemente de uma rodovia —, ressaltando que há tecnologia que possibilita contornar essas peculiaridades, entretanto, estas encarecem os custos do empreendimento e da operação ferroviária. Estes fatores afetam as possibilidades de escolha dos espaços

nos quais as ferrovias serão empreendidas, exigindo áreas amplas, o que implica na ocupação de uma maior quilometragem de solo para percorrer uma mesma distância, em comparação com a rodovia e, consequentemente, aumenta a interação da ferrovia com o meio.

O ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA, ECONÔMICA E AMBIENTAL (EVTEA), O ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) E O RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL (RIMA)

Ademais, diante dessas complexidades, a implantação de um empreendimento ferroviário costuma ser um projeto de longuíssimo prazo, considerando desde a sua gestação, planejamento, estudos de viabilidade até a sua implementação e operação. De forma que as interfaces dos impactos da ferrovia com o meio (físico, social e ambiental) são objeto de análise e estudo especialmente em dois momentos. O primeiro refere-se à realização do Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental (EVTEA) — cabendo ressaltar a recente inserção da questão ambiental, a partir da década de 90. Já o segundo, refere-se ao Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o seu Relatório de Impacto Ambiental (RIMA). Esses dois estudos principais, realizados para empreendimentos de grande porte, como é o caso da ferrovia, abordam de que forma estes empreendimentos estão interagindo com o meio, em sua área de influência, ressaltando que há casos em que a ferrovia impacta o meio e há outros em que o meio impacta a ferrovia.

Nesse sentido, ao longo da implantação do empreendimento, continuam sendo realizados diversos estudos, especialmente durante o licenciamento prévio e no licenciamento de instalação, bem como alguns estudos específicos para a fase de operação, nos quais o EVTEA e o EIA/RIMA são retomados em função da ocorrência de mudanças, transformações e interações na realidade dinâmica no decorrer do processo de instalação de uma ferrovia, que pode durar décadas para atingir a fase de operação.

Entretanto, é importante esclarecer que, ainda hoje, infelizmente, não há entendimento consensualizado com relação à obrigatoriedade de realização do EVTEA, o que leva à necessidade de evidenciar documentos legais que comprovem a exigência de realização deste estudo, como por exemplo o Acórdão n° 1884/2016 do Plenário do Tribunal de Contas da União (TCU):

> 9.2. dar ciência ao Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes de que a não elaboração de EVTE previamente a licitações de obras viola as disposições previstas no art. 3º, incisos f a j, da Lei 5.917/1973, art. 6º, inciso IX, da Lei 8.666/1993 e art. 2º, inciso IV, e o art. 9º, §§ 1º e 2º, da Lei 12.462/2011, além de jurisprudência deste Tribunal, e pode ensejar aplicação de sanções aos responsáveis, além de adoção de medida cautelar de suspensão de editais de licitação e contratos, a depender das circunstâncias de cada caso concreto (Acórdão n° 1884/2016; Min. Rel. Augusto Nardes) (Brasil, 2016).

Ressaltando que no caso da VALEC, há, desde 2018, um manual que condiciona a obrigatoriedade de realização de EVTEA, de estudos técnicos que antecedem a implantação de um empreendimento.

Já no caso do EIA/RIMA, há normatividade ambiental mais consolidada, destacando, em especial, a Resolução n. 1 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que estabelece os critérios mínimos para a realização do EIA/RIMA, conforme seu Art. 6°, expõe que:

> O estudo de impacto ambiental desenvolverá, no mínimo [...]: I - Diagnóstico ambiental da área de influência do projeto [...] considerando: a) o meio físico [...]; b) o meio biológico e os ecossistemas naturais [...]; c) o meio socioeconômico - o uso e ocupação do solo, os usos da água e a socioeconomia, destacando os sítios e monumentos arqueológicos, históricos e culturais da comunidade (Conselho Nacional do Meio Ambiente, 1986).

Há também a Resolução CONAMA n. 237/1997, que determina a obrigatoriedade de realização do estudo e relatório de impacto ambiental (EIA/RIMA), no âmbito do licenciamento ambiental. Acertadamente, essa exigência visa a observância, por esses estudos, em realizar uma análise integrada que permita a verificação, avaliação da viabilidade do empreendimento, sob os enfoques técnicos (engenharia do empreendimento), econômicos (custos e retornos financeiros e sociais) e ambientais (impactos e degradação ambiental).

EVTEA x EIA/RIMA

No que diz respeito à diferenciação entre EVTEA e EIA/RIMA, evidencia-se que são estudos semelhantes, dado que ambos os estudos, de maneira geral, contemplam a observação dos mesmos critérios. Por exemplo, no que concerne a flora, os estudos englobam os corredores ecológicos, a cobertura florestal, as Áreas de Preservação Permanente (APP), as Unidades de Conservação (UC) — Unidades de Proteção Integral ou Unidades de Uso Sustentável — que são interceptadas pelo empreendimento, já no que se refere à fauna, abarcam a caracterização da mesma, bem como a identificação da presença de espécies endêmicas ou raras, espécies ameaçadas de extinção, dentre outros critérios que envolvem aspectos físicos e geológicos. Isto é, esses estudos envolvem o reconhecimento do território, uma análise pormenorizada da região onde o empreendimento será alocado, a fim de identificar quais são os riscos que o meio pode causar ao empreendimento, assim como o que o empreendimento causará ao meio. Esses estudos demoram, em média, de um a dois anos para serem elaborados, podendo variar conforme as peculiaridades, as características e o grau de complexidade que envolvem o empreendimento e o território no qual este será inserido.

Entretanto, a diferença entre os estudos refere-se ao grau de especificidade e complexidade que os envolvem, de modo que o EVTEA é mais superficial, em questão de escala, baseando-se em dados e estudos secundários, já produzidos pela literatura, porém, apresenta um enfoque nos aspectos econômicos, em especial, produzindo uma modelagem econômica do empreendimento, no intuito de verificar a viabilidade financeira do empreendimento. Trata-se, portanto, da etapa inicial do processo, de forma que se comprovada a viabilidade do empreendimento, a próxima etapa será a realização de estudos aprofundados, o EIA e, consequentemente, o RIMA. Por conseguinte, o EIA tenta ser mais complexo, tendo um maior aprofundamento dos estudos ambientais, principalmente de geração de estudos primários, de produção de dados, atingindo as minúcias que o EVTEA não abarca, porém, desprovido da visão econômica mais aprofundada.

No caso da VALEC, tanto para a realização de um EVTEA quanto de um EIA/RIMA, são utilizados levantamentos de ima-

gens de satélite e imagens de drones, as quais são processadas em softwares de geoprocessamento, a fim de caracterizar o meio ambiente, o território no qual o empreendimento, a ferrovia, será construída. A metodologia utilizada diante esse levantamento envolve a realização de uma matriz, com a criação de camadas, por meio da seleção dos atributos de interesse, que abarcam o meio físico, o clima, a hidrografia, a flora, as fitofisionomias, aspectos econômicos, zonas industriais, centros de produção e distribuição agrícolas e, em especial, o uso e ocupação do solo, entre vários outros fatores. A partir da sobreposição e atribuição de pesos a essas camadas, cada uma refletindo um aspecto, faz-se possível gerar imagens e mapas que refletem a metodologia utilizada, viabilizando a definição de áreas com ou sem restrições para a implementação do empreendimento.

De forma geral, um EVTEA é constituído por três partes: I) a técnica; II) a ambiental e III) a econômica. Sendo que as duas primeiras, técnica e ambiental, influem na imposição de áreas de maior ou menor restrição, sendo, assim, repulsivas ao empreendimento. Enquanto o fator econômico, em oposição aos outros dois, tende a atrair o empreendimento para o local, dentro da matriz composta, de modo que essa atração pode ser gerada, por exemplo, pelas zonas agrícolas e minerárias, que atraem a ferrovia em função da demanda para o escoamento de seus produtos. Esse cruzamento de camadas permite a delimitação do traçado da ferrovia e a verificação de sua viabilidade.

Além dos dois estudos abordados — EVTEA e EIA/RIMA —, como já mencionado, existem ainda outros estudos de uso e ocupação do solo realizados no licenciamento e ao longo de toda a vida do empreendimento, no intuito de analisar como se dá a interação entre o empreendimento e o meio onde está alocado, como o Estudo de Análise de Risco (EAR) que geralmente é realizado antes da operação de um empreendimento no qual já há um traçado determinado e a ferrovia está quase concluída. Este estudo almeja verificar os pontos nos quais a locomotiva, os vagões, possuem maiores probabilidades de sofrerem ou resultarem em um acidente, para que se possa tomar as medidas devidas, isto é, permitindo a promoção de um planejamento de ações mitigadoras a tais riscos.

CASOS EMPÍRICOS

Ferrovia de Integração Oeste-Leste (FIOL)

À vista disso, as complexidades acerca das ferrovias podem ser contempladas a partir da exposição dos casos concretos apresentados a seguir. Foram escolhidos 3 casos que envolvem a Ferrovia de Integração Oeste-Leste (FIOL) e a comunidade, mas que foram tratados de maneiras distintas. No primeiro caso, apesar de todos os estudos terem sido realizados, houve a identificação de ocupação irregular, indevida, no trecho da ferrovia, apenas no início das obras, em função do intervalo temporal (que pode ter duração de uma década) entre a realização dos estudos e o início efetivo das obras. Desta maneira, no momento da implementação do empreendimento detectou-se a ocupação dentro da faixa de domínio, sobre a área na qual a ferrovia será implementada, impactando, por conseguinte, o andamento do empreendimento. Dado que a Superintendência de Gestão Ambiental e Territorial da VALEC é a responsável tanto pelo licenciamento ambiental do empreendimento, quanto pela desapropriação, em caso de ocupação irregular cabe ressaltar a sensibilidade necessária para a realização desta função, tendo em vista a importância, o valor social, não tangível ou não calculável, da moradia para aquela população em situação de vulnerabilidade.

Nesta situação, a VALEC optou por não realizar a reintegração de posse, em função da compreensão da necessidade de cuidado ambiental e social com os que ali habitavam, ou unicamente pela desapropriação, o que se resumiria a arcar apenas com os custos dos materiais utilizados para construir as habitações irregulares, mas sim, por realizar o reassentamento das famílias. Este processo envolve uma análise social das famílias, na tentativa de verificar qual a melhor solução nestes casos em que há ocupação irregular, isto é, quando as famílias não possuem a titularidade da terra, uma vez que a área já havia sido desapropriada pela VALEC.

Após a realização do levantamento socioeconômico, verificou-se que as famílias estavam caracterizadas como populações vulneráveis e estas foram enquadradas no antigo Programa Minha Casa Minha Vida, atual Casa Verde e Amarela, e receberam acompanhamento para que conseguissem uma nova moradia digna,

registrada e regular, de valor imensurável, incomparável ao valor dos materiais pelos quais as mesmas seriam remuneradas no caso de remoção.

Ainda a respeito da FIOL, há outro trecho que apresenta outras problemáticas, havendo um cenário no qual a ferrovia intercepta uma população já alocada, com ocupação consolidada, como é o caso da área urbana de Jequié, na Bahia, em que, ao realizar as análises geoespaciais, verificou-se que a ferrovia iria impactar negativamente parte significativa da cidade, em especial, a parte mais periférica do município. Considerando a extensão territorial do município e o quanto a ferrovia margeava essa comunidade, não haveria a possibilidade de realizar o reassentamento de todas as famílias que seriam atingidas pela ferrovia. Então a solução foi propor uma alteração de projeto, com o deslocamento de traçado que reduzisse o impacto que poderia ser causado, inclusive fazendo um túnel, no intuito de evitar a interceptação da comunidade, que promoveria a retirada involuntária daquela população, além de uma série de danos na relação com o meio, com o uso da terra e com a água, já que aquela área apresentava cobertura de infraestrutura urbana consolidada, incluindo saneamento ambiental (rede de água, esgoto) e iluminação pública (rede de luz) e o empreendimento iria sobrecarregar aquelas redes de forma não saudável e não sustentável se não fosse proposta e implementada a alteração.

Acrescenta-se a isso, o fato de que, diferentemente de uma rodovia, que permite deslocamento entre os lados e serve como atrativo para a ocupação populacional, podendo levar a pequenos ramais de populações que se interligam — ocupação estilo espinha de peixe — no caso da ferrovia, há a geração de um efeito barreira em função da impossibilidade de deslocamento de um lado para o outro, causada pelo empreendimento e seus trilhos. Tal efeito geraria sérios impactos para a população de Jequié, o que justifica a escolha pela alteração de traçado.

Por fim, para mostrar mais um exemplo de interface entre as ferrovias e o território no que concerne a FIOL, há ainda um trecho na área urbana de São Félix do Coribe, na Bahia, que se assemelha ao cenário anterior, de Jequié, ao tratar de uma área urbana consolidada do município e que, conforme legislação municipal, prevê-se a expansão dessa área urbana em dois novos loteamentos, o que conflita com o traçado da ferrovia, ao adentrar a área prevista

para tais loteamentos, além disso, o traçado adentra na área urbana consolidada. Esse conflito foi percebido apenas no momento da implementação, o que demonstra uma falha dos estudos prévios de viabilidade do empreendimento (EVTEA e EIA/RIMA), os quais poderiam ter apontado para a necessidade de mudança de traçado, cabendo salientar que como a licença de instalação da FIOL data de 2010, os estudos prévios datam dos anos 1990 a 2000 e, portanto, não dispunham do conhecimento ou desenvolvimento tecnológico atual. Entretanto, o caso deste trecho serve como objeto de estudo para garantir que haja aprendizagem institucional e técnica, de forma a não cometer estes impactos em empreendimentos futuros.

Outro fator a ser considerado, neste caso, expõe-se ao realizar a interface entre o uso e a ocupação do solo, envolvendo a peculiaridade que impediu a alteração do traçado, ao representar bloqueios para a alocação da ferrovia, já que em uma direção há um rio acrescido de outra cidade já consolidada, enquanto no outro sentido há uma zona de solos calcários com cavernas, cujo solo não tem capacidade de sustentação por não aguentar o peso da ferrovia, resultando na necessidade de promoção de reassentamento de uma população de 150 famílias, o que implica em um custo de 36 milhões de reais. A fim de minimizar esse impacto que a ferrovia causará a esta comunidade, a VALEC prevê a construção de um bairro ecológico sustentável com reutilização de águas cinzas para a urbanização, na regagem de praças e jardins, além disso, almeja-se a utilização de placas fotovoltaicas para geração de energia elétrica.

Dessa forma, restou à implementação do empreendimento atravessar o loteamento previsto, ressaltando que talvez haveria a possibilidade de promover uma grande alteração de traçado, o que envolveria uma longa extensão, considerando as complexidades de amplitude de rampa e de curva para desviar completamente desta região, tal mudança exigiria a realização de estudos para construir outro cenário. Deste modo, este caso expõe uma situação complexa na qual há interação entre o meio físico e o meio social, com questões de fauna endêmica e cavernas, nas quais a VALEC encontrou duas novas espécies animais, ou seja, há toda uma complexidade que não foi detectada na época em que os estudos iniciais de viabilidade foram realizados, reforçando que a modelagem e o rigor dos estudos se modificaram ao longo do tempo.

A VALEC enquanto empresa pública federal, vinculada ao Ministério dos Transportes, tem como propósito a construção do empreendimento, e não a operação da ferrovia, essa operação será ofertada em forma de concessão a outras empresas. Assim, a VALEC arca com os custos, em caso de reassentamento, bem como deve realizar as medidas necessárias para mitigar os impactos ambientais e sociais, conforme previsto no âmbito do licenciamento ambiental, pelos órgãos ambientais e órgãos associados às comunidades tradicionais, envolvidas em cada empreendimento. Cabendo reforçar que ferrovias estruturantes, de extensa quilometragem, tratam-se de obras de longo prazo, com altíssimos custos.

Cumpre esclarecer que a realização da desapropriação e, nos casos necessários, a remoção via reassentamento das famílias, é autorizada por uma declaração de utilidade pública, expedida pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), que é emitida antes da instalação e concomitante ao licenciamento ambiental, dado que as ferrovias possuem utilidade pública. No caso de obras de extensa quilometragem, que perpassam por múltiplos municípios, há uma grande ocorrência de ocupações irregulares, de diversas formas, seja utilizando a área para criação de gado ou para moradia. No caso das habitações, há todo um arcabouço legal, ao entrar com um processo de reintegração de posse para fazer a retirada dessas populações, caso a população seja caracterizada como vulnerável, a VALEC procura reassentar, efetuando um pagamento justo ao desapropriar. Com a finalidade de manter a boa reputação e evitar a geração de prejuízos ao ambiente e à comunidade, a empresa evita criar ruído na população, reduzindo, assim, a geração de bloqueios às obras, ou greves de associações e sindicatos, além disso, há a preocupação de empregar a população da comunidade local para trabalhar nas obras, fomentando a economia local.

O controle das ocupações irregulares é realizado através da gestão da faixa de domínio, que, no caso da VALEC, é controlada a partir de um sistema de monitoramento que utiliza drones para produzir as informações e dados, analisados por meio da utilização de geotecnologia, permitindo, assim, um ganho de eficiência na gestão do empreendimento, ao possibilitar a identificação dos municípios em que há mais ocorrências, o que determina a priorização da alocação da equipe técnica, a fim de otimizar os recursos humanos escassos disponíveis.

Ferrovia Norte-Sul (FNS)

Saindo da FIOL e da relação entre ferrovia e comunidade, outro caso concreto a ser analisado refere-se à Ferrovia Norte-Sul (FNS). Neste exemplo, diante da ocupação espacial havia o embate entre interesses e órgãos governamentais, entre a VALEC, que estava construindo a ferrovia, e o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), o qual realizava o reassentamento agrário Pontal do Arantes, no município de União de Minas, em Minas Gerais. Como a tecnologia de sobreposição de imagens não era popular na época de realização dos estudos iniciais, já que a FNS data de 1987, apenas no momento da implementação do empreendimento verificou-se que a VALEC alocou a ferrovia no trecho em que o INCRA também havia posicionado o reassentamento.

No intuito de encontrar uma solução para o conflito de interesses, a VALEC promoveu reuniões com o INCRA e com os reassentados, objetivando demonstrar a sobreposição, utilizando-se de mapas para tal, bem como expondo uma nova proposta de mitigar o impacto social do empreendimento, de responsabilidade da VALEC, por meio da desapropriação e retirada das pessoas impactadas pela ferrovia ao adquirir a área de uma fazenda próxima para realocar essas famílias nessa área, em novos loteamentos.

A área desapropriada foi aproveitada por seu potencial de preservação ambiental (áreas de reserva legal e APP), direcionadas para a execução do plantio compensatório, dado que o empreendimento ferroviário inevitavelmente ocasiona desmatamento, o que deve ser compensado, utilizando essas áreas para fazer a compensação ambiental do empreendimento, isto é, plantando mudas de espécies nativas que mitiguem o dano causado pela ferrovia.

Outro exemplo interessante na FNS, que foi o primeiro empreendimento no Brasil a fazer EIA/RIMA, conforme a Resolução CONAMA, de 1986, ocorreu em Imperatriz do Maranhão, que na época (1987) se tratava de uma cidade pequena. Uma área foi desapropriada com o propósito de servir como pátio para materiais e maquinário de construção, porém, conforme a cidade foi crescendo, e da década de 80 até os dias atuais não houve mais atuação da VALEC neste território, a vegetação cresceu e essa área se tornou o último remanescente florestal no município de Imperatriz.

Esse trecho já havia sido concedido a empresa que opera a ferrovia, porém, a VALEC tinha um custo para a manutenção e vigilância da área, custos esses que estavam onerando a empresa, então resolveu-se, para solucionar esta questão, doar essa área para que as Universidades Federal e Estadual do Maranhão e a Secretaria de Meio Ambiente do município de Imperatriz criassem um parque municipal, no âmbito do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), com fins socioambiental e de pesquisa. Como o município não possuía legislação acerca das UCs, a VALEC proveu o auxílio técnico para que o município implementasse uma legislação local de Unidades de Conservação, de forma que hoje essa área é de preservação e conta com atividades desenvolvidas em parceria com a empresa que opera a ferrovia, para o benefício da comunidade local.

Ainda a respeito da FNS, há o caso da área urbana de Goianira, em Goiás, em que se verificou, no estudo de análise de risco, que a ferrovia ficaria muito próxima à área urbana, o que implicaria na necessidade de mitigação dos efeitos acústicos negativos sobre a população local. Deste modo, a intervenção selecionada foi a proposição da construção de uma barreira acústica vegetal para isolar ferrovia da comunidade, tal proposição resultou de um estudo de modelagem acústica e sonora, incluindo a proposição de espécies de diversos extratos para fazer essa barreira, promovendo, assim, uma curva de deflexão para o som. A modelagem que se mostrou viável foi apresentada e aprovada pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

Ferrovia de Integração Centro Oeste (FICO)

Como último exemplo de interface entre as ferrovias e o território, há o caso do empreendimento da Ferrovia de Integração Centro Oeste (FICO), que teve diversas terras indígenas, Xavante e Xingu, identificadas em sua área de influência, a Noroeste do Mato Grosso. Todas as terras indígenas foram devidamente catalogadas, de forma a garantir o cuidado na manutenção do distanciamento de mais de 10 km entre a ferrovia e cada terra indígena, garantindo distâncias superiores à definida pela Portaria Interministerial 060/2015. Além disso, há a preocupação de realizar estudos complementares, para garantir a preservação de áreas de interesse ambiental neste território.

REFERÊNCIAS

ANTONACCIO, L.; CHIAVARI, J. Fortalecendo os estudos ambientais de concessões federais de infraestrutura terrestre. **Climate Policy Initiative**, [*S. l.*], 2023. Disponível em: https://www.climatepolicyinitiative.org/pt-br/publication/fortalecendo-os-estudos-ambientais-de-concessoes-federais--de-infraestrutura-terrestre/. Acesso em: 28. jun. 2022.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. VALEC Engenharia, Construções e Ferrovias S/A. **Manual de elaboração dos estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental da VALEC**. Brasília, DF: Valec, 2018. Disponível em: https://www.valec.gov.br/documentos/normativos_tecnicos/Estudos_de_viabilidade/Manual-EVTEA-Aprovado-em-28-08-18.pdf. Acesso em: 28. jun. 2022.

BRASIL. Tribunal de Contas da União. **Acórdão n. 1884/2016**. Representação de unidade técnica acerca de irregularidades na dispensa de estudos de viabilidade técnica e econômica em obras de infraestrutura de transportes, de responsabilidade do Dnit. Análise da oitiva. Recorrente: Tribunal de Contas da União. Relator: min. Augusto Nardes, 20 de julho de 2016. Disponível em: https://pesquisa.apps.tcu.gov.br/#/documento/acordao-completo/*/KEY%253AACORDAO-COMPLETO-1750658/DTRELEVANCIA%2520desc/0/sinonimos%253Dfalse. Acesso em: 28. jun. 2022.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA n. 237 de 19 de dezembro de 1997**. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1997. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cecav/images/download/CONAMA%20237_191297.pdf. Acesso em: 28. jun. 2022.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA n. 1 de 23 de janeiro de 1986**. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1986. Disponível em: https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=95508. Acesso em: 28. jun. 2022.

ASPECTOS AMBIENTAIS DE AEROPORTOS E INTERFACES COM ÁREAS URBANAS

Vinicio Rossi Sugui

INTRODUÇÃO

Aeroportos são empreendimentos complexos e potencialmente causadores de impactos que podem afetar o meio ambiente, incluindo as populações que vivem nas áreas urbanas em seu entorno. Ao mesmo tempo, são infraestruturas importantes para o desenvolvimento socioeconômico local e regional, atraindo a ocupação urbana para as suas proximidades.

O Conselho Internacional de Aeroportos (ACI), entidade que representa os interesses coletivos de aeroportos ao redor do mundo, possui um comitê específico sobre meio ambiente com treze áreas focais de atuação (Airports Council International, s.d.b).

Dentre as áreas, citam-se temas que possuem interface direta com áreas urbanas do entorno, tais como emissões de motores de aeronaves e qualidade do ar em aeroportos; ruído aeronáutico e gerenciamento do risco da fauna. Outras áreas focais relevantes às populações são os esforços para descarbonização de aeroportos, bem como adaptação e resiliência às mudanças climáticas.

A interface de aeroportos com aspectos ambientais é tema também de diversos programas e regulamentações de diversas entidades, tais como Organização da Aviação Civil Internacional (OACI), Agência Nacional da Aviação Civil (ANAC), Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), dentre outros.

O presente capítulo tem como objetivo apresentar aspectos ambientais de aeroportos e suas interfaces com as áreas urbanas, bem como elencar os principais programas e normas relacionadas ao tema.

GERENCIAMENTO DO RUÍDO AERONÁUTICO

Aeroportos são capazes de transformar as condições econômicas da região onde são implantados, atraindo negócios e gerando empregos e renda. Ao redor do mundo são diversos os casos em que

essa aproximação da ocupação urbana nas proximidades dos aeródromos gerou conflitos devido aos impactos do ruído aeronáutico.

Quando não gerenciados adequadamente, tais conflitos têm potencial para causar transtornos a quem mora, trabalha ou se diverte no entorno de aeroportos, e ainda resultar em desativação ou redução da capacidade operacional dos aeroportos, prejudicando a economia regional e sub aproveitando uma infraestrutura com alto custo de implantação, manutenção e operação.

Com o propósito de mitigar os impactos relacionados ao ruído aeronáutico, a 33ª Assembleia da OACI, realizada em outubro de 2001, definiu o conceito da abordagem equilibrada no gerenciamento do ruído aeronáutico.

Tal conceito consiste em integrar as diversas políticas de controle de ruído aplicáveis para gestão dos impactos, com a seguinte priorização:

- Atenuação do ruído na fonte: desenvolvimento de aeronaves mais silenciosas;
- Planejamento e gestão do uso do solo no entorno dos aeroportos;
- Procedimentos operacionais nos pousos;
- Restrições operacionais aos aeroportos.

A atenuação de ruído na fonte é objeto de regulamentação internacional na fabricação de aeronaves e a previsão de desativação de equipamentos obsoletos, sendo o tema tratado como prioritário. O planejamento e gestão do uso do solo no entorno dos aeroportos tem o objetivo de equilibrar a operação das aeronaves com a ordenação urbana, estabelecendo por meio de critérios técnicos a melhor forma de ocupação em zonas de ruído.

Alterações nos procedimentos operacionais nos pousos muitas vezes não são aplicáveis, uma vez que os aeroportos já planejam suas operações para garantir maior eficiência e segurança das atividades. Por fim, o último recurso é aplicar restrições operacionais, tais como a suspensão de voos noturnos, ou até a desativação de aeroportos, as quais causam problemas de redução de disponibilidade de serviços de transporte à sociedade e o subaproveitamento de investimentos públicos.

Nota-se, dessa forma, que o planejamento e gestão do uso do solo é o tema cujas ações devem ser tratadas pela sociedade como

um todo, de forma prioritária, uma vez que atua de forma preventiva com maior interface com as áreas urbanas do entorno e necessita de grande integração entre as partes interessadas.

O Regulamento Brasileiro da Aviação Civil RBAC 161 EMD03 (Agência Brasileira de Aviação Civil, 2021b) prevê ferramentas para o gerenciamento do ruído aeronáutico em aeroportos brasileiros, tais como os Planos de Zoneamento de Ruído (PZR) e compatibilidade com o uso do solo, Comissões de Gerenciamento do Ruído Aeronáutico (CGRA) e o monitoramento de ruído.

Os Planos de Zoneamento de Ruído são compostos por curvas de ruído, que são linhas traçadas em um mapa da região do aeroporto, cada uma representando níveis iguais de exposição ao ruído. Dependendo dos critérios operacionais dos aeroportos, os planos podem ser básicos, contemplando curvas de ruído de 65 e 75 dB, ou específicos, que abrangem curvas de 65 a 85 dB.

Assim, é possível visualizar o impacto previsto pelas operações dos aeroportos no entorno em um mapa com os limites geográficos definidos para cada margem de intensidade de pressão sonora, sendo possível determinar quais tipos de uso de solo são compatíveis com cada região, indicando a necessidade de medidas de atenuação de ruído em determinados casos.

Os operadores de aeródromo enquadrados no regulamento devem instituir as Comissões de Gerenciamento de Ruído Aeronáutico para discutir a elaboração, atualização e implantação dos planos de zoneamento, sendo compostos por funcionários e por membros externos convidados envolvidos com as questões. São de responsabilidade das comissões as medidas de mitigação, as comunicações com partes interessadas, o tratamento e compilação das reclamações, bem como a elaboração de relatórios e acompanhamento de projeto de monitoramento de ruído, quando aplicável.

Dessa forma, o gerenciamento do ruído aeronáutico deve ser realizado de forma integrada, envolvendo, além do operador do aeródromo, diversas partes interessadas que impactam e podem ser impactadas pelas operações aeroportuárias.

GERENCIAMENTO DO RISCO DA FAUNA

A primeira colisão entre uma aeronave e a fauna ocorreu em 1905 e foi registrada no diário dos irmãos Wright, porém a primeira

morte decorrente desse tipo de evento aconteceu em 1912, quando um aviador colidiu com uma gaivota nos Estados Unidos e caiu no mar. Desde então, a preocupação com a prevenção desse tipo de acidente evoluiu, à medida que os equipamentos aeronáuticos se desenvolveram, mais resistentes às colisões, mas em outros aspectos mais suscetíveis (Brasil, 2017).

Assim, desde o início da aviação, o tema tem sido objeto de discussão, de forma a viabilizar a operação aeronáutica de forma segura, tanto para as vidas humanas, quanto para a fauna.

O risco da fauna é o risco decorrente da utilização do mesmo espaço, no solo ou ar, por aeronave e a fauna, mensurado por metodologia formal, em termos de probabilidade e severidade, tomando por referência a pior situação estimada no conceito da atividade (Brasil, 2017).

O Regulamento Brasileiro da Aviação Civil RBAC 153-EMD06 (Agência Brasileira de Aviação Civil, 2021a) estabelece ferramentas para o gerenciamento do risco da fauna, tais como a Identificação do Perigo de Fauna (IPF), o Programa de Gerenciamento do Risco da Fauna (PGRF) e a Comissão do Gerenciamento do Risco da Fauna (CGRF).

A IPF é um documento no qual são identificadas as espécies de fauna presentes no aeródromo e no seu entorno que provocam risco às operações aéreas, bem como os principais focos de atração e as medidas para a redução do risco.

A PGRF, com base nos resultados obtidos na IPF, estrutura os procedimentos operacionais para o gerenciamento, de acordo com o risco provocado pela fauna às operações aéreas. É um documento para aplicação contínua no dia a dia da atividade aeroportuária.

A CGRF é comissão instituída pelo operador de aeródromo, que deve convidar à participação representantes de órgãos públicos e demais organizações da sociedade civil cuja participação julgue pertinente para o gerenciamento do risco da fauna provocado por focos atrativos e potencialmente atrativos, situados na Área de Segurança Aeroportuária (ASA).

A ASA é uma área circular do território de um ou mais municípios, definida a partir do centro geométrico da maior pista do aeródromo, com 20 km (vinte quilômetros) de raio, cujos uso e ocupação estão sujeitos a restrições especiais em função da natureza atrativa de fauna.

Assim, o gerenciamento do risco da fauna tem uma abrangência espacial que extrapola os limites do aeroporto, criando uma interface em que impacta e é impactado pelas áreas urbanas do entorno. Ao mesmo tempo em que a existência de fatores atrativos à fauna no entorno, como aterros sanitários, eleva o risco de colisões, a existência de um aeródromo pode ser fator impeditivo à implantação do empreendimento dentro da ASA.

A fim de dispor sobre o controle da fauna nas imediações de aeródromos, a Lei n. 12.725, de 2012, estabelece regras que visam à diminuição do risco de acidentes e incidentes aeronáuticos decorrentes da colisão de aeronaves com espécimes da fauna nas imediações de aeródromos.

Dentre as regras, estão previstas as restrições especiais, limitações na ASA como:

- Proibição de implantação de atividade atrativa de espécimes da fauna;
- Cessação, imediata ou gradual, de atividade atrativa de espécimes da fauna, devendo o responsável pela atividade observar o estrito cumprimento do previsto na legislação ambiental vigente, inclusive quanto à recuperação da área degradada;
- Adequação das atividades com potencial de atração de espécimes da fauna aos parâmetros definidos pela autoridade competente, acompanhada ou não de sua suspensão;
- Implantação e operação de atividades com potencial de atração de espécimes da fauna, observados a autorização e os parâmetros de adequação, ambos definidos pela autoridade competente;

As autoridades competentes para impor tais restrições especiais são a autoridade municipal, na ordenação e controle do uso e ocupação do solo urbano; a autoridade ambiental, no processo de licenciamento ambiental e durante as atividades de fiscalização e controle; e o operador do aeródromo, na administração do sítio aeroportuário.

Dessa forma, o gerenciamento do risco da fauna deve ser realizado de forma integrada, envolvendo, além do operador do aeródromo, diversas partes interessadas que impactam e podem ser impactadas pelas operações aeroportuárias.

GERENCIAMENTO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), a poluição atmosférica é responsável pela morte de aproximadamente 3 milhões de pessoas no mundo (World Health Organization, 2016).

O custo da poluição não se limita apenas à saúde humana, mas também pode gerar outros impactos econômicos, como por exemplo, a degradação de edificações e automóveis devido à corrosão relacionada às emissões de dióxido de enxofre (SO2) e danos às colheitas (Rozendahl, 1998). Além dos problemas diretos relacionados à saúde humana, meio ambiente e à economia, a emissão de poluentes atmosféricos causa efeitos negativos globais relacionados às mudanças climáticas e à degradação da camada de ozônio.

Uma fonte de poluição antropogênica relacionada aos transportes é a aviação e a infraestrutura necessária para a atividade. Segundo a Organização da Aviação Civil Internacional (International Civil Aviation Organization, 2011), os aeroportos estão relacionados a fontes de emissões de poluentes atmosféricos capazes de causar a degradação da qualidade do ar das suas vizinhanças. Dentre as possíveis fontes de emissões, citam-se as próprias aeronaves, as atividades relacionadas aos terminais de passageiros, os equipamentos de auxílio em solo e o tráfego de veículos.

As medidas de controle de emissões de poluentes atmosféricos em aeroportos seguem quatro estratégias: regulatórias, operacionais, econômicas e de infraestrutura (International Civil Aviation Organization, 2011).

Um exemplo de medida regulatória é o Regulamento Brasileiro da Aviação Civil RBAC 34 (Agência Brasileira de Aviação Civil, 2021c), que estabelece requisitos para drenagem de combustível e emissões de motores de aeronaves dos poluentes óxidos de Nitrogênio (NO_X), Monóxido de Carbono (CO), Hidrocarbonetos (HC), Dióxido de Enxofre (SO_2) e Material Particulado (MP). Nota-se, entretanto, que o regulamento abrange as aeronaves em si, porém não estabelece estratégias para aeroportos e outras partes interessadas do entorno no gerenciamento das emissões de poluentes atmosféricos.

A legislação brasileira atualmente não prevê medidas de controle e gerenciamento de emissões atmosféricas e qualidade do ar específicas para o setor aeroportuário. A Resolução CONAMA n. 491/2018

é um exemplo de regulamento que dispõe sobre a qualidade do ar de forma genérica, ao qual os aeroportos também devem estar conformes.

Outros exemplos de ferramentas de controle das emissões atmosféricas são os processos de licenciamento ambiental dos aeroportos, que podem abranger Estudos de Impacto Ambiental (EIA), condicionantes de licenciamento ambiental, Inventários de Emissões de Poluentes Atmosféricos, Estudos de Dispersão de Poluentes Atmosféricos, dentre outros.

AEROPORTOS E MUDANÇAS CLIMÁTICAS

A preocupação da comunidade científica mundial e da sociedade, em geral, com relação aos impactos ambientais gerados pela atividade aérea, iniciou-se com o objetivo de minimizar os problemas ambientais de abrangência local (Simões, 2003 apud Coelho, 2006).

Em 1998, em consequência do Protocolo de Kyoto, a International Civil Aviation Organization — ICAO (ou "OACI" em português) e o International Panel on Climate Change — IPCC prepararam um estudo sobre os efeitos mundiais das atividades aeroportuárias na atmosfera. Publicado em 1999, o estudo Aviation and the Global Atmosphere considerou o ano de 1990 como base e estimou que o crescimento do transporte aéreo fosse mais rápido que a economia global, com o valor provável de 5% ao ano até 2050 (Benito, 2005 apud Coelho, 2006).

Como consequência do acréscimo do tráfego aéreo, tem-se o aumento no consumo de combustíveis fósseis, elevando assim as emissões de gases do efeito estufa na atmosfera.

O efeito estufa é um fenômeno natural, porém são as atividades econômicas e industriais que o intensificam cada dia mais, resultando no aquecimento acentuado do planeta. Os gases de efeito estufa (GEE), tanto por fontes antrópicas quanto naturais são os responsáveis pelo fenômeno. A intensificação do efeito estufa é a grande causadora de mudanças climáticas. Segundo Rocha (2003), as ações decorrentes de atividades humanas têm provocado alterações na biosfera.

Com o objetivo de se entender, quantificar e gerenciar emissões de GEE, foi originalmente desenvolvida, nos Estados Unidos, em 1998, pelo World Resources Institute (WRI), a ferramenta GHG Protocol, que é hoje o método mais usado mundialmente pelas empresas e governos para a realização de inventários de GEE. É também compatível com

a norma ISO 14.064 e com os métodos de quantificação do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC).

A fim de oferecer uma ferramenta para mensurar as emissões de GEE em aeroportos, o Conselho Internacional de Aeroportos (ACI) desenvolveu o ACERT (Airport Carbon and Emissions Reporting Tool). A metodologia de cálculo é compatível com o GHG Protocol e com o Manual de Orientação de Gerenciamento de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Aeroporto do ACI.

A metodologia do ACERT, tal qual do GHG Protocol, define as emissões como diretas ou indiretas. As emissões diretas vêm de fontes pertencentes ou controladas pela entidade que relata. As emissões indiretas são uma consequência das atividades da entidade que relata, mas ocorrem em fontes pertencentes ou controladas por outra entidade.

As metodologias categorizam ainda mais essas emissões diretas e indiretas em três escopos amplos:

Escopo 1: Todas as emissões diretas de GEE.

Escopo 2: Emissões indiretas de GEE do consumo de eletricidade, calor ou vapor adquiridos.

Escopo 3: Outras emissões indiretas, como:

- A extração, produção e transporte de materiais e combustíveis adquiridos;
- Atividades relacionadas ao transporte em veículos não pertencentes ou controlados pela entidade que relata;
- Atividades terceirizadas;
- Eliminação de resíduos etc.

O programa de acreditação de carbono em aeroportos (Airport Carbon Accreditation [ACA]) da ACI possui seis níveis divididos nas seguintes etapas: mapeamento, redução, otimização, neutralização, transformação e transição. O nível de mapeamento tem o objetivo de determinar as fontes de emissões dentro dos limites operacionais da empresa aeroportuária, calcular as emissões anuais de carbono e compilar um relatório de pegada de carbono, abrangendo as emissões de Escopo 1 e 2.

Para o nível de redução, são previstas as mesmas etapas do mapeamento, adicionando evidências de redução das emissões de GEE. O nível de otimização contempla, além do conteúdo dos dois

níveis anteriores, as emissões de Escopo 3. O nível de neutralização é referente a todas as emissões, Escopo 1 e 2, controladas pelo aeroporto.

Em 2020 foram introduzidos os dois últimos níveis, de Transformação e de Transição, que estabelecem obrigações adicionais a saber:

- Alinhamento com o Acordo de Paris: exige que os aeroportos alinhem suas estratégias e planos de gestão de carbono com a ambição do Acordo de Paris, segundo o qual o aquecimento global deve ser limitado a menos de 2°C e idealmente 1,5°C. Esses objetivos foram traduzidos em cenários de redução de emissões pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), e os aeroportos terão que definir suas metas de redução e caminhos de emissões associados ao acordo.
- Pegada de carbono estendida: fontes de emissões adicionais devem ser incluídas, cobrindo notavelmente todas as emissões operacionais significativas de terceiros, incluindo companhias aéreas.
- Engajamento aprimorado das partes interessadas: os requisitos relacionados ao engajamento das partes interessadas são reforçados, com parcerias eficazes orientadas para a redução de emissões em destaque.

> Nota-se, entretanto, que o programa de acreditação ACA é voluntário e atualmente há pouca ou nenhuma regulamentação sobre o assunto no Brasil. Em 13 de abril de 2021, a Companhia Ambiental de São Paulo (CETESB) publicou a Decisão de Diretoria (DD) n. 035/2021/P, que dispõe sobre os critérios para a elaboração do inventário de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) no Estado de São Paulo. Ressalta-se, entretanto, que a referida DD possui um objetivo de diagnóstico, não abrangendo medidas de controle e redução de emissões de GEE.

CONCLUSÃO

Os aeroportos possuem potencial para impactar as áreas urbanas de seu entorno, em especial devido aos aspectos relacionados ao ruído aeronáutico, risco da fauna e emissões de poluentes atmosféricos. Dentro do setor de transportes, contribuem também com as emissões de gases do efeito estufa e com o agravamento das mudanças climáticas.

O ruído aeronáutico e o risco de fauna são aspectos amplamente discutidos ao longo dos anos e a regulamentação no Brasil, em especial pela Agência Nacional da Aviação Civil, estabelece diversos critérios para o gerenciamento, envolvendo diversas partes interessadas no processo.

O gerenciamento de emissões atmosféricas, entretanto, não possui regulamento específico para o setor aeroportuário no Brasil, sendo o tema tratado por normatização geral e nos processos de licenciamento ambiental dos empreendimentos. Quanto às medidas de enfrentamento às mudanças climáticas, não há qualquer regulamentação brasileira que fortaleça ações de redução e neutralização para contribuição do setor ao atendimento aos compromissos do país perante o Acordo de Paris.

Dessa forma, o gerenciamento dos aspectos ambientais de aeroportos possui diferentes níveis de maturidade. Percebe-se que a integração entre as partes interessadas, regulamentação e sistemas bem estabelecidos de gestão são importantes ferramentas para a harmonia com o meio ambiente e a sociedade.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE AVIAÇÃO CIVIL. **RBAC 153 EMD06, de 15 de março de 2021**. Aeródromos: operação, manutenção e resposta à emergência. Curitiba: ANAC, 2021a. Disponível em: https://www.passeidireto.com/arquivo/118328680/rbac-153-emd-06. Acesso em: 13 nov. 2023.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE AVIAÇÃO CIVIL. **RBAC 161 EMD03, de 26 de fevereiro de 2021**. Planos de Zoneamento de Ruído de Aeródromos (PZR). Curitiba: ANAC, 2021b. Disponível em: https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-161. Acesso em: 13 nov. 2023.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE AVIAÇÃO CIVIL. **RBAC 34 EMD07, de 22 de novembro de 2021**. Requisitos para drenagem de combustível e emissões de motores de aeronaves. Curitiba: ANAC, 2021c. Disponível em: https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-034. Acesso em: 13 nov. 2023.

AIRPORT CARBON ACCREDITATION. *Homepage*. **Airport Carbon Accreditation**, [*S. l.*], s. d. Disponível em: https://www.airportcarbonaccreditation.org//. Acesso em: 30 jul. 2022.

AIRPORTS COUNCIL INTERNATIONAL. Airport Carbon and Emissions Reporting Tool (ACERT) v. 5.1. **Airports Council International**, [*S. l.*], s.d.a. Disponível em: https://aci.aero/About-ACI/Priorities/Environment/ACERT/. Acesso em: 12 jun. 2020.

AIRPORTS COUNCIL INTERNATIONAL. Environment. **Airports Council International**, [*S. l.*], s.d.b. Disponível em: https://aci.aero/advocacy/environment/. Acesso em: 29 jul. 2022.

AIRPORTS COUNCIL INTERNATIONAL. **Guidance manual**: airport greenhouse gas emissions management. [*S. l.*]: Airports Council International, 2009.

BRASIL. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Decisão de diretoria n. 035/2021/p, de 13 de abril de 2021**. Dispõe sobre os critérios para a elaboração do inventário de emissões de gases de efeito estufa que deverão enviar o inventário de emissões para a CETESB no Estado de São Paulo e dá outras providências. Relatora: Patrícia Iglecias, 13 de abril de 2021d. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2021/04/DD-035-2021-P-Criterios-para-a-elaboracao-do-inventario-de-emissoes-de-gases-de-efeito-estufa-no-Estado-de-Sao-Paulo-e-da-outras-providencias.pdf. Acesso em: 13 nov. 2023.

BRASIL. **Lei n. 12.725, de 16 de outubro de 2012**. Dispõe sobre o controle da fauna nas imediações de aeródromos. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12725.htm. Acesso em: 13 nov. 2023.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **MCA 3-8**: Manual de Gerenciamento de Risco de Fauna. Brasília, DF: Cenipa, 2017.

COELHO, P. I. de S. **A importância da localização de um aeroporto na qualidade do ar**: o caso da expansão do aeroporto Santos Dumont na cidade do Rio de Janeiro. 2006. 152 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia de Transporte) —Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: http://redpgv.coppe.ufrj.br/arquivos/tese_patricia_ingrid.pdf. Acesso em: 13 nov. 2023.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. **Airport air quality manual**. 1. ed. Montreal, CA: OACI, 2011.

ROCHA, T. M. **Aquecimento global e o mercado de carbono:** uma aplicação do Modelo Cert. 2003. 214 f. Tese (Doutorado Ciências) — Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11132/tde-13052003-163913/publico/marcelo. Acesso em: 13 nov. 2023.

ROZENDAHL, K. E. **Social costs of air pollution and fossil fuel use**: a macroeconomic approach. Oslo, NO: Statistics Norway, 1998.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Ambient air pollution**: a global assessment of exposure and burden of disease. Geneva: WHO, 2016.

TRANSPORTE AÉREO E INTERFACES COM AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Fued Abrão Junior

INTRODUÇÃO

O transporte aéreo é um importante modo de integração e conectividade, permitindo o deslocamento de pessoas e cargas em menor tempo. De acordo com a IATA (O valor [...], 2019), o transporte aéreo é responsável por mais de 800.000 empregos diretos e indiretos, $18,8 bilhões de dólares gerados à economia nacional e representa, somado ao turismo que faz uso do setor, aproximadamente 1,1% do Produto Interno Bruto brasileiro. Nesse sentido, ele, o transporte aéreo, por criar "pontes" e viabilizar conexões rápidas entre localidades, gera significativo fluxo de pessoas, de bens e serviços, beneficiando consumidores e a economia em geral. Somente no ano de 2019, foram realizados 951 mil voos regulares e não-regulares e transportados 119,4 milhões de passageiros domésticos e internacionais, maior marca da série desde 2010 (Agência Nacional de Aviação Civil, 2020). Contudo, em razão da pandemia (covid-19), 2020 e 2021 registraram uma drástica queda operacional, iniciando a retomada em 2022. Em outro contexto, observa-se a tendência de aumento da ocorrência de eventos climáticos extremos, exigindo ações de mitigação e adaptação (Climate [...], 2022).

Este capítulo tratará da organização do sistema de aviação civil e suas interfaces com as mudanças climáticas em termos de mitigação e adaptação.

ENTENDENDO O SETOR

É importante conhecer a estrutura do setor aéreo para compreender sua organização e as competências de cada integrante do sistema de aviação. Quando se trata de mitigação e adaptação às mudanças climáticas, diferentes atores e responsabilidades são envolvidas.

Estrutura Operacional

O sistema aéreo brasileiro, a exemplo de outros países, é composto por subpartes. Dentre eles, tem-se: navegação aérea, tráfego aéreo, infraestrutura aeronáutica, aeronaves, tripulação e serviços direta ou indiretamente relacionados ao voo (Brasil, 1986). A infraestrutura aeronáutica, por sua vez, compreende órgãos, instalações ou estruturas terrestres de apoio à navegação aérea. Um dos sistemas que integram essa infraestrutura é o aeroportuário, que é um aeródromo, área destinada a pouso, decolagem e movimentação de aeronaves, dotado de subsistemas de pistas de pouso, pistas de táxi, pátio de estacionamento de aeronaves, terminal de carga aérea, terminal de passageiros e facilidades de suporte, tais como o suprimento de energia elétrica, água, combustíveis, alimentos e outros.

Governança

Entender a governança do setor permite identificar as intuições, suas competências e responsabilidades, como por exemplo, normatizar e regular o uso do espaço aéreo.

Secretaria Nacional de Aviação Civil (SAC)

Criada em 2011, a SAC tem a competência, dentre outras, de: a) formular, coordenar e supervisionar as políticas para o desenvolvimento do setor de aviação civil; b) elaborar estudos e projeções relativos aos assuntos de aviação civil e de infraestruturas aeroportuária e aeronáutica civil; c) propor e implementar o planejamento estratégico do setor, definindo prioridades dos programas de investimentos; e d) administrar recursos e programas de desenvolvimento da infraestrutura de aviação civil (Brasil, 2011). No que se refere à mitigação e adaptação, a Secretaria também pode estabelecer políticas para o setor que incorporem as mudanças climáticas.

Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC)

Criada em 2005, a ANAC tem a competência, dentre outras, de: a) emitir regras sobre segurança em área aeroportuária e a bordo de aeronaves civis; b) conceder, permitir ou autorizar a exploração

de serviços aéreos e de infraestrutura aeroportuária; c) registrar e cadastrar os aeródromos; d) fiscalizar serviços aéreos e aeronaves civis; e) emitir certificados de aeronavegabilidade atestando aeronaves, produtos e processos aeronáuticos e oficinas de manutenção; e f) representar o Brasil junto a organismos internacionais de aviação e negociar acordos e tratados sobre transporte aéreo internacional (Brasil, 2005). É a ANAC, portanto, a entidade brasileira que integra o Comitê de Proteção Ambiental da Aviação (CAEP, em inglês) da Organização Internacional da Aviação Civil (OACI).

Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA)

O Departamento é subordinado ao Comando da Aeronáutica das Força Aérea Brasileira (FAB), órgão integrante do Ministério da Defesa, que tem a competência, dentre outras, de: planejar, gerenciar e controlar as atividades relacionadas com o controle do espaço aéreo, a proteção ao voo, o serviço de busca e o salvamento e as telecomunicações do Comando da Aeronáutica (Brasil, 2009). Portanto, é o DECEA que define e implementa os procedimentos de navegação aérea, sendo ele a autoridade competente no âmbito brasileiro.

Infraero e Operadores Aeroportuários

Criada em 1972, a Infraero é uma empresa pública federal com a finalidade implantar, administrar, operar e explorar industrial e comercialmente a infraestrutura aeroportuária que lhe for atribuída pela Secretaria de Aviação Civil do Ministério de Infraestrutura (Brasil, 1972). Com a abertura do mercado de aeroportos por meio de concessões, diferentes operadores aeroportuários nacionais e estrangeiros também atuam no Brasil e, assim como a Infraero, são responsáveis por operar e administrar os aeroportos a eles autorizados, bem como adotar boas práticas em prol da mitigação e adaptação às mudanças climáticas de suas instalações.

Operadores Aéreos

Os operadores aéreos são pessoas físicas ou jurídicas que prestam serviços aéreos (Brasil, 1986). No âmbito do transporte regular de passageiros, existem empresas ou companhias aéreas autorizadas e certificadas (Agência Nacional de Aviação Civil, 2022). Cabe a eles,

dentre outras ações, cumprir os acordos internacionais no que se refere a descarbonização de suas operações (Resolution [...], 2016).

Organização da Aviação Civil Internacional (ICAO)

Conhecer as organizações internacionais e nacionais do setor é importante, uma vez que muitos dos compromissos assumidos com relação à mitigação e adaptação às mudanças climáticas decorrem de acordos e diretrizes estabelecidas por esses organismos, os quais são, no geral, aplicados por seus países membros.

O Brasil é integrante da Organização da Aviação Civil Internacional (ICAO, em inglês), agência especializada da Organização das Nações Unidas (ONU), criada em 1944, com o objetivo de desenvolver os princípios e as técnicas da navegação aérea internacional, bem como fomentar o planejamento e o desenvolvimento do transporte aéreo internacional. Ela é responsável por elaborar normas e práticas recomendadas que tratem de diferentes temas aplicados à aviação civil. No que se refere ao meio ambiente, o "Anexo IV — Proteção ambiental" dispõe de volumes que tratam, dentre outros subtemas, de emissão de CO_2 de aeronaves e esquema de compensação e redução de CO_2 da aviação internacional. Em 2016, durante a 39° Assembleia, foi estabelecido o Esquema de Compensação e Redução de Carbono para Aviação Internacional (CORSIA, em inglês), com o objetivo de reduzir as emissões de CO_2 para voos internacionais e, consequentemente, o impacto da aviação nas mudanças climáticas (Resolution [...], 2016).

Associação Internacional de Transporte Aéreo (IATA)

A Associação Internacional de Transporte Aéreo (IATA, em inglês) é uma organização que representa a indústria aeronáutica e empresas áreas. Entre seus objetivos estão apoiar as empresas aéreas a operar com segurança, eficiência e economia. Além disso, presta suporte na formulação de políticas e padrões para o setor, oferta de capacitação profissional e serviços especializados.

Conselho Internacional de Aeroportos (ACI)

O Conselho Internacional de Aeroportos (ACI, em inglês) é uma organização internacional de aeroportos que possui entre seus

objetivos a representação dos interesses dos aeroportos junto aos formuladores de políticas internacionais e nacionais, promoção da colaboração entre aeroportos, governos, partes interessadas do setor e organizações internacionais. Também participa de atividades de conscientização pública sobre a importância social e econômica dos aeroportos. Por meio da acreditação de carbono (ACA), o Conselho promove a certificação de aeroportos que se comprometem com a mitigação, compensação ou neutralização de gases de efeito estufa (GEE), em especial o CO^2.

MITIGAÇÃO E ADAPTAÇÃO ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

As mudanças climáticas podem ser gerenciadas sob duas perspectivas: mitigação e adaptação. A primeira diz respeito a ações com o objetivo de reduzir ou compensar as emissões de gases de efeito estufa, sendo o CO^2 de maior interesse. A segunda, refere-se às ações focadas na adaptação com o objetivo de tornar os sistemas mais resilientes e adaptados a novos padrões e extremos climáticos. De acordo com ICAO, o setor aéreo responde por aproximadamente 2% das emissões antropogênicas globais de CO^2, incluindo aviação internacional e doméstica (2019 Environmental [...], 2019, p. 111).

Mecanismos de Mitigação

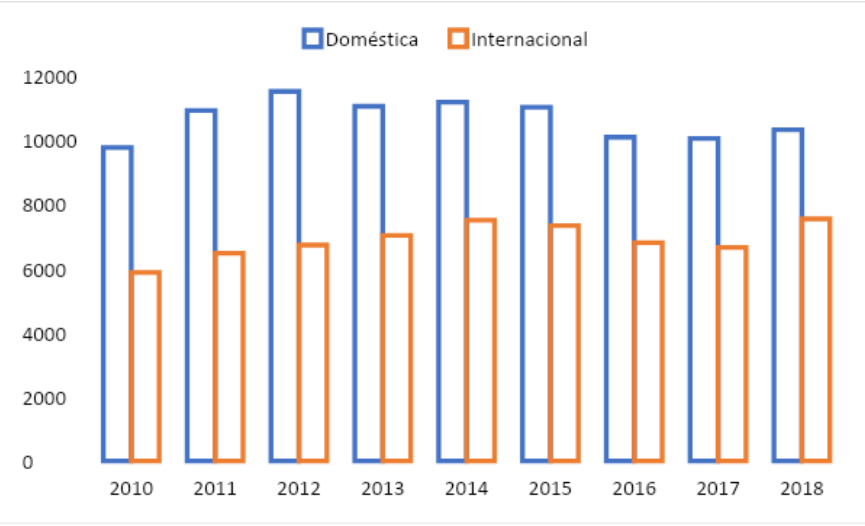
Esquema de Compensação e Redução de Carbono (CORSIA)

O Corsia é um mecanismo da aviação civil internacional de redução e de compensação de emissões de gases de efeito estufa e integra as demais ações do setor no que se refere a melhorias tecnológicas, operacionais e uso de combustíveis sustentáveis. A meta do setor é ter crescimento neutro de carbono a partir de 2020 e chegar em 2050 a somente 50% das emissões registradas em 2005 (Resolution [...], 2010). A implementação do Corsia ocorre em fases, sendo: a) fase de monitoramento (2019-2020), que servirá de linha de base das emissões; b) fase piloto (2021-2023); c) primeira fase (2024-2026); e d) segunda fase (2027-2035). As fases iniciais são voluntárias, cabendo a compensação das emissões considerando a linha de base. A partir da segunda fase, a adoção do mecanismo se torna obrigatória para os países membros, o que inclui o Brasil.

No âmbito brasileiro, a contabilização das emissões que compõem o Esquema foi regulamentada pela Resolução ANAC n. 496/2018, que estabelece o monitoramento, o reporte e a verificação de dados de emissão de dióxido de carbono (CO^2) relativos ao transporte aéreo internacional. Pela Resolução, a partir de 2020, as operadoras aéreas nacionais que operam voos internacionais devem elaborar Relatórios Anuais de Emissões, constando os dados referentes à totalidade dos voos internacionais e as emissões de CO^2 provenientes de voos técnicos ou de redirecionamento de aeronaves (Agência Nacional de Aviação Civil, 2018).

De acordo com o Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas da Aviação Civil, as emissões provenientes da queima de combustíveis de aviação civil totalizaram 157.941,3 Gg ou 157.941.300t entre 2010 e 2018 (Agência Nacional de Aviação Civil, 2019a, p. 30). A maior contribuição é da aviação doméstica, como pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 – Emissões CO2eq da Aviação Civil em Gigagrama (Gg=1.000 toneladas).



Fonte: Agência Nacional de Aviação Civil (2019b).

De acordo com Plano de Ação para a Redução das Emissões de CO^2 da Aviação Civil Brasileira, a projeção da economia de combustível com a melhoria de eficiência no consumo de combustíveis será de aproximadamente 6,59%, em 2050, em relação à

linha de base, sendo 3,41% da redução devido às ações de eficientização das empresas aéreas e 3,18% às ações de otimização de procedimentos de navegação a cargo do DECEA (Agência Nacional de Aviação Civil, 2019b). Ao final do período projetado, de 2016 a 2050, a economia de combustível (QAv) estimada é de 15 Mton, correspondente a 47 milhões de toneladas de CO^2 evitados (1 kg QAv = 3,16 kg CO).

Acreditação de Carbono de Aeroportos (ACA)

Como comentado inicialmente, a ACA é um programa global de gerenciamento de carbono para aeroportos suportado pela ACI, que avalia e reconhece de forma independente os esforços dos aeroportos para gerenciar e reduzir suas emissões de CO^2 em seis níveis de certificação (Airport Carbon Accreditation, 2020). Seus critérios de avaliação consideram:

- Mapeamento (Nível 1): exige a contabilização das emissões do aeroporto;
- Redução (Nível 2): exige que aeroporto gerencie e reduza as emissões de CO^2;
- Otimização (Nível 3): exige o engajamento de terceiros que desempenham atividades no aeroporto, como companhias aéreas, prestadores de serviços e meios de acesso (transporte) ao aeroporto;
- Neutralidade (Nível 3+): exige os níveis de Mapeamento, Redução e Otimização, além da compensação das emissões residuais que não puderam ser neutralizadas;
- Transformação (Nível 4): exige uma mudança radical a gerenciamento das emissões, com a definição de estratégia de longo prazo orientadas a reduções absolutas; e
- Transição (Nível 4+): exige o nível de Transformação, mais a compensação das emissões residuais que não puderam ser neutralizadas.

Até o primeiro semestre de 2022, o programa contabilizou 400 aeroportos certificados nos diferentes níveis, sendo: 52 na América do Norte, 54 na América Latina e Caribe, 207 na Europa, 23 na África e 64 na Ásia. O Brasil possui quatro aeroportos certificados em nível 1, um em nível 2 e outro em nível 3.

Para ser certificado em cada nível, ações e investimentos são necessários. Estes investimentos vão desde aquisição de suprimentos com menor pegada carbono, passando pela substituição de componentes, equipamentos, sistemas e formas construtivas até a produção de energia renovável e a recirculação de materiais. SAC e ANAC (Agência Nacional da Aviação Civil, 2019b) apresentam exemplos de investimentos realizados por aeroportos brasileiros, dentre os quais:

- Substituição de luzes convencionais de iluminação e balizamento por *led*;
- Implantação de sistema de 400Hz para o suprimento de energia elétrica a aeronaves em substituição a geradores ou APU (do inglês, *Auxiliary Power Unit*);
- Adoção de ações para a redução do consumo de energia e, consequentemente, do CO^2 equivalente;
- Implantação de energia renovável;
- Substituição de veículos e equipamento por modelos mais modernos e com melhor eficiência no consumo de combustível;
- Substituição de veículos operacionais a diesel por elétricos;
- Gerenciamento de resíduos, ampliando o reaproveitamento e reciclagem.

Medidas de Adaptação

Embora o setor de aviação contribua com aproximadamente 2% do total de emissões antropogênicas de gases de efeito estufa e opere com segurança e eficiência em diferentes condições meteorológicas e climáticas, as mudanças climáticas representam alterações de padrões, incluindo o aumento na frequência ou intensidade de eventos extremos que podem comprometer a atual capacidade do sistema de aviação (Climate [...], 2018, p. 1). Esse comprometimento pode causar danos à infraestrutura e às operações aeroportuárias, trazendo consequências econômicas, sociais e materiais. Por esse motivo, medidas de adaptação são necessárias.

Com base no IPCC (Climate [...], 2022), adaptação, no contexto das mudanças climáticas, pode ser entendida como o processo de adequação às condições climáticas atuais ou futuras, com o objetivo

evitar ou reduzir danos ou fazer bom uso das possíveis oportunidades benéficas que surgirem. Já a resiliência pode ser concebida como a capacidade dos sistemas em lidar com eventos adversos ou disruptivos, respondendo ou se reorganizando de maneira a manter suas funcionalidades, identidade e estruturas essenciais. Trata-se, portanto, de um aspecto positivo quando se trata de adaptação em situações de vulnerabilidade, que é propensão ou predisposição a ser adversamente afetada (Climate [...], 2022).

No âmbito do sistema de aviação, as interfaces com aspectos meteorológicos e climáticos são amplas; consequentemente, os efeitos das mudanças climáticas podem ser avaliados sob diferentes enfoques. Não obstante, as consequências operacionais ou funcionais podem ser avaliadas em termos de atrasos, cancelamentos e acidentes. Estas, por sua vez, ocorrem em situações de aeronaves em voo ou em solo. No primeiro caso, por exemplo, uma aeronave pode sofrer em razão de condições meteorológicas adversas durante o trajeto. Por outro lado, uma decolagem pode ser cancelada em razão de limitação de infraestrutura ou danos causados por adversidades meteorológicas semelhantes, por exemplo, um aeroporto que possui pista com comprimento reduzido poderá ter suas operações interrompidas em decorrência de intensa precipitação.

A Tabela 1 abaixo apresenta alguns impactos de eventos climáticos e as possíveis medidas de adaptação.

Tabela 1 – Impactos de eventos climáticos e possíveis medidas de adaptação.

Eventos	Impacto	Medidas
Condições meteorológicas adversas (geralmente combinados: tempestades, cúmulo-nimbo, baixa visibilidade, rajadas de vento, etc.)	Desvios de rotas de aeronaves, atrasos, cancelamos, acidentes e fechamento de aeroportos. Redução de capacidade aeroportuária. Danos à infraestrutura aeroportuária e de navegação aérea.	Confecção de novas rotas e procedimentos. Investimento em sistemas preditivos e de monitoramento meteorológico. Desenvolvimento e implantação de plano de adaptação. Aumento da resiliência do aeroporto.

Eventos	Impacto	Medidas
Altas temperaturas e ondas de calor	Danos superficiais e profundos ao pavimento de pistas, *taxiways* e pátios. Redução da vida útil do pavimento. Deterioração de juntas de dilatação dos pavimentos. Aumentos de objetos particulados na pista decorrentes da degradação do pavimento. Aumento da demanda por energia e água, e consequente aumento das despesas. Redução do peso máximo de decolagem e de desempenho. Demanda por mais pista para fins de decolagem e maior habilidade para subida. Maior uso de motores e consequente aumento do consumo de combustível e de emissões.	Sistema de resfriamento via aspersão de água. Emprego de materiais mais resistentes a altas temperaturas. Restrições do peso permitido para uso do sistema de pistas. Inspeções e manutenção preventiva e corretiva. Reposição de juntas de dilatação. Modificação da infraestrutura quando necessário. Suprimento alternativo de água (reuso, poços e outros) e energia (usina solar, geradores e outros). Implantação de soluções de engenharia. Aumento do comprimento da pista.
Precipitações extremas	Acúmulo de água sobre os sistemas de pistas. Transbordamentos e alagamento de áreas operacionais por incapacidade de absorção do sistema de drenagem. Danos no sistema de pistas e outras infraestruturas. Dificuldades de acesso de passageiros e empregados ao aeroporto. Aumento do potencial de contaminação ambiental pelo arraste de contaminantes (oleosos, por exemplo).	Implantação de *grooving* e camada porosa. Implantação de sistema de drenagem mais robustos ou adoção de alternativas de escoamento. Proteção de estruturas vulneráveis. Melhor ocupação do solo aeroportuário. Desenvolvimento de projetos de engenharia mais resilientes. Adoção de sistemas de contenção de efluentes oleosos.
Eventos convectivos	Interrupção parcial ou total das operações. Destruição ou desativação dos instrumentos de navegação. Danos à infraestrutura.	Melhora do sistema preditivo e de alerta. Revisão dos sistemas de gerenciamento da aeronave.

Eventos	Impacto	Medidas
Descargas atmosféricas	Alteração no sistema de controle da aeronave. Necessidade de mudança de rota. Danos à infraestrutura. Interrupção do fornecimento de energia.	Investimento em novas tecnologias de segurança. Criação de rotas alternativas às áreas com maior incidência de descargas. Implantação de sistemas de proteção a descargas atmosféricas. Disposição de redundância ou fontes alternativas de energia.
Seca	Em combinação com o aumento de temperatura, ondas de calor. Restrição do abastecimento de água. Incêndios em áreas gramadas.	Incluir esse tipo de condição no sistema de planejamento das operações, adotando procedimentos preventivos. Reserva de água e uso de fontes alternativas de abastecimento. Corte contínuo de áreas gramadas. Disposição de estrutura de combate a incêndios.

Fonte: Abrão Junior (2018); Climate [...] (2018).

Em pesquisa realizada pela ICAO (Climate [...], 2018) junto a membros de cada continente, constatou-se que:

- 72% dos entrevistados esperam ou estão sendo impactados (20%) pelo aumento do nível do mar;
- 86% informaram que esperam ou já sofrem (52%) o aumento da intensidade de tempestades;
- 91% esperam ou já estão (58%) sendo afetados por altas ou extremas temperaturas;
- 86% esperam ou já identificam (55%) mudanças nos padrões de precipitação;
- 63% esperam ou já verificam (31%) mudanças nos padrões de ventos; e
- 58% esperam ou já observam impactos das mudanças climáticas nos negócios do setor, sendo as mudanças na demanda e nos padrões de tráfego aéreo os principais impactos.

A exemplo do apresentado na Tabela 1, TRB (Airport [...], 2012) identificou riscos para aeroportos em decorrência das mudanças climáticas e, usando estudos de casos e revisão complementar, relacionou as ações que os aeroportos têm adotado frente a esses riscos. No mesmo sentido, TRB (Climate [...], 2015) desenvolveu um

guia para entender e tratar os riscos das mudanças climáticas sob perspectiva de que essa abordagem é componente chave da resiliência aeroportuária. Nesse contexto, as boas práticas internacionais recomendam o desenvolvimento de planos de adaptação (Climate [...], 2022).

No âmbito brasileiro existem alguns esforços para melhor endereçamento do tema, mas ainda há muitos avanços a serem feitos em termos de pesquisas, políticas aplicadas e aporte de recursos. Atenção especial deve ser dada aos aeroportos costeiros — a exemplo do Santos Dumont (RJ), Galeão (RJ) e Recife (PE) — em razão de maior exposição a mudanças e eventos extremos. Abrão Junior (2018) realizou análises de impacto das condições meteorológicas nas operações aeroportuárias em quatro aeroportos brasileiros e propôs estimar suas resiliências segundo elementos de infraestrutura. Na análise, algumas medidas de adaptação foram consideradas:

- Ampliação do sistema de pistas;
- Implantação de anti-*skid*, tratamento especial das superfícies de pistas que aumenta o nível de atrito;
- Implantação de auxílios de navegação aérea, como ILS (do inglês, *instrument land system*), que auxilia o pouso em situações de baixa visibilidade; e
- Implantação de auxílios meteorológicos, que permitem melhor acurácia das condições meteorológicas.

Todas essas medidas dependem de prévia análise e planejamento, incluindo financeiro. Por esse motivo, entendendo que cada infraestrutura aeroportuária possui características comuns, mas em contextos ambientais e locacionais diferentes, deve-se aplicar as boas práticas ou recomendações das organizações competentes, como a elaboração de planos de adaptação (Climate [...], 2018; 2019 Environmental [...], 2019; Climate [...], 2015).

CONCLUSÃO

Como inicialmente apresentado, o sistema de aviação é complexo, composto por estruturas físicas e operacionais e organizações com competências distintas. Nesse sentido, quando se trata de mitigação e adaptação às mudanças climáticas, diferentes níveis de responsabilidades são assumidos. A Secretaria Nacional

da Aviação Civil pode definir políticas e direcionar o setor para a incorporação das variáveis climáticas no planejamento. Cabe à ANAC regulamentar boas práticas adotadas pelo setor no âmbito internacional, em especial aquelas emanadas da ICAO. Ao DECEA, implementar procedimentos de navegação aérea que reduzam emissões e que tragam resiliência operacional. Às empresas áreas e indústria aeronáutica, incorporar medidas de mitigação, quer seja pela via de compensação, quer seja pela neutralização por meio de combustíveis sustentáveis. Além disso, adaptar procedimentos e equipamentos, o que inclui as aeronaves, devem ser adotados para nos tornarmos mais resilientes.

Quanto aos aeroportos, que são os elos entre o ar e a terra, há o desafio de se tornarem mais sustentáveis quanto às emissões de gases de efeito estufa, notadamente o CO^2, bem como mais resilientes e adaptados. Quanto a este último, verificou-se que diferentes subsistemas ou componentes são ou podem ser impactados pelos eventos climáticos, cujas boas práticas internacionais indicam a necessidade de elaboração e execução de planos de adaptação. Os planos definirão quais investimentos deverão ser priorizados e despendidos para aumentar a resiliência. Assim, se o aeroporto está mais vulnerável a ondas de calor e seca, é provável que os esforços se concentrem em sistemas de reserva e suprimentos redundantes de água. Por outro lado, se o aeroporto está mais vulnerável a precipitações intensas, talvez a prioridade seja sistemas de drenagem mais robustos e auxílios de navegação aérea. E, se o maior impacto são mudanças nos padrões de ventos que comprometam o uso da pista, é possível que a construção de uma nova seja a solução de adaptação. Por fim, frente aos impactos das mudanças climáticas no setor, exige-se que cada organização, conforme seu nível de competência, adote medidas para fins de mitigação e adaptação, sem a qual o setor poderá sofrer crises importantes em decorrência de prejuízos econômicos, materiais e humanos.

REFERÊNCIAS

2019 ENVIRONMENTAL report: aviation and environment — destination green- The next chapter. Montreal, CA: ICAO, 2019. Disponível em: https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/ICAO-ENV-Report-2019-F1-WEB%20(1).pdf. Acesso em: 13 nov. 2023.

ABRÃO JUNIOR, F. **Impactos operacionais e resiliência de aeroportos a condições meteorológicas adversas**. 2018. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: https://pantheon.ufrj.br/handle/11422/11937. Acesso em: 13 nov. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas da Aviação Civil**: 2019—ano base 2018. Brasília, DF: ANAC, 2019a.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Anuário do transporte aéreo**: sumário executivo — 2019. Brasília: ANAC, 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Plano de ação para a redução das emissões de CO_2 da aviação civil brasileira**. 3. ed. Brasília: ANAC, 2019b.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **RBAC 01 EMD099**: definições, regras de redação e unidades de medida para uso nos normativos da ANAC. Brasília, DF: ANAC, 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Resolução n. 496, de 28 de novembro de 2018**. Regulamenta o monitoramento, o reporte e a verificação de dados de emissão de CO2 relativos ao transporte aéreo internacional. Brasília, DF: ANAC, 2018. Disponível em: https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/resolucoes/2018/resolucao-no-496-28-11-2018. Acesso em: 13 nov. 2023.

AIRPORT CARBON ACCREDITATION. **Airports Responding to Climate Change**. Montreal, CA: WSB, 2020. n. 6.

AIRPORT climate adaptation and resilience: a synthesis of airport practice. Washington, D.C., US: Transport Research, 2012.

BRASIL. **Decreto n. 6.834, de 30 de abril de 2009**. Aprova a estrutura regimental e o quadro demonstrativo dos cargos em Comissão do Grupo-Direção e Assessoramento Superiores e das Funções Gratificadas do Comando da Aeronáutica, do Ministério da Defesa, e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2009. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/Decreto/D6834.htm. Acesso em: 13 nov. 2023.

BRASIL. **Lei n. 11.182, de 27 de setembro de 2005**. Cria a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2005. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/Lei/L11182.htm. Acesso em: 13 nov. 2023.

BRASIL. **Lei n. 12.462, de 4 de agosto de 2011**. Institui o Regime Diferenciado de Contratações Públicas - RDC; altera a Lei n. 10.683, de 28 de maio de 2003, que dispõe sobre a organização da Presidência da República e dos Ministérios, a legislação da Agência Nacional de Aviação Civil (Anac) e a legislação da Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (Infraero); cria a Secretaria de Aviação Civil, cargos de Ministro de Estado, cargos em comissão e cargos de Controlador de Tráfego Aéreo; autoriza a contratação de controladores de tráfego aéreo temporários; altera as Leis n.s 11.182, de 27 de setembro de 2005, 5.862, de 12 de dezembro de 1972, 8.399, de 7 de janeiro de 1992, 11.526, de 4 de outubro de 2007, 11.458, de 19 de março de 2007, e 12.350, de 20 de dezembro de 2010, e a Medida Provisória n. 2.185-35, de 24 de agosto de 2001; e revoga dispositivos da Lei n. 9.649, de 27 de maio de 1998. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2011. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/l12462.htm. Acesso em: 13 nov. 2023.

BRASIL. **Lei n. 5.862, de 12 de dezembro de 1972**. Autoriza o poder executivo a constituir a empresa pública denominada Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária - Infraero, e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1972. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1970-1979/L5862.htm. Acesso em: 13 nov. 2023.

BRASIL. **Lei n. 7.565, de 19 de dezembro de 1986**. Dispõe sobre o Código Brasileiro de Aeronáutica. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1986. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7565compilado.htm. Acesso em: 13 nov. 2023.

CLIMATE Adaptation Synthesis. Montreal, CA: ICAO, 2018. Disponível em: https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/Climate%20Adaptation%20Synthesis%20with%20Cover_20200221.pdf. Acesso em: 13 nov. 2023.

CLIMATE Change 2022: impacts, adaptation and vulnerability — working group II contribution to the sixth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Genebra: IPCC, 2022.

CLIMATE change adaptation planning: risk assessment for airports. Washington, D.C., US: Transport Research Board, 2015.

O VALOR do transporte aéreo no Brasil. [*S. l.*]: IATA, 2019. Disponível em: https://www.iata.org/contentassets/bc041f5b6b96476a80db109f220f8904/brazil-o-valor-do-transporte-aereo.pdf. Acesso em: 13 nov. 2023.

RESOLUTION A37-19: consolidated statement of continuing ICAO policies and practices related to environmental protection — Climate change. Montréal, CA: ICAO, 2010.

RESOLUTION A39-3: consolidated statement of continuing ICAO policies and practices related to environmental protection — Global Market-based Measure (MBM) scheme. Montréal, CA: ICAO, 2016.

INTEGRAÇÃO AMBIENTAL E URBANA DOS AEROPORTOS E A DEFINIÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Tânia Cristina de Menezes Caldas

INTRODUÇÃO

A identificação de ações para monitoramento e mitigação dos impactos ambientais e urbanos causados pela implantação e operação de aeroportos se dá por meio de análises prévias e de recomendações apresentadas pelos Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e pelos Estudos de Impacto Urbano ou de Vizinhança (EIV/RIV).

Em situações mais complexas, dependendo da localização ou do tipo de intervenção a ser implementada, Estudos de Impacto no Trânsito ou de Circulação - RIC também poderão ser exigidos na etapa de licenciamento dos projetos, avaliando-se a capacidade instalada ou prevista dos acessos e demais modos de transporte, frente às novas demandas decorrentes do empreendimento proposto.

Em todos os documentos citados, é a partir dos cenários observados ou previstos, nas diversas fases avaliadas, que são apresentadas medidas mitigadoras ou compensatórias com potencial de controle dos efeitos nocivos relatados nestes estudos, no intuito de promover a integração entre o aeroporto, o meio ambiente e outras atividades localizadas ou previstas para sua área de influência.

Entre os impactos ambientais das operações aeronáuticas e aeroportuárias, o ruído é aquele cuja percepção traz consequências mais danosas à saúde e ao bem-estar de pessoas submetidas à sua influência, sendo que seus efeitos se estendem por áreas mais abrangentes do que o entorno imediato do aeroporto, suscitando manifestações expressivas contra as operações aeronáuticas, e motivando conflitos graves entre a população atingida e os operadores aeroportuários.

Embora as áreas de influência direta das operações aeroportuárias sejam identificadas objetivamente pela regulamentação setorial, particularmente considerando o controle de obstáculos, dado o potencial de risco à aeronavegação, os primeiros registros observando orientações para tratamento dos aspectos de ruído

aeronáutico junto à comunidade, no Brasil, somente foram estabelecidos em 1984, pelo então Ministério da Aeronáutica.

Até aquele momento o ruído aeronáutico era tratado de forma periférica e não abrangia orientações claras sobre a conveniência do gerenciamento do uso do solo nas regiões afetadas pelas operações. Desde então, o tema passou por diversas atualizações, vigorando o RBAC 161, Emenda 03, aprovado em fevereiro de 2021, pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), órgão competente para regular e fiscalizar a infraestrutura aeroportuária no país.

Atualmente, apesar da legislação brasileira já incorporar elementos para o planejamento, gerenciamento e mitigação dos impactos urbanos nas áreas de ruído das operações aeroportuárias, propondo medidas para monitoramento e controle do uso do solo, inclusive recomendando o tratamento acústico em locais onde o incômodo percebido tende a ser prejudicial à saúde e ao conforto das pessoas, ainda não estão determinados, no âmbito de uma política pública, os meios para implementação das recomendações preconizadas, considerando os custos associados, as metas a serem alcançadas ou os procedimentos para acompanhamento necessário dos resultados esperados (Caldas, 2013).

Nesse sentido, os impactos hoje constatados entre os aeroportos e as cidades, muitos deles com possibilidade de controle ou mitigação, ainda carecem da formulação de uma agenda indicativa da estratégia de aplicação das medidas mitigadoras, comprometida com os resultados esperados, isto é, a preservação da capacidade da infraestrutura para prestação dos serviços de transporte aéreo, com menor impacto na comunidade diretamente afetada pelos efeitos negativos de sua operação.

O processo de integração urbana de aeroportos, além das questões de ruído e de segurança operacional, engloba o controle do risco de interferência da fauna (principalmente o risco aviário), e questões de mobilidade urbana; esta última em virtude dos impactos nos sistemas terrestres de acesso ao aeroporto, nos quais pode exercer uma demanda não compatível com a capacidade instalada, acarretando prejuízos à circulação e ao tempo final de viagem.

Sendo assim, trata-se de um tema multidisciplinar, em que os agentes têm suas responsabilidades identificadas pelo sistema legal e regulatório do país, mas cuja atuação, no que tange aos efeitos de

ruído, se encontra prejudicada pela indefinição dos recursos para permitir a implementação das medidas apontadas para gerenciamento dos impactos, inclusive considerando o passivo existente.

Nesse sentido, uma política pública voltada para minimização dos efeitos nocivos do ruído das operações aeroportuárias e aeronáuticas reconhece os impactos de ruído como um problema a ser enfrentado, e se mostra indispensável à preservação da saúde e bem-estar das comunidades vizinhas aos aeroportos, assim como à garantia de condições satisfatórias para continuidade da prestação dos serviços de transporte aéreo.

Neste capítulo observaremos brevemente o cenário brasileiro para condução das ações de gerenciamento e mitigação dos impactos do ruído aeronáutico, trazendo informações sobre a evolução do processo de integração urbana dos aeroportos e identificando as medidas cuja implementação ainda carecem de orientações para viabilizar práticas que resultem na mitigação dos impactos.

AS CIDADES E O MEIO AMBIENTE NO PLANEJAMENTO AEROPORTUÁRIO

Os aeroportos, conforme definido pela ANAC, são aeródromos de uso público dotados de edificações, instalações e equipamentos para apoio às operações de pouso, decolagem e movimentação de aeronaves, e para o processamento de passageiros e cargas. Suas configurações exercem influência direta e agregam demandas específicas sobre a área de influência de suas operações.

Para efeito de planejamento, as facilidades exigidas para a prestação dos serviços variam de acordo com a classificação, o tipo de operação, os instrumentos de apoio à aeronavegação e outros atributos do aeroporto em análise. Do mesmo modo, questões como a localização física, a identificação de obstáculos às operações, a integração com os demais modos de transporte e o gerenciamento de usos conflitantes na área de influência das operações interferem na funcionalidade do aeroporto e resultam na necessidade de um planejamento integrado.

Os aspectos concernentes à proteção das operações aeronáuticas são regulamentados pelo Plano de Zona de Proteção de Aeródromos (PZPA). Este documento é um encargo do operador aeroportuário, aprovado pelo Comando da Aeronáutica, através do

Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), que tem a competência para gerenciar essas atividades no Brasil.

Os PZPA estabelecem restrições aos objetos projetados no espaço aéreo que possam afetar adversamente a segurança e regularidade das operações aéreas, conforme a Instrução ICA 11-408. Esses planos seguem orientações internacionais para garantia da segurança e regularidade das operações aéreas, determinando o conjunto de superfícies limitadoras de obstáculos às operações aeronáuticas e estabelecendo limites à altura de edificações (Brasil, 2020).

Ainda com referência ao gerenciamento de riscos das operações aeronáuticas e sua influência na interface entre os aeroportos, as cidades e o meio ambiente, merece atenção o controle de atividades potencialmente atrativas de pássaros, particularmente vazadouros de lixo, tendo em vista o perigo de colisão com as aeronaves.

Esse tema é tratado a partir da delimitação da Área de Segurança Aeroportuária (ASA), definida pela Resolução Conama n. 004/1995, posteriormente ratificada pela Lei 12.725/2012, pelo RBAC 164/2014, da ANAC, e pelo Plano Básico de Gerenciamento do Risco Aviário (PCA 3-3/2017), publicado pelo Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos, Cenipa, do Comando da Aeronáutica. Integra-se nesse processo o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), por meio dos Planos de Manejo de Fauna dos aeroportos.

Sob a perspectiva das avaliações ambientais e urbanas, foco do presente artigo, o ruído aeronáutico é a externalidade com maior potencial de impacto dos aeroportos, tendo em vista as consequências observadas em pessoas e atividades submetidas aos efeitos de sua ocorrência.

No Brasil, os aeroportos estão formalmente identificados entre as atividades sujeitas a Estudos de Impacto Ambiental/EIA e seu respectivo Relatório de Impacto ao Meio Ambiente/RIMA, desde 1986. A partir desse ano o Conselho Nacional do Meio Ambiente/CONAMA indicou o EIA/RIMA como instrumento da Política Nacional de Meio Ambiente no sentido da "preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental" das áreas estudadas, atentando, entre outros princípios, para a importância de "controle e zoneamento das atividades potencial ou efetivamente poluidoras", para as quais a avaliação de impactos e a determinação de medidas para seu con-

trole ou mitigação de seus efeitos, nas diversas formas em que se apresentem, seriam exigíveis (Brasil, 1981).

Do mesmo modo, após a aprovação do Estatuto da Cidade, os Estudos de Impacto Urbano ou de Vizinhança passam a ser adotados no Brasil para avaliação dos impactos de empreendimentos cujas características afetam a qualidade de vida da população residente em sua vizinhança, em virtude de seu potencial poluidor (Brasil, 2001).

Esses estudos identificam interferências quanto à qualidade de vida das pessoas vivendo em área de influência da atividade avaliada, e orientam as medidas mitigadoras ou compensatórias necessárias ao gerenciamento dos impactos negativos observados, sendo, portanto, instrumentos indispensáveis ao processo de integração urbana de aeroportos; entre outros empreendimentos.

O gerenciamento dos impactos do ruído aeronáutico tem como base o RBAC 161, que informa os requisitos para representação geográfica da área das curvas de ruído das operações no aeródromo e define os critérios técnicos para exame dos aspectos do ruído aeronáutico na aviação civil, de modo a "preservar o desenvolvimento dos aeródromos em harmonia com as comunidades localizadas em seu entorno" (Agência Nacional de Aviação Civil, 2021, s. p.).

De acordo com o RBAC 161 o ruído aeronáutico é:

> oriundo das operações de circulação, aproximação, pouso, decolagem, subida, rolamento e teste de motores de aeronaves, não considerando o ruído produzido por equipamentos utilizados nas operações de serviços auxiliares ao transporte aéreo para fins do Plano de Zoneamento de Ruído (Agência Nacional de Aviação Civil, 2021, s. p.).

Cabe ao operador do aeroporto desenvolver as curvas de ruído correspondentes às operações, até o final de seu horizonte de planejamento, assim como o respectivo PZR, indicando as medidas recomendadas para compatibilização entre o uso do solo e as operações aeroportuárias (Agência Nacional de aviação Civil, 2021).

O PZR é representado pelas curvas de ruído e pelas restrições ao uso do solo correspondentes, e deverá ser produzido em cooperação direta entre o operador aeroportuário e as autoridades locais, suprindo todas as etapas previstas pela legislação em relação a sua aprovação.

Trata-se de um instrumento de planejamento que pode ser classificado como básico ou específico, conforme os critérios estabelecidos pela ANAC, sendo delimitados, respectivamente, por duas curvas de ruído (65 e 75 dB) ou por cinco curvas de ruído (65, 70, 75, 80 e 85 dB) definidas com base na métrica DNL (*Day-Night Average Sound Level*). Para cada área abrangida pelas curvas de ruído são apresentadas orientações para o uso e ocupação do solo, conforme o nível médio de ruído previsto.

Embora a utilização da métrica DNL seja consagrada internacionalmente e reconhecida como referência para avaliação da dose-resposta da comunidade ao ruído percebido, seus limites de tolerância (no Brasil, 65 dB DNL) vêm sendo questionados por comunidades afetadas e reavaliados a partir de novos estudos em desenvolvimento; o que poderá trazer implicações significativas para as análises futuras da questão.

Em setembro de 2021, a autoridade americana de aviação, a *Federal Aviation Administration* (FAA), divulgou uma pesquisa realizada junto a 10.000 pessoas que vivem no entorno de 20 aeroportos representativos da rede americana, demonstrando que o limite de tolerância indicativo de incômodo significativo ao ruído aeronáutico foi observado entre 50 dB DNL e 55 dB DNL, bem abaixo dos 65 dB DNL atualmente adotados como referência de planejamento (United States of America, 2021).

O Brasil não conta com estudos dessa natureza, entretanto aeroportos como Congonhas, localizado na área central da cidade de São Paulo, Guarulhos, um dos principais aeroportos da América Latina, Pampulha, em Belo Horizonte, e Jacarepaguá, no Rio de Janeiro, são exemplos de aeroportos com características completamente diferenciadas, considerando o tipo de serviço prestado que, no entanto, protagonizam situações de conflito que resultaram em processos judicializados contra suas operações, questionando, inclusive, as referências adotadas para identificação das áreas de impacto.

CARACTERÍSTICAS DO RUÍDO AERONÁUTICO E A ABORDAGEM EQUILIBRADA PARA GERENCIAMENTO DO RUÍDO

O som se transforma em impacto ambiental na medida em que gera estresse a partir de sua percepção, especialmente quando esta acontece de forma imprevisível ou incontrolável, produzindo

reações psicológicas como a ansiedade, o medo, a raiva ou a avaliação negativa da fonte emissora.

A Convenção de Aviação Civil Internacional, da qual o Brasil é signatário, também identificada como Convenção de Chicago, foi assinada em 1944 e apresenta princípios e entendimentos entre os países contratantes para "promover o desenvolvimento da aviação civil internacional de maneira segura e sistemática", respeitando a soberania de cada estado (Guidance [...], 2008).

Em 2004 a Organização de Aviação Civil Internacional (ICAO), publicou orientações aos países membros da Convenção de Chicago identificando elementos para uma abordagem equilibrada no gerenciamento do ruído aeronáutico (*Balanced Approach to Aircraft Noise Management*) (Guidance [...], 2008).

Este documento foi revisado entre setembro e outubro de 2010, durante a 37ª Sessão da Assembleia da ICAO, quando foi adotada a Resolução A37-18, orientando a comunidade de aviação internacional sobre os aspectos de ruído e emissões de gases na aviação, considerando a aplicação de ações ambientalmente adequadas e economicamente responsáveis, com base nas condições observadas em cada aeroporto analisado.

Para gerenciamento dos impactos do ruído, as medidas indicadas pela ICAO abordam os seguintes pilares: redução do ruído na fonte (aeronaves), controle e gerenciamento do uso do solo na área de influência das operações aeroportuárias, adoção de procedimentos operacionais de abatimento do ruído e a aplicação de restrições operacionais, seja diretamente à aviação, considerando procedimentos operacionais específicos ou mesmo restrições a aeronaves, ou ao aeroporto, caracterizando limitações a sua capacidade (Guidance [...], 2008).

Quanto à redução do ruído na fonte, a questão fica atrelada à evolução tecnológica das aeronaves, em que os avanços são perseguidos pela indústria, com resultados que já permitiram ganhos significativos com a produção de aviões com maior capacidade, menor custo operacional e menor índice de emissão de ruído.

Por outro lado, a alternativa de imposição de restrições operacionais resulta em grande impacto econômico e social. Medidas com esse enfoque comprometem a prestação dos serviços e interferem em princípios como a eficiência e confiabilidade do sistema, sendo, portanto, restrita aos limites do processo.

Dessa forma, a análise de alternativas operacionais para redução do ruído ambiente, considerando a reorientação de procedimentos de solo ou o redesenho de rotas, por exemplo, aliada ao planejamento e gestão do uso do solo, se consolidam como os principais instrumentos a serem considerados para tratamento do problema.

A alteração de procedimentos operacionais para redução do ruído representa uma possibilidade relevante a ser explorada para integração entre os aeroportos e as cidades, ainda que possam vir a ser limitadas por questões técnicas ou de segurança.

Trata-se de uma hipótese que envolve criteriosos estudos especializados e que tem custos associados, devendo ser ponderadas, inclusive, as implicações dessas eventuais alternativas no cenário operacional do aeroporto, com a possibilidade de aumento das emissões atmosféricas.

Resta, como possibilidade de gerenciamento dos impactos do ruído, a atuação preventiva em relação à ocupação urbana para compatibilização do uso do solo, evitando-se a implantação ou permanência de atividades sensíveis sem as devidas medidas mitigadoras, nas áreas vizinhas aos aeroportos.

A métrica utilizada para determinar o número de pessoas altamente incomodadas pelo ruído, e que é referência para as curvas do PZR, é denominada *Day-Night Average Sound Level (DNL)*. Essa métrica estabelece uma relação dose-efeito na população exposta, permitindo a divisão da vizinhança significativamente impactada em áreas adjacentes, uniformemente submetidas aos diferentes graus referenciados (Heleno; Slama, 2009).

A adoção do DNL se baseia em estudo que avalia a dose-resposta ao ruído, conduzido por Schultz e posteriormente aperfeiçoado por Fidell. Esse estudo adotava a premissa de que o incômodo ao ruído se daria independente da fonte geradora e seria constante para um dado nível DNL (Slama; Revoredo; Mora-Camino, 2008).

Um questionamento observado em relação ao estudo é que as relações consideradas levam em conta aspectos subjetivos de interpretação da reação comunitária ao incômodo do ruído, variando entre "não incomodado" e "muito incomodado", considerando os diversos modos de transporte (ferroviário, aéreo e rodoviário). Posteriormente, Miedema e Vos analisaram de modo independente o ruído proveniente de cada um desses modos, inferindo um incômodo maior em relação ao ruído aeronáutico (World Health Organization, 2018).

O DNL pode ser interpretado como uma descrição imperfeita do campo sonoro observado em relação ao ruído aeronáutico, dado que não pode ser utilizado para diferenciar, por exemplo, os efeitos diurnos (interferência na comunicação) dos efeitos noturnos (interferência no sono). Esses efeitos são caracterizados pelas métricas LAeqD para o período diurno, das 07h às 22h, e LAeqN para o período noturno, das 22h às 7h do dia seguinte, sendo essa a referência adotada pela legislação urbana no Brasil, conforme NBR 10151 da ABNT, indicando que o enfrentamento do problema passa pela integração das análises com base nos diversos critérios que envolvem a percepção da comunidade.

As curvas de ruído do PZR se baseiam no nível de ruído médio dia-noite percebido em áreas próximas aos aeroportos, com uma correção suplementar de 10 dB aos movimentos noturnos.

Os problemas mais comumente relatados são distúrbios no sono, interferência na qualidade de vida, nas comunicações e na capacidade de concentração e aprendizagem. Isso torna escolas, instalações de saúde e residências atividades particularmente vulneráveis, com evidências comprovadas dos prejuízos causados à saúde e ao equilíbrio emocional das pessoas (World Health Organzation, 2018).

Conflitos graves entre aeroportos e a comunidade são apresentados pela literatura e fartamente divulgados na imprensa, identificando situações que impõem medidas de controle severas, inclusive com limitações operacionais, como é o caso do Aeroporto de Congonhas, em São Paulo.

Em Congonhas, assim como em muitos outros aeroportos, o grande volume de movimentos potencializou os impactos, e nem mesmo com a imposição de restrições, tais como a proibição de voos noturnos ou de atividades de cheque de motores, logrou a pacificação do problema e o aeroporto ainda enfrenta reações fortes da comunidade contra qualquer perspectiva de incremento de sua capacidade, sem que sejam avaliadas medidas compensatórias e mitigadoras do impacto já observado.

CONCLUSÃO

A Concessão dos principais aeroportos brasileiros vem ampliando a participação da iniciativa privada no setor, ao mesmo tempo em que movimenta a sociedade civil em direção a debates

sobre os impactos ambientais e urbanos observados nas áreas de influência das operações aeroportuárias.

Atualmente, a 7ª rodada de licitações de aeroportos federais envolve o principal aeroporto central do país, Congonhas, onde opera a Ponte Aérea Rio/São Paulo na ligação com o Aeroporto Santos Dumont, a ser licitado futuramente, conforme programa do Governo Federal. Em ambos se identificam litígios entre a comunidade e o operador do aeroporto que já se estendem por vários anos.

Com características geográficas diferentes, os dois terminais aeroportuários se mostram igualmente exemplares para justificar a relevância do debate sobre políticas públicas capazes de promover a integração do aeroporto nas cidades, considerando os impactos associados.

A demanda por uma política pública de gestão do ruído aeronáutico para o Brasil parte do reconhecimento do ruído como um impacto ambiental a ser mitigado, trazendo, por consequência, a possibilidade de redução do número de pessoas afetadas por seus efeitos.

Sua concretização deve estar alinhada com os objetivos da Política Nacional de Aviação Civil (PNAC), enfatizando o desenvolvimento da aviação civil com base nas premissas já estabelecidas de segurança e eficiência do sistema, de confiabilidade, regularidade e pontualidade dos serviços e, também da proteção ao meio ambiente e ao consumidor.

Seus princípios devem ser pautados em um planejamento integrado, conforme já indicado pela regulamentação brasileira em vigor, já alinhada com as diretrizes emanadas pela ICAO para uma abordagem equilibrada para gestão do ruído, e atrelados a um plano de ação para mitigação dos impactos, agregando ao programa de concessão dos aeroportos à iniciativa privada a possibilidade de concretização do processo de integração entre as cidades e os aeroportos e de mitigação dos impactos de ruído observados.

Os principais desafios a serem enfrentados envolvem a complementação das referências regulatórias e políticas, com base na escuta da sociedade, de modo a conferir referências mais realistas para condução do modelo de gestão a ser implementado no país para o gerenciamento e mitigação dos impactos do ruído aeronáutico.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **RBAC n. 161 EMD n. 03, de 26 de fevereiro de 2021**. Planos de Zoneamento de Ruído de Aeródromos (PZR). Curitiba: ANAC, 2021. Disponível em: https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-161/@@display-file/arquivo_norma/RBAC161EMD03%20-%20Retificado.pdf. Acesso em: 14 nov. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **RBAC n. 164 EMD n. 00, de 30 de maio 2014**. Gerenciamento do risco da fauna nos aeródromos públicos. Curitiba: ANAC, 2014. Disponível em: https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/boletim-de-pessoal/2014/22/anexo-iii-2013-rbac-164. Acesso em: 14 nov. 2023.

BRASIL. **Lei n. 10.257, de 10 de julho de 2001**. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2001. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/Leis_2001/l10257.htm#:~:text=Lei%20municipal%20definir%C3%A1%20os%20empreendimentos,Art. Acesso em: 14 nov. 2023.

BRASIL. **Lei n. 12.752, de 19 de dezembro de 2012**. Abre ao Orçamento Fiscal da União, em favor do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, crédito suplementar no valor de R$ 100.000.000,00, para reforço de dotação constante da Lei Orçamentária vigente. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12752.htm. Acesso em: 14 nov. 2023.

BRASIL. **Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicações, e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1981. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em: 14 nov. 2023.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Centro de investigação e prevenção de acidentes aeronáuticos. **PCA 3-3**: plano básico de gerenciamento de risco de fauna. Brasília, DF: 2018.

BRASIL. Ministério da Defesa. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **Portaria n. 1.424/GC3, de 14 de dezembro de 2020**. Aprova a edição da ICA 11-408 "Restrições aos objetos projetados no espaço aéreo que possam afetar adversamente a segurança ou a regularidade das operações aéreas". Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2020. Disponível em: https://www.sislaer.fab.mil.br/terminalcendoc/acervo/detalhe/12061?guid=1608940806561&return

Url=%2Fterminalcendoc%2Fresultado%2Flistar%3Fguid%3D1608940806561%26quantidadePaginas%3D1%26codigoRegistro%3D12061%2312061&i=1. Acesso em: 14 nov. 2023.

CALDAS, T. C. M. **Elementos para uma política de gestão integrada dos impactos do ruído aeronáutico**. 2013. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: https://www.pet.coppe.ufrj.br/images/documentos/teses/2013/Tese_TaniaCristinadeMenezesCaldas_compressed.pdf. Acesso em: 14 nov. 2023.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução n. 4, de 18 de setembro de 1985**. **Área de Segurança Aeroportuária.** Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1995.

GUIDANCE on the balanced approach to aircraft noise management. 2. ed. Montreal, CA: ICAO, 2008.

HELENO, T.; SLAMA, J. G. **Encroachment**: uma questão de zoneamento. São Paulo, 2009.

SLAMA, J. G; REVOREDO, T.; MORA-CAMINO, F. A. C. Is DNL appropriate for airport noise zoning? **Acoustics 08 Paris**, [*S. l.*], p. 1967-1971, 2008. Disponível em: https://enac.hal.science/hal-01086743/document. Acesso em: 14 nov. 2023.

UNITED STATES OF AMERICA. United States Department of Transportation. Federal Aviation Administration. **Analysis of Neighborhood Environmental Survey**. Washington, D.C., US: DOT; FAA, 2021.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Regional Office for Europe. **Environmental noise guidelines for the European Region**. Copenhagen, DK: WHO Regional Office for Europe, 2018.

ANÁLISE DAS MEDIDAS DE ADAPTAÇÃO CLIMÁTICA DA INTERFACE PORTO-CIDADE NOS PLANOS MUNICIPAIS DE AÇÕES CLIMÁTICAS DE CIDADES PORTUÁRIAS BRASILEIRAS

José Pedro Francisconi Junior, André Castellani Lopes, Diego Cathcart, Cirilo Albino Nunes e Amir Mattar Valente

INTRODUÇÃO

Com importância no âmbito econômico, social e ambiental, os portos são estruturas inseridas em uma rede diversificada de negócios e de atores. Nesse ecossistema, um dos principais componentes são as vias de acesso terrestres ao porto, responsáveis pelo transporte de pessoas, de cargas e de equipamentos. Um ótimo funcionamento dessa cadeia e, consequentemente, do porto está interligado a boas condições de operação na infraestrutura de acesso.

É necessário que as vias de acesso estejam adaptadas perante os impactos das alterações climáticas. Na ausência dessas medidas, que fomentam a resiliência, torna-se cada vez mais provável que os fenômenos decorrentes da mudança climática resultem em prejuízos financeiros e causem impactos negativos na operação do porto (Asariotis; Benamara; Mohos-Naray, 2017; Brasil, 2015).

Este capítulo identificou a existência de planos de enfrentamento climático — denominados no âmbito deste estudo como Planos Municipais de Ações Climáticas (PMACs) —, com enfoque em municípios que abrigam Portos Organizados, e analisou as medidas de adaptação às mudanças climáticas focadas na infraestrutura de acessos aos portos contidas nesses planos.

Inicialmente, foi realizado um levantamento da situação atual de elaboração dos PMACs nas cidades portuárias com Portos Organizados. Em seguida, os planos identificados foram analisados para reconhecimento de diretivas de adaptação da infraestrutura de acesso diante das mudanças climáticas. Dessa forma, avaliou-se como esse instrumento de planejamento municipal das cidades portuárias está considerando a problemática da necessidade de adaptação dos acessos aos portos à mudança climática.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Composição da estrutura portuária e relação porto-cidade

Em geral, os portos são constituídos por um grupo de elementos essenciais para a sua operação, como o retroporto, os terminais, os canais de acesso e atracagem, os berços, os centros administrativos e operacionais, entre outros. Ademais, também é necessário que os portos disponham de funcionários, de serviços e de equipamentos adequados para o seu funcionamento (Campos Neto *et al.*, 2009).

Em paralelo, a infraestrutura portuária é conectada com as vias de acesso situadas fora da área de porto, responsáveis pelo transporte de cargas, de pessoas e de equipamentos até o local. Cada porto possui a sua própria estrutura de acessos, variando em complexidade de acordo com suas especificidades e com a região que o abriga. No Brasil, as seguintes vias de acesso são usadas: rodoviária, ferroviária, aquaviária (marítima, fluvial ou lacustre), dutoviária e aeroviária (Santos; Pozo, 2020).

Considerando que os portos estão inseridos no âmbito de um município que o abriga, as vias de acesso portuário tornam-se elementos integrantes da relação do porto com a cidade, desenvolvendo vínculos importantes sob os aspectos econômicos, políticos e de planejamento urbano. Para tanto, o termo porto-cidade é utilizado na caracterização das relações que ocorrem na área de interface urbano-costeira entre as terras de uso do porto e as terras de uso da cidade em que o porto está situado (Hoyle, 1989; Ornelas, 2008).

As interações entre porto e cidade podem ser colaborativas e simétricas ou hostis e discordantes, variando de acordo com o local e em função do tempo. Entretanto, via de regra, é uma relação importante sob os aspectos econômicos, políticos e de planejamento urbano (Hoyle, 1989).

Apesar de a relação entre porto e cidade ser interligada, os instrumentos de gestão e as responsabilidades são segmentados entre as seguintes partes: os portos têm as suas ferramentas próprias, como os Planos Mestres e os Planos de Desenvolvimento e Zoneamento (PDZs), da mesma forma que nos municípios, fundamentados na Lei n. 10.257/2001 (BRASIL, 2001) e na Lei n. 12.587/2012 (Brasil, 2012), há Planos Diretores Municipais (PDMs) e Planos de Mobilidade Urbana (PMUs).

Mudanças climáticas e medidas de enfrentamento no setor portuário

Os impactos climáticos atingem o ecossistema de funcionamento do porto, como as vias de acesso (Ng *et al.*, 2018). Por exemplo, segundo Figueiredo *et al.* (2016), a elevação do nível do mar pode representar inundações tanto na área operacional quanto nos acessos do Porto de Santos, causando interdições nele.

Nessas circunstâncias, são necessárias ações integradas entre diversos setores da sociedade para atuar ante os impactos sociais, econômicos e ambientais das mudanças climáticas (Nicolodi; Petermann, 2010). Para exemplificação da amplitude desses impactos, o documento *Brasil 2040* sugere medidas graduais de adaptação das instalações portuárias brasileiras, que totalizam um investimento de cerca de R$9 bilhões até o ano de 2050, considerando valores de 2007 (Brasil, 2015). Trata-se, portanto, de um desafio que necessita da associação entre planos, projetos e instrumentos de gestão em conjunto com a execução de ações de mitigação e de adaptação (Braum; Hodecker-Dietrich; Aumond, 2017). As ações de adaptação buscam a diminuição da vulnerabilidade socioambiental diante dos impactos das alterações no clima (Lavratti; Prestes, 2009).

No que tange à adaptação de portos, destacam-se iniciativas como o *Levantamento de Risco Climático para o Porto de Itajaí/SC* (Jardeweski, [2020]), estudo em que foram avaliados o risco e a vulnerabilidade do Porto de Itajaí e as propostas estratégicas de adaptação específicas.

Ainda no que concerne à identificação de medidas de adaptação da infraestrutura portuária, cabe destacar o estudo *Impactos e riscos da mudança do clima nos portos públicos costeiros brasileiros*, publicado em 2021, pela Agência Nacional de Transportes Aquaviários (Brasil, 2021a). Esse estudo apresenta um levantamento de risco climático para 21 Portos Públicos brasileiros e contempla, entre outros aspectos: a identificação dos principais impactos que o setor portuário costeiro brasileiro tem sofrido devido aos eventos climáticos; a análise da frequência dos impactos; a identificação das ameaças climáticas que afetam os portos da costa brasileira; a análise da frequência das ameaças climáticas; a análise de vulnerabilidade e de risco climático; e a recomendação de medidas de adaptação passíveis de implementação pelo setor portuário.

O estabelecimento de ações integradas de adaptação às mudanças do clima no setor portuário está fundamentado nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), bem como num conjunto de políticas públicas e de instrumentos de planejamento e gestão, no âmbito do cenário nacional, associados à infraestrutura de transportes e a questões climáticas.

Na esfera municipal, os planos de enfrentamento climático, denominados neste estudo como PMACs, são documentos que compreendem metas e ações multissetoriais para mitigação das emissões de GEE e/ou adaptação aos impactos climáticos. Para a sua concepção, são analisadas as aspirações municipais em legislações vigentes e os compromissos firmados em relação às temáticas socioambientais (Fortaleza, 2020; Recife, 2020).

METODOLOGIA

Definição da amostra de portos e levantamento de cidades portuárias e de planos de enfrentamento climático

Para delimitação do escopo da pesquisa, foram considerados apenas os Portos Organizados Delegados e os Portos Públicos administrados por Companhias Docas existentes no território brasileiro, em consonância ao conceito de Porto Organizado definido pela Lei Federal n° 12.815/2013 (Brasil, 2013) e obtido a partir dos dados do sítio eletrônico do Sistema Portuário Nacional (Brasil, 2022).

A partir da pesquisa nos respectivos sítios eletrônicos dos Portos Organizados levantados, foram identificados os municípios nos quais eles estão inseridos. De modo complementar, os Portos Organizados e seus respectivos municípios foram validados a partir da base georreferenciada de portos, obtida no sítio eletrônico do Ministério dos Transportes (MT) (Brasil, 2021b).

Em seguida, durante os meses de setembro e de novembro de 2021, foi realizado o levantamento dos PMACs nas cidades que abrigam os Portos Organizados, conforme previamente identificadas. Salienta-se que não foram consideradas, neste levantamento, as outras tipologias de planos municipais, por exemplo, os planos diretores, assim como políticas municipais, mesmo que relacionadas à temática de mudanças climáticas.

A busca foi realizada primeiramente no buscador Google e, adicionalmente, a partir de encaminhamento de questionários estruturados para as prefeituras das cidades portuárias.

No buscador Google, foram pesquisados os termos "PLANO" + "MUDANÇAS CLIM* + NOME DO MUNICÍPIO" e foram analisadas as três primeiras páginas de resultados para cada um dos municípios.

Posteriormente, para o levantamento efetuado a partir do questionário estruturado, foi encaminhada a solicitação de preenchimento deste às prefeituras municipais das cidades portuárias por protocolo *on-line*, por meio da Lei de Acesso à Informação e via *e-mail*.

No questionário estruturado, foram estabelecidas três perguntas, visando a identificar se os municípios possuíam PMAC. Em caso afirmativo, solicitou-se o encaminhamento do plano; já em caso negativo, foi questionado se o município possuía perspectiva de realizá-lo.

As perguntas integrantes do questionário foram:

1. O município possui plano municipal associado às mudanças do clima?
2. Caso afirmativo, solicitamos anexar à resposta deste questionário o respectivo documento ou encaminhar o *link* de acesso.
3. Caso negativo, há perspectiva de o município realizar o plano?

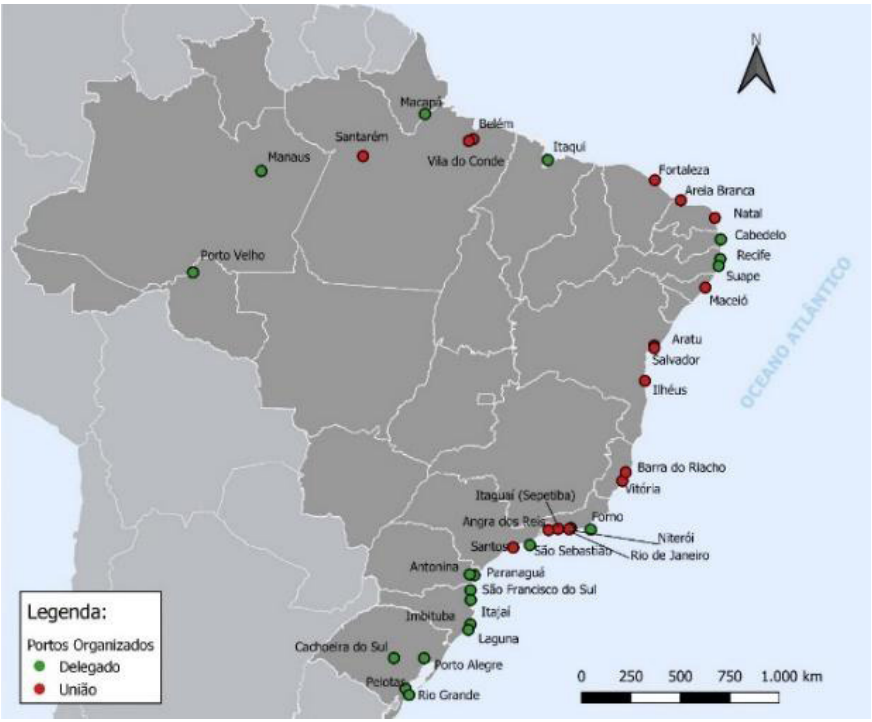
Por fim, foram avaliadas as respostas das entidades municipais ao questionário estruturado com enfoque nas diretivas de medidas de adaptação climática voltadas à interface porto-cidade, à infraestrutura de acesso ao porto e às diretivas de mitigação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Portos Organizados e cidades portuárias

Com base nas informações disponibilizadas no sítio eletrônico do Sistema Portuário Nacional (Brasil, 2022), foram levantados 36 Portos Organizados no Brasil, inseridos em 39 municípios — no caso, dois portos estão localizados em mais de um município: o Porto de Santos, que está disposto em Santos, Guarujá e Cubatão, em São Paulo, e o Porto de Suape, situado em Ipojuca e Cabo de São Agostinho, em Pernambuco. A Figura 1 apresenta a localização no território nacional e o nome dos 36 Portos Organizados, demarcados por tipo de administração.

Figura 1 – Localização no território nacional e nome dos 36 Portos Organizados demarcados por tipo de administração.



Fonte: Brasil (2021b).

PMACs em municípios com Portos Organizados

A partir da metodologia de pesquisa estruturada no buscador Google, foram encontrados seis PMACs dentro do horizonte de 39 municípios que abrigam Portos Organizados.

Em relação aos 33 municípios restantes para os quais não foram encontrados PMACs via buscador Google, a pesquisa foi complementada a partir do encaminhamento de questionário estruturado às prefeituras municipais via protocolo *online* (de acordo com a Lei de Acesso à Informação) e *e-mail*.

Do total de 33 municípios, 19 (58%) encaminharam resposta ao questionário, enquanto 14 (42%) não encaminharam.

Das 17 respostas recebidas e consideradas satisfatórias, ou seja, que foram coerentes ao questionário encaminhado, nenhum dos municípios indicou possuir PMAC.

Quando questionados se existem perspectivas de se elaborar os PMACs, oito municípios responderam "Sim", enquanto nove responderam "Não", correspondendo, respectivamente, a 47% e 53% do total de municípios que responderam ao questionário de forma satisfatória.

Ao final da aplicação das metodologias de levantamento, os seis Planos de Ações Climáticas encontrados e os respectivos municípios são:

- Vitória (ES): *Plano de Ação Vitória Sustentável* (VITÓRIA, 2015).
- Santos (SP): *Plano Municipal de Mudança do Clima de Santos* (SANTOS, 2016).
- Fortaleza (CE): *Plano Local de Ação Climática da cidade de Fortaleza* (FORTALEZA, 2020).
- Recife (PE): *Plano Local de Ação Climática da cidade de Recife* (RECIFE, 2020).
- Salvador (BA): *Plano de Mitigação e Adaptação às Mudanças do Clima em Salvador* (SALVADOR, 2020).
- Rio de Janeiro (RJ): *Plano de Desenvolvimento Sustentável e Ação Climática da cidade do Rio de Janeiro* (RIO DE JANEIRO, 2021).

Analisando sob a ótica do contexto porto-cidade, sugere-se que as cidades portuárias devem desenvolver seus PMACs em consonância com as recomendações do Objetivo 13 dos ODS, do Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (PNA), da Política Nacional de Transporte (PNT), entre outros instrumentos de gestão (O que [...], [2015]; Brasil, 2016; 2018).

A análise dos ODS e dos principais instrumentos de planejamento nacionais voltados à temática portuária e de mudanças climáticas também corrobora com a importância de desenvolvimento dos planos municipais de enfrentamento climático.

Salienta-se que, embora haja diferenças na nomenclatura, os seis instrumentos são fundamentados em estratégias de enfrentamento diante de mudanças climáticas e podem ser considerados como ferramentas correlatas — no caso, como PMACs.

Diretivas de adaptação da infraestrutura de acesso aos portos

Foram analisadas, levantadas e compiladas diretivas associadas ao setor de transportes nos seis PMACs identificados.

Encontraram-se diretivas de transportes em todos os PMACs. A Tabela 1 apresenta a quantidade total de diretivas de transportes nos PMACs das cidades portuárias e sua respectiva identificação.

Tabela 1 – Levantamento de diretivas de transportes nos PMACs.

PMAC	Adaptação	Mitigação	Adaptação e mitigação	Não classificada	Total
Rio de Janeiro	-	59	39	9	107
Salvador	-	10	-	-	10
Fortaleza	-	-	-	7	7
Recife	-	-	-	6	6
Vitória	-	-	-	8	8
Santos	-	-	-	5	5

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

A partir das quantidades apresentadas na Tabela 1, o levantamento das diretivas ficou reduzida a 74 (39 de "Adaptação e mitigação" e 35 não classificadas), visto que as 69 restantes são exclusivamente de "Mitigação", não sendo o objetivo da análise deste estudo.

A partir da avaliação do conjunto supracitado, não foram identificadas diretivas que indiquem medidas de adaptação da infraestrutura de acesso aos portos, considerando os seis PMACs de cidades portuárias.

A garantia do nível de serviço dos acessos portuários perpassa pelo correto estabelecimento e pela implementação de medidas de adaptação desses acessos ante o aumento da frequência de eventos climáticos extremos, como inundações decorrentes da elevação do nível do mar e dos níveis de precipitação (IPCC, 2021).

Salienta-se que foram constatadas diretivas de gerenciamento costeiro em todos os PMACs: 28 classificadas como de "Adaptação" e 12 sem classificação. Embora não sejam focadas no porto, medidas adaptativas de gerenciamento costeiro, por exemplo, a capacitação da Defesa Civil em ambientes costeiros proposta no PMAC de Salvador (BA),

podem vir a tornar a infraestrutura portuária mais resiliente às mudanças climáticas.

Entende-se que a falta de diretivas de adaptação climática da infraestrutura de acesso aos portos nos PMACs é uma lacuna significativa no contexto do planejamento municipal. É necessário que as principais vias de acesso aos portos estejam englobadas com ações para a adaptação de sua estrutura perante as mudanças climáticas, em um contexto em que a interrupção dessa teia pode levar a significativos impactos negativos na operação dos portos e, consequentemente, nas cidades.

No âmbito dos acessos portuários, considerando que usualmente são vias públicas sob responsabilidade municipal, estadual ou federal, entende-se que a capacidade de adaptação dessas estruturas pode ser planejada e implementada pelo Poder Público, sob um viés de horizontes de curto, médio e longo prazos, garantindo uma maior possibilidade de aporte de investimentos.

CONCLUSÃO

Em conclusão, este trabalho verificou que somente 6 das 39 cidades portuárias com Portos Organizados possuem PMACs desenvolvidos; e, nos seis planos identificados, não são apresentadas medidas específicas de adaptação climática da infraestrutura de acesso aos portos.

Diante dos impactos negativos das mudanças climáticas na infraestrutura inserida na integração porto-cidade, como prejuízos econômicos e socioambientais aos portos e às cidades, bem como da necessidade do desenvolvimento de instrumentos de planejamento alinhados aos 17 ODS, conclui-se que é preciso haver uma ampliação na elaboração e no uso de PMACs em cidades portuárias brasileiras.

Associada às mudanças climáticas, essa relação porto-cidade traz novos desafios e perspectivas — considerando a necessidade de integração dos planos municipais de enfrentamento climático aos instrumentos de planejamento e de gestão da esfera portuária e municipal —, para que os PMACs estabeleçam diretrizes e ações em consonância com as políticas públicas de planejamento e de mobilidade urbana, e também de desenvolvimento do porto, sob o viés de mitigação e de adaptação climática.

O porto é um organismo integrado à dinâmica do seu exterior, ou seja, das cidades, e o seu funcionamento tende a ficar cada vez mais vulnerável perante as mudanças climáticas. Nesse contexto, os PMACs são instrumentos capazes de orientar e de ordenar o aumento da resiliência das vias de acesso a essa infraestrutura, por promover a sustentabilidade socioeconômica e ambiental das cidades portuárias e dos portos.

Por fim, recomenda-se que os PMACs sejam desenvolvidos de forma integrada com os instrumentos de planejamento portuário e municipais existentes na respectiva interface porto-cidade.

REFERÊNCIAS

ASARIOTIS, R.; BENAMARA, H.; MOHOS-NARAY, V. Port industry survey on climate change impacts and adaptation. *In*: UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT, 18., Geneva, 2017. **Annals** [...]. Geneva, CH: UNCTAD, 2017. Disponível em: https://unctad.org/system/files/official-document/ser-rp-2017d18_en.pdf. Acesso em: 9 mar. 2022.

BRASIL. **Lei n. 10.257, de 10 de julho de 2001**. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2001. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm. Acesso em: 9 mar. 2022.

BRASIL. **Lei n. 12.587, de 3 de janeiro de 2012**. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana; revoga dispositivos dos Decretos-Leis n.s 3.326, de 3 de junho de 1941, e 5.405, de 13 de abril de 1943, da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), aprovada pelo Decreto-Lei n. 5.452, de 1º de maio de 1943, e das Leis n.s 5.917, de 10 de setembro de 1973, e 6.261, de 14 de novembro de 1975; e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm. Acesso em: 9 mar. 2022.

BRASIL. **Lei n. 12.815, de 5 de junho de 2013**. Dispõe sobre a exploração direta e indireta pela União de portos e instalações portuárias e sobre as atividades desempenhadas pelos operadores portuários; altera as Leis n.s 5.025, de 10 de junho de 1966, 10.233, de 5 de junho de 2001, 10.683, de 28 de maio de 2003, 9.719, de 27 de novembro de 1998, e 8.213, de 24 de julho de 1991; revoga as Leis n.s 8.630, de 25 de fevereiro de 1993, e 11.610, de 12 de dezembro de 2007, e dispositivos das Leis n.s 11.314, de 3 de julho de 2006, e 11.518, de 5 de setembro de 2007; e dá outras providências. Brasília, DF:

Diário Oficial da União, 2013. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/lei/l12815.htm. Acesso em: out. 2021.

BRASIL. Ministério de Portos e Aeroportos. Agência Nacional de Transportes Aquaviários. **Impactos e riscos da mudança do clima nos portos públicos costeiros brasileiros**: sumário executivo. Brasília, DF: ANTAQ, 2021a. Disponível em: https://www.gov.br/antaq/pt-br/noticias/SumrioANTAQGIZMudancaClimatica.pdf. Acesso em: 9 mar. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano nacional de adaptação à mudança do clima**: estratégias setoriais e temáticas. Brasília, DF: MMA, 2016. v. II. Disponível em: https://antigo.mma.gov.br/images/arquivo/80182/LIVRO_PNA_Plano%20Nacional_V2_copy_copy.pdf. Acesso em: 9 mar. 2022.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Mapas e bases dos modos de transportes. **Ministério dos Transporte**, Brasília, DF, 15 out. 2021b. Disponível em: https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/dados-de-transportes/bit/bitmodosmapas#mapport. Acesso em: 10 mar. 2022.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Política nacional de transportes. **Ministério dos Transportes**, Brasília, DF, 22 fev. 2018. Disponível em: https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/politica-e-planejamento/politica-e-planejamento/pnt. Acesso em: 9 mar. 2022.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Sistema portuário nacional. **Portos e Aeroportos**, Brasília, DF, 16 fev. 2022. Disponível em: https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transporte-aquaviario/sistema-portuario. Acesso em: 7 jun. 2022.

BRASIL. Secretaria de Assuntos Estratégicos. **Brasil 2040**: resumo executivo. Brasília, DF: SEA, 2015. Disponível em: https://www.agroicone.com.br/%24res/arquivos/pdf/160727143013_BRASIL-2040-Resumo-Executivo.pdf. Acesso em: 9 mar. 2022.

BRAUM, S.; HODECKER-DIETRICH, A.; AUMOND, J. J. Mangues, cidades e mudanças climáticas: a importância dos ecossistemas costeiros para as cidades de Itajaí e Joinville (SC) diante dos prognósticos da elevação do nível do mar. *In*: LADWIG, N. I.; SCHWALM, H. (org.). **Planejamento e gestão territorial**: gestão integrada do território. Criciúma: UNESC, 2017. p. 191-208.

CAMPOS NETO, C. A. da S. *et al*. **Gargalos e demandas da infraestrutura portuária e os investimentos do PAC**: mapeamento IPEA de obras portuárias. Brasília, DF: IPEA, 2009. (Texto para Discussão, n. 1423). Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/2659/1/TD_1423.pdf. Acesso em: 10 mar. 2022.

FIGUEIREDO, L. G. G. G. *et al*. O Porto de Santos e o aumento do nível do mar. Um desafio a ser enfrentado. **LEOPOLDIANUM**, [Santos], ano 42, n. 116, 117 e 118, p. 177- 201, 2016. Disponível em: https://periodicos.unisantos.br/leopoldianum/article/download/695/568. Acesso em: 10 mar. 2022.

FORTALEZA. **Plano local de ação climática da cidade de Fortaleza 2020**. Fortaleza: Urban Leds, 2020. Disponível em: https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/images/urbanismo-e-meio-ambiente/infocidade/mudancas-climaticas/plano_local_de_acao_climatica_de_fortaleza_2020.pdf. Acesso em: out. 2021.

HOYLE, B. S. The port-city interface: trends, problems and examples. **Geoforum**, Reino Unido, v. 20, n. 4, p. 429-435, 1989.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Climate change 2021: the physical science basis — Summary for Policymakers. *In*: ASSESSMENT REPORT OF THE INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 6., United Kingdom, 2021. **Annals** [...]. United Kingdom: Cambridge University Press, 2021.

JARDEWESKI, C. L. F. **Levantamento de risco climático para o Porto de Itajaí/SC**: relatório final. [*S. l.*]: Ekta Consultoria Ltda., [2020]. Disponível em: https://pievc.ca/wp-content/uploads/2021/05/BRAZIL-Relatorio-Final_Porto-de-Itajai.pdf. Acesso em: 10 mar. 2022.

LAVRATTI, P. C.; PRESTES, V. B. **Diagnóstico da legislação**: identificação das normas com incidência em mitigação e adaptação às mudanças climáticas. São Paulo: Brasil Transporte, 2009.

NG, A. K. Y. *et al*. How is business adapting to climate change impacts appropriately? Insight from the commercial port sector. **Journal of Business Ethics**, [*S. l.*], v. 150, p. 1.029-1.047, 2018.

NICOLODI, J. L.; PETERMANN, R. M. Mudanças Climáticas e a vulnerabilidade da Zona Costeira do Brasil: Aspectos ambientais, sociais e tecnológicos. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, Lisboa, PT, v. 10, n. 2, p. 151-177, 2010.

O QUE são os ODS? **Estratégia ODS**, [*S. l.*], [2015]. Disponível em: https://www.estrategiaods.org.br/o-que-sao-os-ods/. Acesso em: 10 mar. 2022.

ORNELAS, R. S. **Relação Porto/Cidade**: o caso de Santos. 2008. 141 p. Dissertação (Mestrado em Geografia Humana) — Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

RECIFE. **Plano local de ação climática da cidade do Recife**. [Pernambuco]: ICLEI: Urban Leds, 2020. Disponível em: http://meioambiente.recife.pe.gov.

br/sites/default/files/midia/arquivos/pagina-basica/placrecife_acaoclimat.pdf. Acesso em: out. 2021.

RIO DE JANEIRO (Município). **Plano de desenvolvimento sustentável e ação climática da cidade do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: SMFP; SMAC, 2021. Disponível em: http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/12937849/4337195/PDSCOMPLETO_0406_errata_09062021compactado.pdf. Acesso em: 10 jun. 2022.

SALVADOR. **PMAMC**: Plano de Mitigação e Adaptação às Mudanças do Clima em Salvador. Salvador: Prefeitura de Salvador, dez. 2020. Disponível em: http://www.prodeturssa.salvador.ba.gov.br/images/prodeturssa/documentos/PMAMC.pdf. Acesso em: 10 jun. 2022.

SANTOS, J. F. P. dos; POZO, H. O crescimento do Porto de Itajaí e sua importância para o cenário brasileiro: um comparativo com o Porto de Santos. **South American Development Society Journal**, [São Paulo], v. 6, n. 16, 2020. Disponível em: http://www.sadsj.org/index.php/revista/article/view/285/265. Acesso em: 10 mar. 2022.

SANTOS. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. Estado da Arte. **Plano Municipal de Mudança do Clima de Santos (PMMCS)**: Decreto n. 7.293, de 30 de novembro de 2015 — Decreto n. 7.379, de 26 de fevereiro de 2016. Santos: Sedurb, dez. 2016. Disponível em: https://www.santos.sp.gov.br/static/files_www/conteudo/Pag_Internas/PMMCS%20Plano%20Municipal%20de%20Mudanc%CC%A7a%20do%20Clima%20de%20Santos%2015-12-%202016%20II.pdf. Acesso em: 10 jun. 2022.

VITÓRIA. **Plano de Ação Vitória Sustentável**. Vitória: Instituto Pólis, 2015. Disponível em: https://polis.org.br/wp-content/uploads/2015/07/Plano-de-Acao-Vitoria-Sustentavel-baixa_compressed.pdf. Acesso em: 10 jun. 2022.

PARTE III

INFRAESTRUTURA URBANA E AS INTERFACES COM AS POLÍTICAS PÚBLICAS: COMPREENSÕES E ALTERNATIVAS PARA AS CIDADES

REFLETINDO SOBRE O PLANO NACIONAL DE MUDANÇA DO CLIMA E O TRANSPORTE E MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL

Silvana Zioni, Gabriela Sá Leitão de Mello e Priscila da Mota Moraes

INTRODUÇÃO

Importantes inovações no setor de transporte, no Brasil, caracterizaram as primeiras décadas deste século, entre as quais a Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU) e a ampliação da questão do transporte de pessoas e bens, indo além dos estritos condicionantes tecnológicos dos sistemas e modos de transportes. Além disso, as perspectivas das políticas de transporte urbano buscaram aproximação aos compromissos nacionais e internacionais sobre o meio ambiente e o desenvolvimento sustentável, conforme diretrizes da Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) (Lei n. 12.187/2009).

Mudanças mais recentes no contexto político e institucional brasileiro, entretanto, estão imprimindo (ou revelando) fragilidades e incertezas que esses avanços ainda devem enfrentar. É sobre tais desafios que este capítulo se propõe refletir, partindo de uma breve contextualização do processo de formação do importante marco legal do transporte urbano e das perspectivas trazidas pela política ambiental. Busca situar como, no contexto das políticas de transportes e mobilidade urbana, se deu a inserção da questão ambiental e das mudanças do clima e como, enquanto um tema transversal, colabora para renovar a cultura e a institucionalização do planejamento de transporte e mobilidade urbana sustentável.

UM CICLO VIRTUOSO DE POLÍTICAS AMBIENTAIS E DE TRANSPORTE E MOBILIDADE URBANA

A predominância de sistemas de transporte rodoviários, dependente do modo ônibus e cada vez mais da crescente frota de carros e motos faz do setor de transportes, no Brasil, um dos setores que mais contribui na emissão de poluentes atmosféricos. Seja por

sua matriz modal e energética desbalanceadas, seja pela qualidade de sua infraestrutura e tecnologia de seus sistemas, a vulnerabilidade do setor pode ser atribuída a fatores históricos — padrão de desenvolvimento, investimentos insuficientes em infraestrutura —, que explicam o quadro de precariedade ambiental e de inadequação dos sistemas urbanos frente a eventos climáticos extremos (Zioni, 2019, p. 101-102).

Com a Constituição de 1988 e o processo de descentralização das atividades públicas executivas, o transporte público passou a ser uma atribuição exclusiva das instâncias administrativas municipais. Porém se manteve, no âmbito da regulação, das normas e das políticas gerais, a competência dos entes União e Estados para diversas questões, inclusive há competências concorrentes em aspectos das aglomerações urbanas, da defesa do meio ambiente, entre outros.

A questão da mudança do clima, por exemplo, é um tema transversal, global e afeta diretamente toda sociedade. De uma forma mais ampla, o meio ambiente é um campo múltiplo e transversal e tem havido ampliação do quadro legal. A Mobilidade Urbana também é um tema transversal e sua melhoria se dá pela implementação de modos de transporte mais eficientes energeticamente, por exemplo, implicando abordagens socioeconômicas.

Desse modo, o quadro institucional vigente apresenta certa complexidade, na medida em que exprime sobreposição de diversos modelos institucionais e práticas administrativas que vinham se sucedendo ao longo dos anos. Tal circunstância enfrentou também a contraposição entre um modelo fortemente centralizado, conduzido entre 1964 e 1984, contra uma matriz constitucional de forte caráter descentralizador e democrático.

Quando da institucionalização da Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), Lei n. 12.187 (Brasil, 2009), em 2009, já havia um consenso sobre o conceito de mobilidade urbana sustentável e da necessidade de promoção de políticas e ações para sua efetivação. A ilustração abaixo (Figura 1) apresenta um contexto favorável à articulação entre as diretrizes ambientais e as de transporte.

Figura 1 – Ciclo virtuoso de políticas ambientais e de transporte e mobilidade urbana.



Fonte: Brasil (2015).

A articulação dessas políticas não foi imediata, nem fácil. A Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU), Lei n. 12.587, (Brasil, 2012) ainda não se efetivou até hoje. Mesmo a promissora fase de aumento de investimentos em infraestrutura e sistemas de transportes do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), iniciada em 2007, deixou inconclusa uma agenda de diretrizes (Gomide; Galindo, 2013). Ainda assim, pode-se dizer que esse contexto foi favorecido e inspirado pelos paradigmas para uma mobilidade justa e sustentável, sobre o qual autores como Banister (2011), Aldred (2013) e Jones (2014) são unânimes em afirmar ainda exigirem firmes compromissos entre políticos e sociedade civil.

O *paradigma da mobilidade urbana sustentável*, segundo Banister (2011, p. 1538), traduz uma visão combinada de economia, planejamento e inovações tecnológicas capazes de conduzir a uma transformação da mobilidade urbana para um futuro de baixas emissões. Contudo essa ideia requer um compromisso firme entre políticos e a sociedade civil, além de liderança e estruturas de governança robustas como forma de assegurar investimentos e "ações positivas" para o alcance dos objetivos dessa mudança de paradigma de forma consistente ao longo do tempo. Apesar das diversas particularidades e diferenças entre as cidades, inclusive nos países desenvolvidos e em desenvolvimento, os desafios para a mudança do paradigma

de mobilidade para modelos mais sustentáveis vão muito além das adversidades enfrentadas pelo setor de transportes para reduzir o consumo energético e as emissões de carbono. Banister (2011) sugere que a adoção de medidas brandas, tais como gestão de demanda, controle de acesso e estacionamento, taxa de congestionamento ou pedágio urbano, além de investimento em transportes públicos, priorização dos modos ativos, ou de planejamento do uso do solo que vise a redução da necessidade de deslocamentos urbanos cotidianos, são limitadas por exigirem uma mudança de comportamento social. Esta mudança de cultura pressupõe que o interesse público pelo bem-estar coletivo esteja acima do bem-estar individual, sendo que esse embate faz emergir a questão da desigualdade de renda, expressa no favorecimento daqueles que usufruem dos modos de transportes individuais motorizados.

Para Jones (2014), as políticas de transportes vêm se ajustando de acordo com as mudanças ocorridas nas práticas de planejamento e nas metodologias de pesquisa científica que, não apenas no mundo ocidental desenvolvido, teve inicialmente seu foco centrado no *transporte individual* e nas demandas derivadas desse modelo de mobilidade, que implicaram a ampliação sistemática da infraestrutura rodoviária. A mudança de enfoque mais recente para a *mobilidade das pessoas* visa atender as necessidades de viagens possibilitando priorizar outros modos de transporte, como os transportes coletivos e não motorizados, mais eficientes no consumo de energia e mais sustentáveis ambientalmente. Mas não só, pois como Jones (2014) ressalta, a forte relação que a evolução das políticas públicas de mobilidade urbana guarda com a evolução de uma mudança para *um novo paradigma da mobilidade justa e sustentável*, se dá no reconhecimento das dimensões de injustiça social e de deseconomias que as políticas anteriores de incentivo ao transporte individual e ao uso do automóvel geraram.

Ainda que com abordagens distintas, o *novo paradigma da mobilidade* ou o *paradigma da mobilidade sustentável* apresenta críticas ao modo tradicional das políticas e estudos de transporte urbano. Entretanto, a partir de seus pontos comuns, contribuem na construção dos fundamentos para a tão necessária transição da mobilidade, que requer mudanças muito além das políticas públicas voltadas ao setor de transportes de redução de emissões. Segundo Aldred (2013), a transição da mobilidade sustentável e justa exige uma mobilização social de transformação cultural que sustente as mudanças e que

amplie o foco das políticas públicas de mobilidade urbana sustentável para outros campos das ciências sociais e ambientais.

Com o alerta desses autores, e transcorridos mais de 10 anos da PNMC e da PNMU, cabe refletir sobre em qual direção sopram os ventos da transição para a mobilidade sustentável.

A Política Nacional de Mudança do Clima (PNMC), desdobrada em planos setoriais de mitigação de gases de efeito estufa, tinha como desafios a redução das emissões pela modificação do uso do solo e crescimento econômico e social seguindo um padrão de desenvolvimento de baixo carbono. Sendo assim, o Plano Setorial de Transporte e Mobilidade Urbana para a Mitigação da Mudança do Clima (PSTM), que seria aprovado em 2013, visaria

> [...] a consolidação de uma economia de baixo consumo de carbono, na geração e distribuição de energia elétrica, no transporte público urbano e nos sistemas modais de transporte interestadual de cargas e passageiros [...] (Brasil, 2009).

Permitindo "[...] atender metas gradativas de redução de emissões antrópicas quantificáveis e verificáveis [...]" (Brasil, 2009), o PSTM, elaborado em conjunto pelos Ministérios dos Transportes e das Cidades, representou articulação positiva entre os setores ambiental e urbano e um reforço para as diretrizes políticas de transportes, recém explicitadas na PNMU.

> A PNMU (2012) expressava princípios gerais de desenvolvimento sustentável atrelados aos objetivos de ampliação ou adequação da infraestrutura de transporte urbano e de cargas, com a implementação de novos sistemas e modos com maior eficiência energética. Especialmente para a mobilidade urbana, propunha-se uma estratégia de adaptação, com a inversão de prioridade, favorável aos modos ativos, não motorizados, e ao incremento dos mais eficientes sistemas de transporte público de passageiros. A política de investimento e valorização de sistemas de transporte público de passageiros respondia assim, não apenas a déficits históricos da infraestrutura urbana, mas se contrapunham ao aumento expressivo e contínuo das taxas de motorização individual nas grandes e médias cidades brasileiras, aquecido pelos incentivos fiscais que a indústria automobilística recebeu, especialmente

> após a crise econômica de 2008. Pode-se admitir, assim, que os objetivos de mitigação e adaptação à mudança do clima seriam implicitamente atendidos (Zioni, 2019, p. 104).

Nesse mesmo sentido, afirmam Linke, Oberling e Rocha (2016, p. 2), que o PSTM teria ajudado a "promover a harmonização em nível federal dos planos, políticas e financiamentos voltados à mobilidade urbana com um planejamento que possibilite a incorporação de ações para a adaptação e resiliência".

Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU)

A Política Nacional de Mobilidade Urbana, instituída pela Lei n. 12.587/2012, estabelece as diretrizes e instrumentos de gestão da mobilidade, determinando como obrigatória a elaboração e aprovação do Plano de Mobilidade Urbana em cidades com mais de 20 mil habitantes ou integrantes de Regiões Metropolitanas, para os desdobramentos das diretrizes nacionais. A política preconiza a priorização dos modos não motorizados e do transporte público coletivo, o fomento a alternativas energéticas e tecnológicas para o transporte público e a permissão para operacionalizar instrumentos de desestímulo ao uso do veículo motorizado individual. Estabelece, assim, um novo paradigma, a tal "inversão da pirâmide de prioridades".

Em seu Artigo 3º, determina que o Sistema Nacional de Mobilidade Urbana é conjunto organizado e coordenado dos modos de transporte, de serviços e de infraestruturas que garante os deslocamentos de pessoas e cargas no território do município, além dos instrumentos de controle, fiscalização, arrecadação de taxas e tarifas e difusão de informações.

Coube ao Ministério das Cidades compor o Plano Nacional sobre Mudança do Clima, por meio do Plano Setorial de Transporte e de Mobilidade Urbana para Mitigação e Adaptação a Mudanças do Clima.

Plano Setorial de Transporte e de Mobilidade Urbana para Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima (PSTM)

O objetivo geral do Plano Setorial de Transporte e de Mobilidade Urbana para Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima é contribuir para a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) no setor

de transporte, por meio de iniciativas que levem a uma ampliação da infraestrutura de transporte de cargas e a uma maior utilização de modais mais eficientes energeticamente. No setor de mobilidade urbana, tais iniciativas visam o aumento do uso de sistemas eficientes de transporte público de passageiros, contribuindo para o cumprimento dos compromissos assumidos voluntariamente pelo Brasil.

Entre os objetivos específicos do plano estão a ampliação do conhecimento a respeito das emissões de CO^2 advindas dos subsetores de transporte e da mobilidade urbana e seu potencial de redução; a contribuição, de forma alinhada com outras políticas governamentais, para a tomada de decisão quanto à expansão e transferência para modos de transportes mais eficientes; a potencialização dos ganhos com investimentos em mobilidade urbana, ressaltando os co-benefícios socioambientais da expansão do transporte público de passageiros e do transporte não motorizado e o fortalecimento dos elos institucionais na perspectiva de criar os meios para transpor eventuais barreiras ao aumento da capacidade do Setor Transportes e da Mobilidade Urbana para a mitigação das mudanças do clima.

No Plano Nacional de Adaptação às Mudanças do Clima, são diretrizes para a adaptação: buscar o equilíbrio da matriz de transporte de cargas, garantir a intermodalidade dos sistemas de transporte e logística, adotar conceitos urbanísticos sustentáveis para uso misto e adensamento, fortalecer e qualificar a infraestrutura de transporte público coletivo e individual não-motorizado, com integração intermodal e flexibilização dos sistemas, além da articulação interfederativa para maior sinergia nas regiões metropolitanas. Cabe ressaltar que racionalizar a matriz de transportes de carga requer uma série de medidas institucionais e o aporte de significativos investimentos e que equilibrar a matriz de viagens implica em efetivar as diretrizes da PNMU, especialmente em relação à inversão de prioridades.

As estratégias de infraestrutura para os setores de Transportes, Mobilidade Urbana e Energia são fundamentais pois os eventos extremos causam parte dos deslizamentos e inundações, que afetam estradas e ferrovias, sendo as estradas não pavimentadas (79%) as mais vulneráveis. A infraestrutura de transporte de cargas também pode ser afetada por cenários de aumento de temperatura e de eventos de seca, no caso do transporte hidroviário. O aumento da temperatura da superfície do mar e as tempestades tropicais, com ventos fortes mais frequentes, também afetam o sistema de transporte.

A articulação das políticas visando o transporte e mobilidade urbana sustentáveis

A incorporação da preocupação com a mitigação dos GEEs nas políticas públicas, associada aos demais problemas ambientais urbanos, como a qualidade do ar, a geração de resíduos contaminantes e o ruído, se apoiaria, no que se refere aos transportes urbanos, na alteração na matriz de deslocamentos da população, por meio do aumento da participação do transporte coletivo na divisão modal, especialmente nos centros urbanos maiores. A redução de emissões pela mudança modal das viagens urbanas é possível a partir, por exemplo, da implantação de infraestrutura para a mobilidade urbana, do planejamento urbano associado à política de mobilidade, da implantação de instrumentos de gestão da mobilidade urbana e da substituição da fonte de energia utilizada no transporte público por ônibus.

Tais diretrizes encontravam respaldo em ações estratégicas que vinham sendo levadas no âmbito federal, como a promulgação da Lei n. 12.578 (PNMU), em 2012, com perspectiva de até 2015 promover o planejamento do transporte e da mobilidade urbana disseminado nos municípios brasileiros. Além disso, houve projetos do PAC para mobilidade com iniciativas locais e regionais. Com o PAC, maiores recursos passaram a ser destinados a grandes obras de infraestrutura social, urbana, logística e energética, e é quando os sistemas de transporte urbano de passageiros ganharam maior destaque. Investimentos em modernos e eficientes corredores de ônibus (BRT) e Veículos Leve sobre Trilhos (VLT) foram prometidos para as 12 capitais, sedes da Copa Mundial de Futebol de 2014.

MUDANÇAS DO CLIMA POLÍTICO E DAS PERSPECTIVAS PARA O TRANSPORTE E MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL

O circuito virtuoso que vinha sendo traçado pelas políticas ambientais e de transporte, no Brasil, foi interrompido pelo golpe em 2016, quando o projeto de redemocratização, alicerçado na Constituição Federal de 1988, começava a estabelecer políticas e direitos sociais de maior inclusão e justiça socioambiental (Pochmann, 2022). Desde então, mudanças mais recentes no contexto político e institucional brasileiro, de orientação neoliberal, acentuam as estratégias de desregulação e privatização dos setores de infraestrutura urbana

e regional, fragilizando os marcos institucionais do desenvolvimento urbano e ambiental arduamente construídos e cercando de incertezas os avanços até então conquistados.

Há quem diga que essa mudança no clima político tenha recebido incentivos externos, mas a orientação política nacional vem reforçando estratégias neoliberais e simultaneamente enfraquecendo a agenda ambiental anteriormente assumida. O Brasil havia conquistado papel de destaque no ambiente internacional, seguindo as regras estabelecidas no marco da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, e chegando, em 2012, a ampliar seu compromisso voluntário de redução de emissões em cerca de 30% para 2020 (Brasil, 2013).

A meta voluntária de redução das emissões de gases de efeito estufa da Política Nacional de Mudanças Climáticas (Brasil, 2009) era entre 36,1% e 38,9% até 2020. Em 2015, o Brasil apresentou sua pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) ao acordo de Paris, que foi de 37% até 2025 e 43% até 2030, com base nas emissões de 2005. No documento, constava ainda que o atingimento das metas não estava condicionado a nenhum aporte externo de financiamento e que políticas públicas para zerar o desmatamento ilegal na Amazônia e para recuperar áreas de pastagens degradadas poderiam ajudar a cumprir a meta.

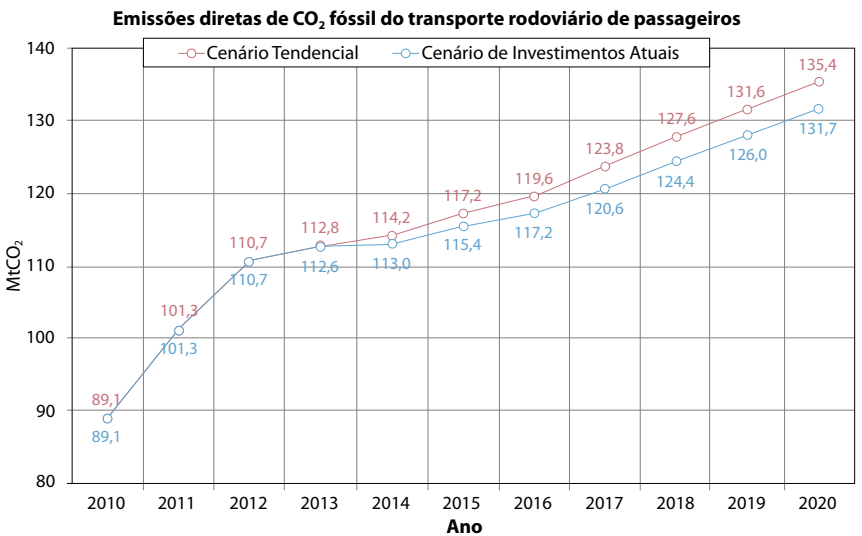
Na NDC atualizada de 2020, o Brasil manteve as metas de redução das emissões de 37% e 43% e acrescentou a neutralidade até 2060, também com base nas emissões de 2005. No entanto, no terceiro inventário nacional, publicado em 2016, houve atualização da metodologia de cálculo e a referência de 2005 passou de 2,1 bilhões de toneladas de gás carbônico equivalente para 2,8 bilhões, ou seja, em 2020, o Brasil manteve a meta de redução de 2015, ignorando as atualizações das emissões de 2005. Na NDC de março de 2022, o Brasil manteve a meta de redução de 37% até 2025, aumentou para 50% a meta de redução para 2030 e a neutralidade até 2050. No entanto, mesmo considerando a atualização da base de referência de 2005, em números absolutos, as metas de 2022 permitem mais emissão do que o compromisso assumido em 2016.

O cenário que orientou o PSTM (Brasil, 2013) considerava a colaboração de investimentos em sistemas de transporte de baixo carbono previstos nos programas de transporte interestadual de passageiros e cargas, mas principalmente nos sistemas coletivos de passageiros urbanos. Os investimentos em infraestrutura e sistemas de transporte coletivo previstos para 2014, quando da realização da Copa do Mundo

e aqueles abrangidos no PAC Mobilidade Grandes Cidades, representariam, entre os anos de 2013 e 2020, uma redução de quase 3% no total das emissões do setor de transportes urbanos, relativamente ao cenário tendencial (Brasil, 2013).

O PSTM elaborou cenários de emissões considerando um conjunto de projetos previstos no Plano Nacional de Transportes e Logística (PNLT) (2011) e de projetos de infraestrutura de mobilidade urbana fomentados pelo Governo Federal, associados à Copa do Mundo FIFA 2014 e PAC Mobilidade Grandes Cidades e outros, considerados relevantes no âmbito dos Governos Estaduais e Municipais, mas que não se efetivaram (Brasil, 2013). O Gráfico 1 representa a estimativa do abatimento de emissões de GEE da implantação de infraestrutura para a mobilidade urbana, por meio de projetos de transporte público coletivo. Seja pela transferência modal, seja por novos padrões de consumo de combustíveis, os projetos de infraestrutura de mobilidade urbana considerados neste cenário do PSTM poderiam promover o aumento de sua participação no conjunto de deslocamentos da população, em detrimento do transporte individual, concorrendo para a redução das emissões. Entretanto sua validade deve ser considerada, visto que nem todos os projetos chegaram a bom termo, ou permanecem até hoje inconclusos.

Gráfico 1 – Emissões evitadas considerando o cenário de investimentos estimados atuais (em 2013) [imagem original de baixa qualidade].



Fonte: Brasil (2013, p. 75.c).

O PSTM, como os demais Planos Setoriais, deveria ser revisado regularmente a cada dois anos de modo a adequá-los às demandas sociais, e monitorado pelos órgãos executivos — Ministério dos Transportes e Ministério das Cidades. A extinção deste último, assim como de outros órgãos da administração pública, e mudanças na orientação política nos setores de transporte e meio ambiente, que ocorreram no âmbito federal, após o golpe de 2016 e na gestão seguinte, interrompeu planos, projetos e políticas que tinham como compromisso o desenvolvimento do transporte e mobilidade urbana sustentáveis, capazes de mitigar os efeitos danosos da mudança climática.

Um documento "Adaptação para as Mudanças Climática na Mobilidade Urbana", elaborado como subsídio para a revisão do PSTM, ainda no âmbito do Ministério das Cidades, testemunha a descontinuidade das ações do estado, ainda que faça parte do acervo do Ministério de Desenvolvimento Regional, que abrangeu as atribuições do ministério extinto. Produzido entre 2015 e 2016, pelo Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento (ITDP Brasil), em associação ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e apoio da Embaixada Britânica em Brasília, aponta a necessidade de avanços para que o PSTM incorpore as já urgentes estratégias de adaptação às mudanças do clima, o que tem sido confirmado por frequentes e intensas chuvas e consequentes trágicas enchentes em cidades brasileiras.

Como esse estudo, que resultou na Agenda ITDP - Adaptação para a Mudança Climática (2018) como um documento de divulgação mais ampla, um conjunto de seis cadernos técnicos de orientação e incentivo de ações públicas na promoção da "Mobilidade Urbana de Baixo Carbono" foram elaborados por iniciativa do Banco Interamericano de Desenvolvimento, com apoio do Global Environment Facility (GEF). Outros esforços importantes de iniciativa da sociedade civil e entidades do setor têm sido feitos, a exemplo do empenho da WRI Brasil na campanha para a transição para uma economia de baixo carbono e para infraestruturas e sistemas de transportes resilientes às mudanças climáticas, ou do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento e Sustentabilidade, que executa o projeto "EletroMobilidade: transição para a eletromobilidade nas cidades brasileiras", financiado pelo Fundo de Tecnologia Limpa do Climate Investment Fund (CIF), administrado pelo Banco Mundial. Tais iniciativas, entretanto, ainda não se desdobraram em efetivas

políticas e mesmo em ações articuladas não mais capitaneadas pelo setor público federal, que hoje dispõe de menor espaço institucional, restrito ao âmbito de uma Secretaria Nacional de Mobilidade e Desenvolvimento Regional e Urbano do Ministério de Desenvolvimento Regional.

A revisão do marco legal do Transporte e Mobilidade Urbana, Lei n. 12.587 (Brasil, 2012), que vem sendo demandado pela sociedade civil e pelo setor de transportes frente a crise pode ser uma oportunidade de maior compromisso com a transição a uma mobilidade urbana de baixo carbono e de adaptação às mudanças climáticas, mesmo reconhecendo que a racionalização energética da matriz de transportes urbanos requer investimentos importantes, medidas institucionais e políticas que não podem ser negligenciadas ou delegadas.

CONCLUSÃO

Antes considerado peça importante da estratégia nacional frente a emergência climática, o Plano Setorial de Transporte e de Mobilidade Urbana para Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima (PSTM), de 2013, parece hoje estar esquecido entre as publicações do MDR, a não ser pelo esforço e incentivo de instituições internacionais e da sociedade civil para atualizar e incrementar sua agenda. Aliás, sua atualização já era cobrada, uma vez que mais se dedicava às medidas de mitigação que às de adaptação, e por estar atrelado a planos de obras e investimentos que não se realizaram ao longo do tempo, tornando seus cenários e objetivos sem validade.

De qualquer modo, fica valendo o reconhecimento de que a busca por sistemas de transportes mais eficientes energeticamente, assim como políticas de mobilidade urbanas mais justas continuam como prioridade nas pautas do planejamento e desenvolvimento urbano.

REFERÊNCIAS

ADAPTAÇÃO para mudança climática. Rio de Janeiro: ITDP, 2018.

ALDRED, R. The new mobilities paradigm and sustainable transport: finding synergies and creating new methods. *In*: LOCKIE, S.; SONNENFELD, D. A.; FISCHER, D. R. **Routledge Handbook of Social And Environmental Change**. London, UK: Routledge, 2013.

BANISTER, D. Cities, mobility and climate change. **Journal of Transport Geography**, [*S. l.*], v. 19, n. 6, p. 1538-1546, nov. 2011.

BRASIL. **Lei n. 12.187, de 29 de dezembro de 2009**. Institui a Política Nacional de Mudanças Climáticas (PNMC) e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2009. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm. Acesso em: 16 nov. 2023.

BRASIL. **Lei n. 12.587, de 3 de janeiro de 2012**. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana; revoga dispositivos dos Decretos-Leis n.s 3.326, de 3 de junho de 1941, e 5.405, de 13 de abril de 1943, da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), aprovada pelo Decreto-Lei n. 5.452, de 1º de maio de 1943, e das Leis n.s 5.917, de 10 de setembro de 1973, e 6.261, de 14 de novembro de 1975; e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm. Acesso em: 16 nov. 2023.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana. **Estudo técnico [de] adaptação às mudanças climáticas na mobilidade urbana**. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2017.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Subsídios para a Formulação do Plano Setorial de Mobilidade Urbana para Adaptação às Mudanças Climáticas**. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2016.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Banco Interamericano de Desenvolvimento. **Transição para uma Mobilidade Urbana Zero Emissão**. Brasília, DF: IABS, 2021.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Ministério das Cidades. **Plano Setorial de Transporte e de Mobilidade Urbana para Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima (PSTM)**. Brasília, DF: Ministério dos Transportes; Ministério das Cidades, 2013.

GOMIDE, A. A.; GALINDO, E. P. A mobilidade urbana: uma agenda inconclusa ou o retorno daquilo que não foi. **Estudos Avançados**, [*S. l.*], v. 27, n. 79, p. 27–39, 2013.

JONES, P. The evolution of urban mobility: the interplay of academic and policy perspectives. **IATSS Research**, London, UK, v. 38, p. 7-13, 2014.

LINKE, C., OBERLING, D., ROCHA, J. P. M. Mobilidade urbana e mudanças climáticas: orientações para medidas adaptativas. *In*: ENCONTRO SOBRE IMPACTOS POTENCIAIS DE DESASTRES NATURAIS EM INFRAESTRUTURAS DE TRANSPORTE E MOBILIDADE URBANA, 2., São José dos Campos, 2016. **Anais** [...]. São José dos Campos: Unesp; Cemaden, 2016.

POCHMANN, M. **A grande desistência histórica e o fim da sociedade industrial**. São Paulo: Ideias & Letras, 2022.

ZIONI, S. Transporte e mobilidade urbana: desafios da adaptação às mudanças climáticas na Macrometrópole Paulista. *In*: TORRES, P. *et al*. **Governança e planejamento ambiental**: adaptação e políticas públicas na Macrometrópole Paulista. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2019. p. 100–113.

A INFLUÊNCIA DA VEGETAÇÃO NO MICROCLIMA URBANO

Luciana Schwandner Ferreira

INTRODUÇÃO

A perda da cobertura vegetal é uma consequência comum do desenvolvimento urbano. Substituir a cobertura natural do solo por materiais artificiais modifica as propriedades físicas das superfícies, diminuindo as taxas de infiltração e de evapotranspiração, o que altera as condições microclimáticas (Givoni, 1998; Voogt; Oke, 2003; Weng, 2009; Bowler *et al.*, 2010). Consequentemente as temperaturas do ar e da superfície em áreas urbanas tendem a ser mais altas do que em áreas não urbanas (Voogt; Oke, 2003; Adams; Smith, 2014).

Aumentar a arborização com o objetivo de influenciar o clima local tem sido uma estratégia recomendada por pesquisadores e adotada por algumas cidades, ainda que muitas vezes faltem estudos aprofundados sobre estratégias para a implementação da vegetação, especialmente em cidades com verões quentes (Alexander *et al.*, 2017; Bowler *et al.*, 2010; Coutts, 2015; Coutts *et al.*, 2016; Stone; Vargo; Habeeb, 2012; Wong; Chen, 2009).

Em um cenário de mudanças climáticas, onde se prevê que o número de eventos extremos de altas temperaturas e chuvas intensas irá aumentar (Climate [...], 2021), estratégias para compatibilizar a existência de vegetação nas áreas densamente construídas tornam-se ainda mais importantes (Climate [...], 2014).

A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) insere-se nesse contexto como a quarta maior região metropolitana do mundo (United Nations, 2019), que enfrenta graves problemas socioambientais consequentes de um processo de urbanização alheio às limitações naturais impostas pelo território. A população de baixa renda sem alternativa de moradia ocupou áreas ambientalmente frágeis, tanto nas periferias dos municípios como nas áreas mais centrais, muitas delas legalmente protegidas por uma normativa que pretendia restringir a ocupação e assegurar sua preservação, como as Áreas de Preservação Permanente de rios e córregos. Por sua vez, a ocupação formal do território também alterou as características naturais, suprimiu morros, retificou rios e

eliminou sistematicamente a cobertura arbórea, dando lugar a uma ocupação fragmentada, dispersa e demograficamente pouco densa, ditada pelo capital imobiliário especulativo e muitas vezes amparada pela legislação vigente (Ferreira, 2019).

Apesar dos esforços empreendidos pelo poder público em criar indicadores e normativas que orientem as ações em relação à vegetação, há carência de informações sobre os efeitos microclimáticos da cobertura vegetal, fato que motivou a execução da presente pesquisa, desenvolvida entre 2015 e 2019 (Ferreira, 2019). A partir da motivação original, definiu-se como objetivo delimitar a relação entre vegetação, temperatura de superfície e morfologia urbana na Região Metropolitana de São Paulo, utilizando, para tanto, o sensoriamento remoto.

Os papéis da vegetação no microclima urbano

A presença de vegetação nas áreas urbanas exerce influência sobre diversas variáveis ambientais, tais como: temperatura de superfície, umidade e temperatura do ar, ventilação, poluição atmosférica, poluição da água e do solo, drenagem, estabilidade dos solos e biodiversidade, além de impactar diretamente a saúde e o bem-estar humano (Givoni, 1998; Hough, 1998; Lombardo *et al.*, 2012; Nowak, 1994; Ulrich *et al.*, 1991; Wong; Chen, 2009).

A influência da vegetação nas variáveis citadas acima é complexa e varia de acordo com a escala de análise. Na escala microclimática os efeitos da vegetação dependem da densidade das folhas, dos tipos de folhas e galhos, do porte da vegetação, da disponibilidade de água no solo e de sua localização. Essas características variam conforme as interações solo/vegetação/atmosfera, a idade da planta, a espécie e a época do ano, apresentando interações complexas com a temperatura de superfície e a temperatura do ar, estando ligadas fundamentalmente a dois mecanismos: o sombreamento e a evapotranspiração (Adams; Smith, 2014; Ferreira, 2012; Oke *et al.*, 2017; Wong; Chen, 2009).

Sombreamento

A interceptação da radiação solar pela vegetação, especialmente pela vegetação arbórea, pode ser considerada o principal papel da vegetação na atenuação das temperaturas das superfícies

e do ar (Erell *et al.*, 2011; Shashua-Bar; Hoffman, 2000). A magnitude do sombreamento pode ser determinada pela estrutura do dossel vegetal, seu índice de área foliar (IAF) e a forma como estão distribuídas as aberturas geométricas das copas, ou *gap fraction* (Shinzato, 2014).

Evapotranspiração

A perda de água para a atmosfera sob a forma de vapor consome a maior parte da radiação absorvida pelas folhas, aumentando o calor latente ao invés do calor sensível. Nesse processo, ocorre o resfriamento das folhas e do ar ao redor delas (Givoni, 1998; Bowler *et al.*, 2010). A intensidade da evapotranspiração está diretamente relacionada à disponibilidade de água no solo, sendo que a própria evapotranspiração do solo tem papel relevante na atenuação da temperatura do ar abaixo do dossel (Erell *et al.*, 2011; Shinzato, 2014).

Efeitos combinados

Apesar da maioria dos estudos confirmar que a sombra de grandes árvores é um fator importante na redução das temperaturas do ar, a vegetação de pequeno porte (arbustiva e herbácea) também desempenha papel significativo, em alguns casos devido ao resfriamento evaporativo (Bowler *et al.*, 2010). A vantagem da vegetação arbórea em relação à arbustiva e herbácea, além do sombreamento, é que suas raízes conseguem acessar água em camadas mais profundas do solo (Coutts, 2015), o que em ambientes com pouca disponibilidade hídrica, contribui tanto com a saúde da vegetação, quanto com uma maior evapotranspiração.

Além do sombreamento e da evapotranspiração, a vegetação também intercepta a radiação de onda longa emitida pelas superfícies urbanas e pela atmosfera, fatores que em conjunto contribuem para que o ar abaixo do dossel não se aqueça com a mesma magnitude do que em áreas sem a cobertura vegetal (Erell *et al.*, 2011; Duarte, 2015).

A proximidade da vegetação com as edificações também pode diminuir a incidência de radiação solar direta nas fachadas, além dos efeitos na temperatura do ar descritos acima, reduzindo o consumo de energia para resfriamento (Givoni, 1998). Deve-se atentar, porém,

para que o arranjo de plantio não impeça a adequada circulação dos ventos e, em climas frios, não obstrua totalmente o acesso à radiação solar, permitindo o aquecimento passivo da edificação.

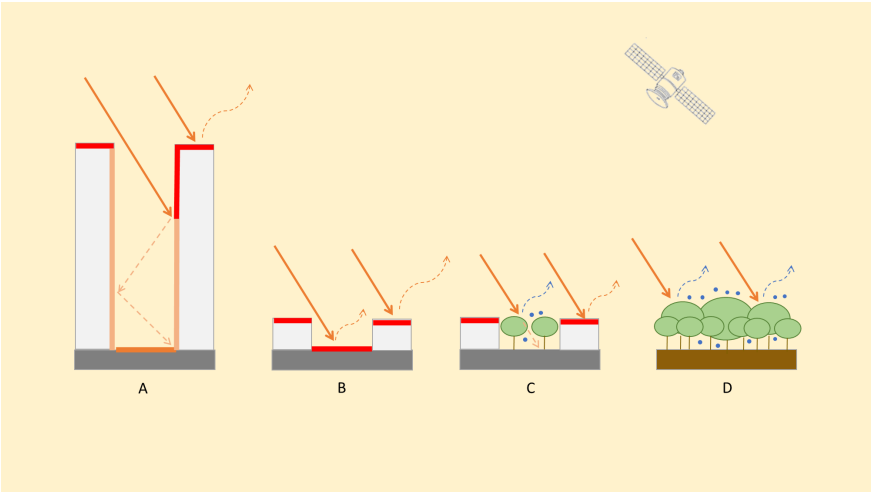
As Figuras 1 e 2 mostram esquematicamente as interações radiativas e energéticas de diferentes arranjos urbanos com e sem vegetação, de dia e à noite.

Durante o dia, o balanço de energia é governado pela radiação solar. A reflexão ou a absorção da radiação incidente e seu armazenamento dependerão das características de cada superfície. Nas situações sem vegetação (Figura 1 A e B) toda radiação incidente será absorvida ou refletida pelas superfícies. Dentro do cânion (Figura 1 A) ocorrem múltiplas reflexões da radiação solar direta, o que aumenta a absorção geral da radiação pelas faces do cânion (quando comparadas com superfícies isoladas), incluindo superfícies sombreadas pelos edifícios. Na situação com vegetação (Figura 1 C) a incidência da radiação solar diretamente sobre paredes e pavimento é bloqueada pela vegetação, diminuindo, portanto, os fluxos de calor sensível. A radiação incidente na vegetação é usada pelas plantas no processo de fotossíntese, que insere o fluxo de calor latente no balanço por meio da evapotranspiração (Figura 1 C e D). Este processo diminui o aquecimento do ar abaixo do dossel.

À noite (Figura 2), as coberturas esfriam com maior rapidez do que as demais superfícies, tanto pelo fato do estoque de calor acumulado ser menor, quanto pelo maior fator de visão do céu. Paredes e piso perdem o calor acumulado durante o dia, aquecendo o ar ao seu redor. A presença de vegetação pode dificultar a perda de calor das superfícies durante a noite pela menor visão do céu e pela diminuição da velocidade do ar, fazendo com que a temperatura do ar abaixo do dossel não caia tanto, diminuindo a amplitude térmica em relação à situação sem vegetação (Coutts, 2015; Oke *et al.*, 2017).

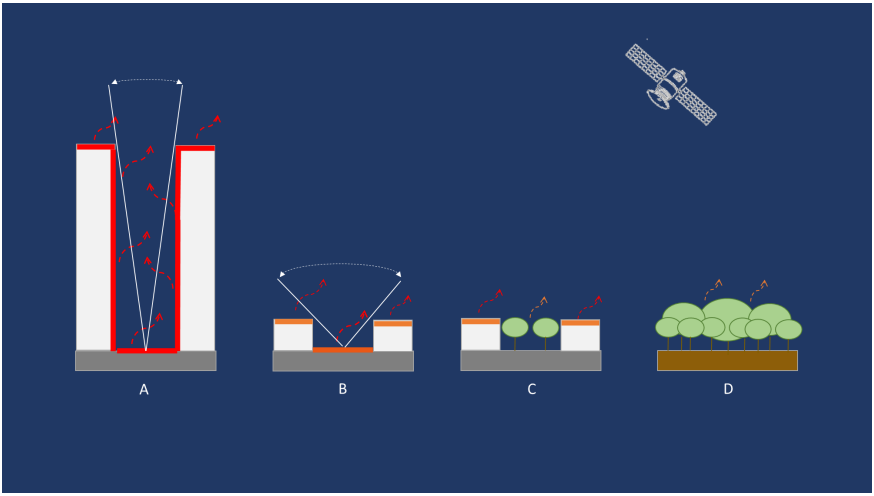
A redução dos ganhos de calor pelas paredes e coberturas não sombreadas pela vegetação arbórea poderia ser conseguida por meio da utilização de tetos e paredes verdes.

Figura 1 – Esquema das interações radiativas e energéticas do microclima urbano diurnas.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 2 – Esquema das interações radiativas e energéticas do microclima urbano noturnas.



Fonte: Elaborado pela autora.

MATERIAIS E MÉTODO

O sensoriamento remoto tem sido utilizado em aplicações militares e pelas ciências da terra desde o início do século XX, porém seu uso para estudos urbanos é mais recente, sendo que os primeiros fóruns acadêmicos sobre o tema tiveram início apenas em 1995. Apesar de o sensoriamento remoto urbano ser uma área bem desenvolvida, sua contribuição direta para a política urbana permanece pouco explorada (Wellman, *et al.*, 2020).

A utilização de dados de sensoriamento remoto em estudos urbanos apresenta várias vantagens: permite a observação de grandes áreas simultaneamente a um baixo custo, oferecendo uma alternativa à coleta de dados de campo, que geralmente é cara ou mesmo impossível para grandes áreas de estudo; fornece informações sobre bandas do espectro eletromagnético não visíveis em diferentes resoluções espaciais e com cobertura global; possibilita o uso de dados passados e a criação de séries temporais, que oferecem uma perspectiva histórica dos processos ou atributos urbanos; os dados georreferenciados podem ser integrados com dados socioeconômicos em ambiente SIG (sistema de informação geográfica).

As limitações do uso do sensoriamento remoto em estudos urbanos estão relacionadas às peculiaridades da interpretação das imagens devido à heterogeneidade e às características tridimensionais do ambiente urbano.

Baseado no comportamento espectral da vegetação, diversos índices de vegetação foram desenvolvidos a partir de dados de sensoriamento remoto, com o objetivo de avaliar qualitativa e quantitativamente a cobertura vegetal, indicando a abundância relativa e a atividade fotossintética da vegetação verde, ao mesmo tempo em que minimizem os efeitos de iluminação, declividade, geometria etc. (Jensen, 2009; Ponzoni; Shimabukuro; Kuplich, 2012).

Neste estudo foi utilizado o índice de vegetação por Diferença Normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index* - NDVI) desenvolvido por Rouse *et al.*, em 1974. O NDVI pode variar de -1 a 1. Valores negativos são atribuídos a superfícies não vegetadas, como corpos d'água (excluídos da presente análise); valores próximos de 1 a áreas com grandes quantidades de biomassa e valores próximos a zero a áreas sem vegetação (Silleos *et al.*, 2006).

Foram utilizados também dados de temperatura de superfície diurnos e noturnos, que assim como o NDVI, são obtidos por meio do satélite Aqua-MODIS. O MODIS foi escolhido devido à disponibilidade dos dados noturnos e por sua resolução temporal[53]. Essa resolução temporal supera um problema comum em estudos de temperatura de superfície urbanos: o viés produzido pelo uso de poucas imagens térmicas. A temperatura de superfície é uma variável dinâmica, por isso a caracterização do seu comportamento requer uma grande quantidade de imagens de satélite (Sousa; Ferreira, 2012). A utilização de poucas imagens termais pode levar a erros na análise, caso os dias escolhidos para o estudo não sejam dias típicos e de estabilidade atmosférica.

Todas as imagens entre 22 de setembro de 2002 e 6 de setembro de 2017 foram adquiridas gratuitamente da plataforma *Earth Data* da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA). Foram usadas 46 imagens por período (dia e noite), por ano, para o produto LST e 23 imagens, por ano, para o produto NDVI, totalizando 1380 e 345 imagens, respectivamente.

Foram excluídos os pixels contaminados por nuvens e aqueles com erros iguais ou superiores a 3K, assim como os principais corpos d'água (áreas transparentes nas Figuras 6, 7 e 8). Os corpos d'água foram excluídos devido às diferenças entre a capacidade térmica da água e as superfícies secas urbanas e as superfícies vegetadas. Para minimizar o impacto da ausência de dados devido à cobertura de nuvens ou erros, foram calculadas imagens médias para a estação chuvosa, que corresponde à primavera e ao verão e que apresenta os valores de temperatura mais elevados. Todo o processamento foi realizado no software R.

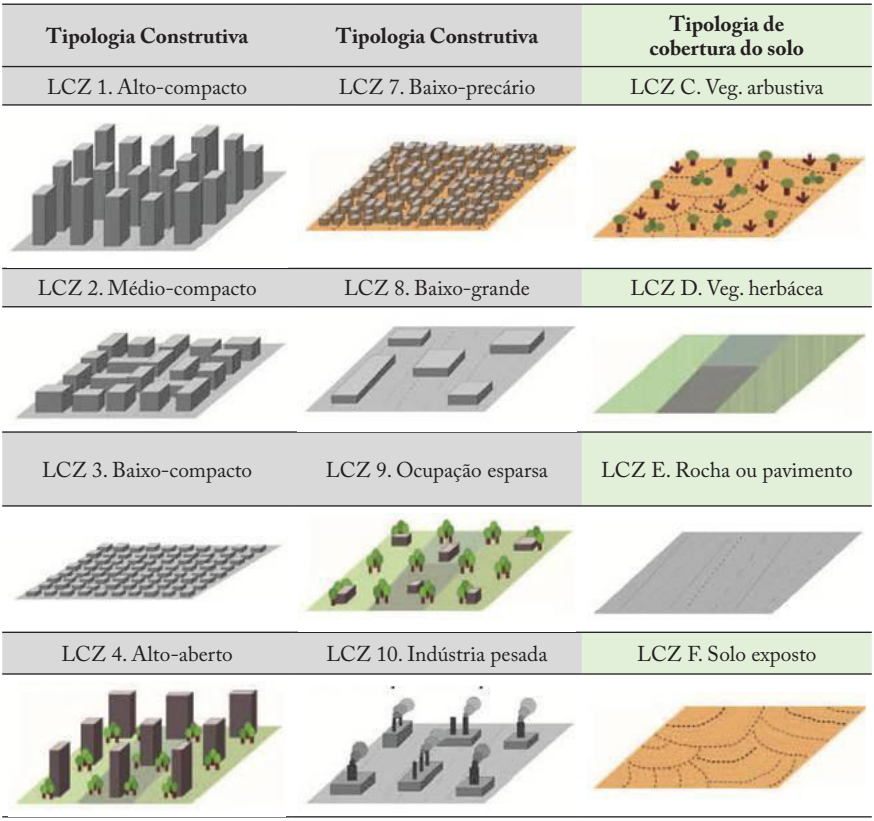
O mapeamento da morfologia urbana foi realizado de acordo com o conceito de *local climate zones* (LCZ), desenvolvido por Stewart e Oke (Stewart; Oke, 2012) e a classificação LCZ está de acordo com a metodologia do *World Urban Database and Access Portal Tools* (WUDAPT) (Bechtel *et al.*, 2015). A figura 3 apresenta as classes propostas por Stewart e Oke (2012).

[53] Os produtos AQUA MODIS utilizados foram: MYD11A2 (MODIS/Aqua LST/Emissivity 8-Day L3 Global 1 km SIN Grid V006, resolução espacial de 1 km), com passagem às 13h30 e 1h30 e MYD13Q1 (MODIS/Aqua Vegetation Indices 16-Day L3 Global 250 m SIN Grid V006, resolução espacial de 250 m). Os produtos MODIS LST utilizados apresentam a média de 8 dias para cada pixel da imagem. O produto MODIS Vegetation Indices apresenta a melhor resposta obtida para cada pixel em um intervalo de 16 dias.

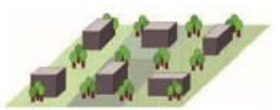
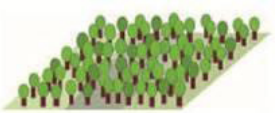
As LCZ são definidas como regiões com cobertura uniforme de solo, estrutura, materiais e atividades humanas, ocupando centenas de metros ou quilômetros. Cada LCZ possui um regime de temperatura do ar característico que é mais evidente em superfícies secas, em noites claras com pouco vento e em áreas de relevo simples. Apesar da caracterização original das LCZ ser realizada com dados de temperatura do ar, a falta de uma rede de monitoramento densa e confiável na região de estudo levou ao uso da temperatura de superfície obtida por sensoriamento remoto como alternativa, método usado também por outros pesquisadores (Cai *et al.*, 2018; Geletič, J. *et al.*, 2017).

Foram elaborados mapas para 2002 e 2017[54], ambos com resolução espacial de 250m (Ferreira; Duarte, 2022a; 2022b), respectivamente o primeiro e último ano da série histórica analisada.

Figura 3 – Local Climate Zones.



[54] Os mapas usaram respectivamente cenas do satélite Landsat 7 ETM+ de 20 de abril e 7 de junho e do satélite Landsat 8 OLI TIRS de 26 de junho e 15 de novembro.

	Tipologia de cobertura do solo	
LCZ 5. Médio-aberto	LCZ A. Veg. Arbórea densa	LCZ G. Água
		
LCZ 6. Baixo-aberto	LCZ B. Veg. Arbórea esparsa	
		

Fonte: Adaptado de Stewart e Oke (2012).

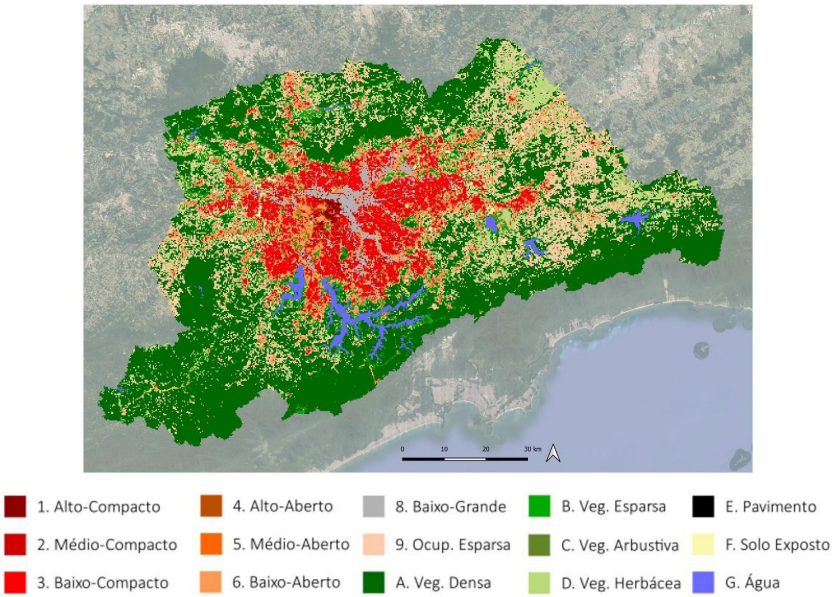
RESULTADOS

As Figuras 4 e 5 apresentam os resultados de morfologia urbana, dados pelas classificações da RMSP em LCZ para os anos de 2002 e 2017.

É possível verificar que o mapeamento LCZ captura bem as principais características morfológicas da RMSP: centro do município de São Paulo verticalizado e adensado (LCZ 1), zona sudoeste do município de São Paulo composta por tipologias horizontais e verticais com presença de espaços livres e vegetação (LCZ 4 e 6), áreas industriais com grandes edifícios ao longo das ferrovias (LCZ 8), áreas periféricas do município de São Paulo e área urbanizada dos demais municípios da RMSP predominantemente horizontais e com poucos espaços livres (LCZ 3), ocupação esparsa, áreas vegetadas, incluindo vegetação densa nas áreas periféricas da RMSP (LCZ 9 e LCZ A, B, C e D).

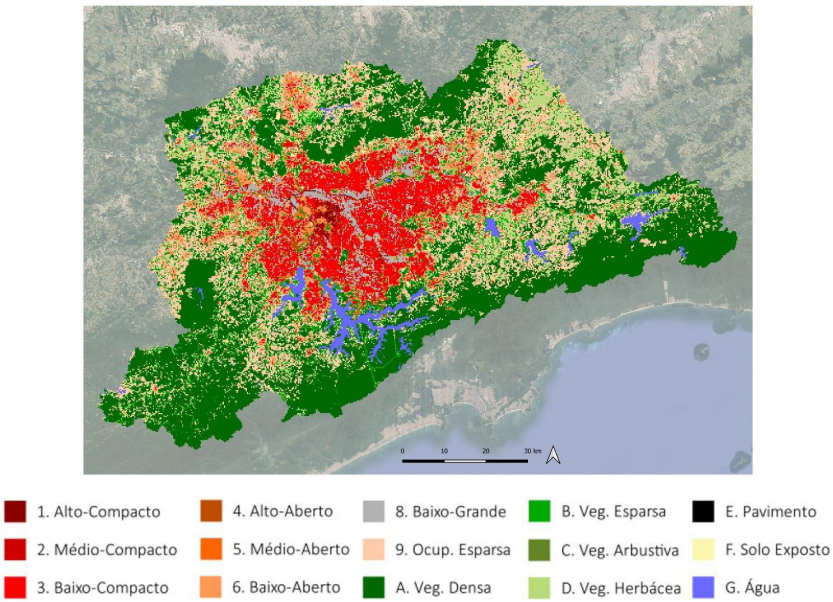
Apesar das diferenças verificadas entre o mapa de 2002 e 2017, a caracterização geral da ocupação da RMSP descrita acima se mantém.

Figura 4 – Classificação da RMSP em Local Climate Zones (LCZ) 2002.



Fonte: Ferreira (2019); Ferreira e Duarte (2022a).

Figura 5 – Classificação da RMSP em Local Climate Zones (LCZ) 2017.

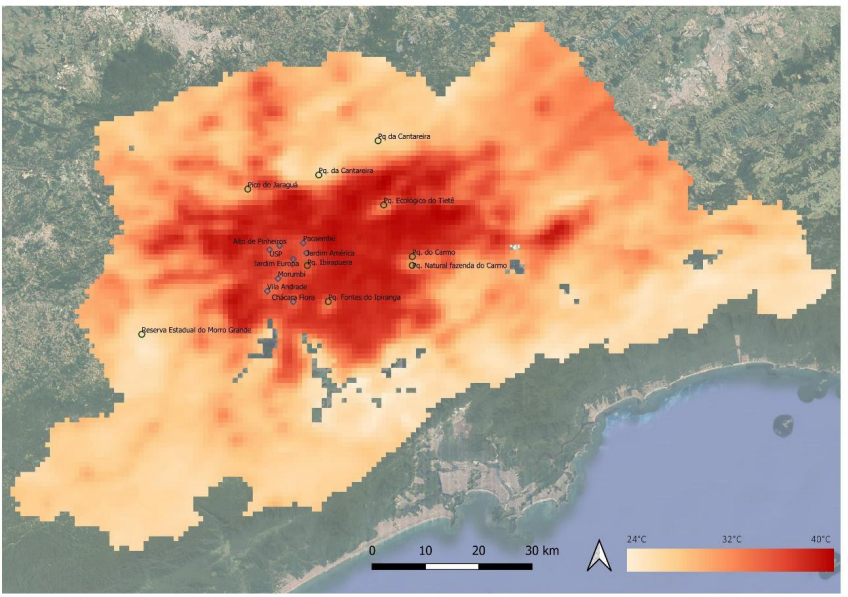


Fonte: Ferreira (2019); Ferreira e Duarte (2022b). As Figuras 6 e 7 apresentam as temperaturas de superfície médias diurnas e noturnas do período estudado para toda a região metropolitana.

A área urbana apresenta temperatura de superfície diurna (Figura 6) mais elevada que seu entorno menos urbanizado e mais arborizado. Porém, apesar de mais aquecida, a área urbanizada não apresenta temperatura homogênea, sugerindo a necessidade de distinção dos tipos morfológicos dessas áreas.

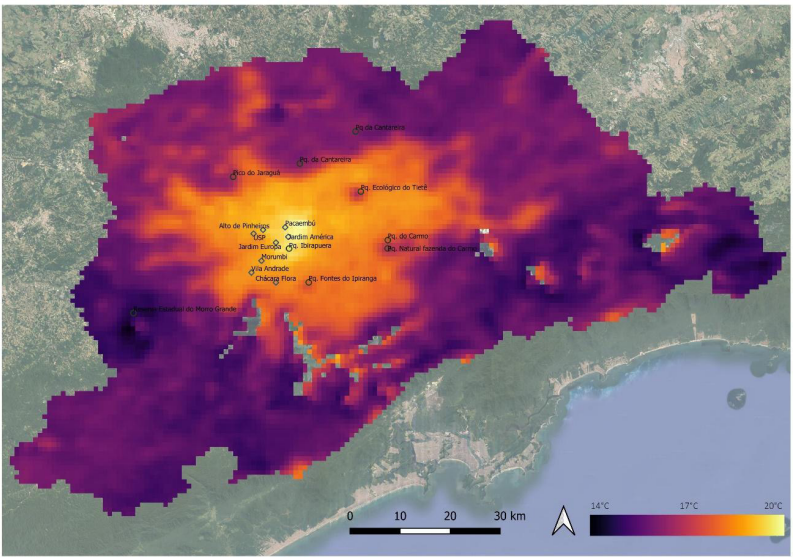
As áreas menos aquecidas no interior da área urbana, ou contíguas a ela, destacam-se claramente na imagem diurna e coincidem com áreas densamente arborizadas e protegidas, como parques estaduais e municipais. Em relação à área urbana principal, destacam-se algumas áreas edificadas nas zonas oeste e sudoeste do município de São Paulo, que apresentam temperatura superficial diurna marcadamente inferior a seu entorno, como os bairros de Alto de Pinheiros, Pacaembu, Jardim América, Morumbi, Vila Andrade e Chácara Flora, além da Cidade Universitária (USP).

Figura 6 – Temperatura superficial diurna média das estações chuvosas de 2002 a 2017.



Fonte: Adaptado de Ferreira (2019).

Figura 7 – Temperatura superficial noturna média das estações chuvosas de 2002 a 2017.



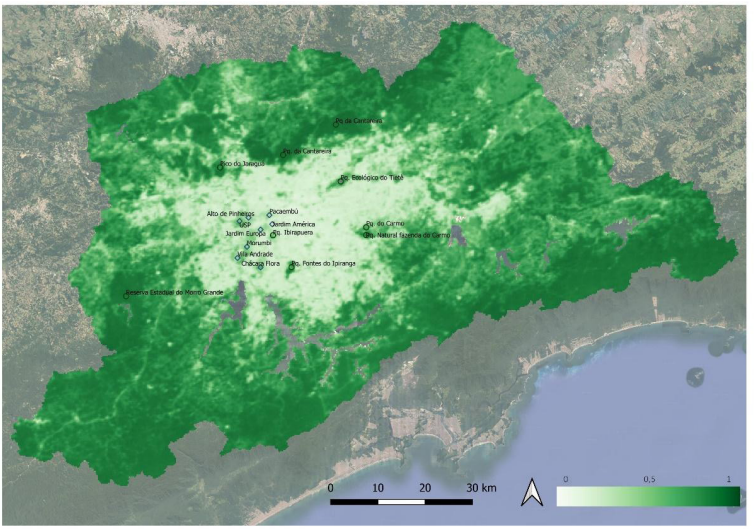
Fonte: Adaptado de Ferreira (2019). Assim como nas imagens diurnas, a área urbana apresenta temperatura noturna superior ao seu entorno menos urbanizado (Figura 7); porém a área mais aquecida na imagem noturna é menos extensa do que na imagem diurna. Essa área coincide com as áreas verticalizadas e com pouca vegetação, representadas pela tipologia LCZ 1 (Alto-Compacto), mostrada nas Figuras 4 e 5, sugerindo a ocorrência de ilha de calor superficial.

Destaca-se que tais áreas apresentam temperatura superficial diurna inferior às áreas urbanas periféricas, compostas prioritariamente pela tipologia LCZ 3 (Baixo-Compacto), o que será evidenciado nas imagens de temperatura de superfície por LCZ apresentadas nas Figuras 10 e 11.

O resultado para o índice de vegetação NDVI apresentou valores menores na área urbanizada, conforme esperado. Os maiores valores são verificados nas áreas vegetadas, com menor ocupação humana. Assim como verificado no caso das temperaturas superficiais, existem diferenças no NDVI no interior da área urbanizada. Além das áreas protegidas, como parques, destacam-se os já mencionados bairros da região sudoeste do município de São Paulo.

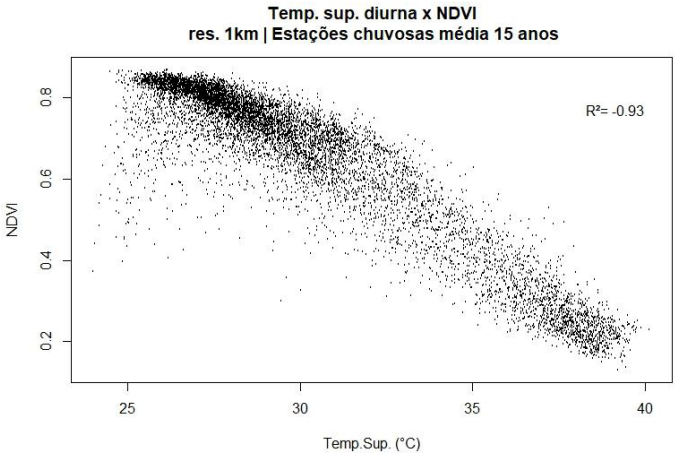
A correspondência visual entre a imagem de temperatura superficial diurna e o NDVI é comprovada por meio da análise do gráfico de dispersão entre as duas variáveis (Figura 9), que aponta correlação alta e negativa, com coeficiente de determinação de 0,93.

Figura 8 – NDVI médio das estações chuvosas de 2002 a 2017.



Fonte: Adaptado de Ferreira (2019).

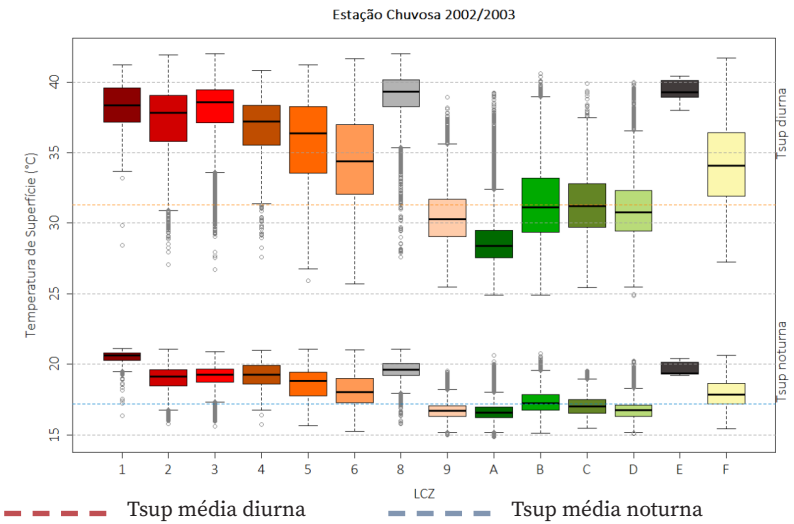
Figura 9 – Gráfico de dispersão entre temperatura superficial diurna e NDVI.



Fonte: Elaborado pela autora. O exame dos valores das temperaturas por morfologia (classes LCZ) contribui para a melhor discriminação das diferenças entre as tipologias. As temperaturas superficiais diurnas e noturnas de cada LCZ foram computadas para a estação chuvosa dos anos de abrangência dos mapas. Para o mapa de LCZ 2002 foram usadas temperaturas da estação chuvosa 2002/2003 e para o mapa de LCZ 2017, dados da estação chuvosa 2016/2017. A variação das temperaturas em cada LCZ foi representada em gráficos do tipo boxplot[55], ou caixa.

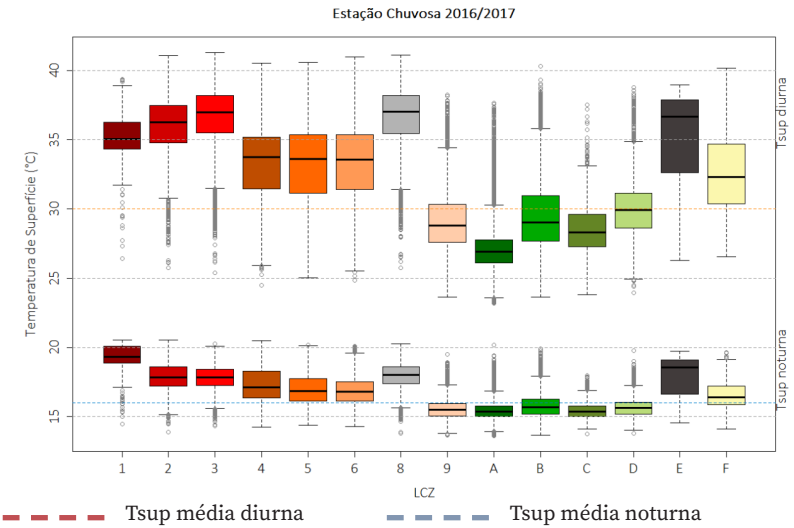
[55] Os gráficos do tipo *boxplot*, ou diagramas de caixas, representam graficamente a variação dos dados. A parte inferior da caixa representa o primeiro quartil dos dados, a parte superior

Figura 10 – Temperatura superficial diurna e noturna por LCZ 2002. Estação Chuvosa 2002/2003.



Fonte: Ferreira (2019).

Figura 11 – Temperatura superficial diurna e noturna por LCZ 2017. Estação Chuvosa 2016/2017.



Fonte: Ferreira (2019).

representa o terceiro quartil e a linha mais espessa no centro da caixa representa a mediana. Assim, considera-se que 50% dos dados encontram-se nos limites da caixa. As linhas verticais, inferior e superior, representam os limites dos dados e os pontos fora dessas margens, os dados discrepantes ou *outliers*.

Para os dois anos analisados, as temperaturas diurnas das tipologias construídas são superiores às temperaturas das tipologias vegetadas, sendo que as primeiras se encontram acima da temperatura média da RMSP nos dois anos, tanto de dia quanto à noite, com exceção da LCZ 9 (Ocupação Esparsa). A quantidade de vegetação presente nessa tipologia possivelmente contribui para que suas temperaturas fiquem mais próximas das tipologias vegetadas.

Dentre as tipologias construídas, a LCZ 3 (Baixo-Compacto) e a LCZ 8 (Baixo-Grande) apresentam temperatura diurna superior às demais classes construídas e a LCZ 1 (Alto-Compacto) apresenta temperatura noturna superior às demais classes construídas[56].

Dentre as tipologias vegetadas, a LCZ B (Vegetação Arbórea Esparsa) apresentou temperatura diurna equivalente ou ligeiramente superior à LCZ C (Vegetação Arbustiva) e à LCZ D (Vegetação Herbácea). Isso pode ocorrer por incertezas da classificação ou devido ao fato de que algumas áreas com cobertura arbórea esparsa apresentam solo impermeabilizado, o que elevaria as temperaturas superficiais diurnas.

Durante o dia, a temperatura da LCZ A (Vegetação Arbórea Densa) é inferior às das demais classes vegetadas, porém, nas imagens noturnas, as classes LCZ C (Vegetação Arbustiva) e LCZ D (Vegetação Herbácea) apresentam temperatura semelhante ou ligeiramente inferior à LCZ A (Vegetação Arbórea Densa). Possivelmente a biomassa presente nas áreas de vegetação mais densa contribui para seu lento resfriamento no período noturno, como verificado por MENDES *et al.* (2015) em estudo realizado com imagens termais de alta resolução na cidade de Piracicaba (SP).

CONCLUSÃO

Os resultados indicam o papel que a vegetação e a morfologia urbana desempenham nos padrões de aquecimento e resfriamento na Região Metropolitana de São Paulo.

O desempenho térmico dos arranjos urbanos existentes pode informar os planejadores urbanos e tomadores de decisão para uma abordagem de projeto mais sensível ao clima, indicando alturas e espaçamentos dos edifícios e a necessidade de vegetação intraquadra, nas áreas mais adensadas e ao longo do sistema viário.

[56] A análise considerou a mediana apresentada nos gráficos das figuras.

Outros aspectos também devem ser considerados, como conexões urbanas, acesso a espaços públicos, interações sociais etc. Em São Paulo, a tipologia LCZ 4 (Alto-Aberto) apresentou o melhor desempenho térmico nos mapas elaborados, ou seja, na escala do pixel, mas, do ponto de vista das pessoas, é uma das áreas mais segregadas da cidade, com muitos condomínios fechados e espaços públicos de baixa qualidade.

A complexa realidade das cidades brasileiras, porém, impõe desafios à inserção e à preservação da vegetação urbana que vão além das questões técnicas e envolvem a compreensão das 'relações entre os processos sociais e o suporte físico' (Queiroga, 2016, s. p.), bem como dos interesses em disputa no território urbano.

Os resultados aqui apresentados configuram uma nova camada de informações para a análise de tais relações e pretendem contribuir para aprofundar a compreensão dos papéis da vegetação e sua importância para a qualidade de vida urbana, especialmente em um cenário de alterações climáticas e eventos extremos.

AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi apoiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo FAPESP (#2015/17360-5).

"As opiniões, hipóteses e conclusões ou recomendações expressas neste material são de responsabilidade do(s) autor(es) e não necessariamente refletem a visão da FAPESP".

REFERÊNCIAS

ADAMS, M. P.; SMITH, P. L. A systematic approach to model the influence of the type and density of vegetation cover on urban heat using remote sensing. **Landscape and Urban Planning**, [*S. l.*], v. 132, p. 47–54, 2014.

ALEXANDER, P. J. *et al*. Land surface temperature climatology over urban surfaces: A blended approach. *In*: JOINT URBAN REMOTE SENSING EVENT, 2017, Dubai, UAE. **Anais** [...]. Dubai, UAE: Jurse, 2017.

BECHTEL, B. *et al*. Mapping local climate zones for a worldwide database of the form and function of cities. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, [*S. l.*], v. 4, n. 1, p. 199–219, 2015.

BOWLER, D. E. *et al*. Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. **Landscape and Urban Planning**, [*S. l.*], v. 97, n. 3, p. 147–155, 2010.

CAI, M. *et al*. Investigating the relationship between local climate zone and land surface temperature using an improved WUDAPT methodology: A case study of Yangtze River Delta, China. **Urban Climate**, [*S. l.*], v. 24, p. 485–502, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.uclim.2017.05.010. Acesso em: 16 nov. 2023.

CLIMATE change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability — IPCC Working Group II Contribution to AR5. Genebra: IPCC, 2014.

CLIMATE change 2021: the physical science basis — contribution of working group i to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2021. In Press.

COUTTS, A. Green infrastructure for cities: It's all about trees. **Urban Climate News**, [*S. l.*], n. 57, p. 7–12, set. 2015.

COUTTS, A. M. *et al*. Thermal infrared remote sensing of urban heat: hotspots, vegetation, and an assessment of techniques for use in urban planning. **Remote Sensing of Environment**, [*S. l.*], v. 186, p. 637–651, 2016.

DUARTE, D. H. **O impacto da vegetação no microclima em cidades adensadas e seu papel na adaptação aos fenômenos de aquecimento urbano**: contribuições a uma abordagem interdisciplinar. 2015. Tese (Livre-Docência) — Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/livredocencia/16/tde-11052016-104104/pt-br.php. Acesso em: 16 nov. 2023.

ERELL, E.; PEARLMUTTER, D.; WILLIAMSON, T. **Urban microclimate:** designing the spaces between buildings. London, UK: Eathscan, 2011.

FERREIRA, L. S. **Manejo da vegetação na cidade de São Paulo**: supressão e compensação— o caso do distrito da Vila Andrade. São Paulo. 2012. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) — Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-08082012-150741/publico/dissertacao_lucianasch_original.pdf. Acesso em: 16 nov. 2023.

FERREIRA, L. S. **Vegetação, temperatura de superfície e morfologia urbana**: um retrato da região metropolitana de São Paulo. 2019. 195 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) — Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-02102019-173844/pt-br.php. Acesso em: 16 nov. 2023.

FERREIRA, L. S.; DUARTE, D. H. S. Local Climate Zone (LCZ) map of the São Paulo Metropolitan Region: 2002. **Mendeley Data**, [*S. l.*], 2022a. Disponível em: https://doi.org/10.17632/vzw944wghx.2. Acesso em: 16 nov. 2023.

FERREIRA, L. S.; DUARTE, D. H. S. Local Climate Zone (LCZ) map of the São Paulo Metropolitan Region: 2017, **Mendeley Data**, [*S. l.*], 2022b. Disponível em: https://doi.org/10.17632/3p743v3tfn.2. Acesso em: 16 nov. 2023.

GELETIČ, J. *et al.* Statistical analyses of land surface temperature in local climate zones: Case study of Brno and Prague (Czech Republic). *In*: JOINT URBAN REMOTE SENSING EVEN2017, 2017 Dubai, UAE. **Anais** [...]. Dubai, UAE: Jurse, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1109/JURSE.2017.7924530. Acesso em: 16 nov. 2023.

GIVONI, B. **Climate considerations in building and urban design**. New York, US: J. Wiley & Sons, 1998.

HOUGH, M. **Naturaleza y Ciudad**: Planificación Urbana y Procesos Ecológicos. Barcelona, ES: Gustavo Gili, 1998.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. São José dos Campos: Parêntese Editora, 2009.

LOMBARDO, M. A. *et al.* O uso de geotecnologias na análise da ilha de calor, índice de vegetação e uso da terra. **Revista Geonorte**, [*S. l.*], v. 2, n. 5, p. 520–529, 2021.

MENDES, F. H. *et al.* Potencialidades no uso de imagens termais aéreas de alta resolução da superfície urbana como ferramenta para mapear o campo térmico. **Scientia Plena**, [*S. l.*], v. 11, n. 9, 2015.

NOWAK, D. Understanding the structure of urban forests. **Journal of Forestry**, [*S. l.*], v. 92, n. 10, p. 42–46, 1994.

OKE, T. R. *et al*. **Urban climates**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2017.

PONZONI, J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. **Sensoriamento remoto da vegetação**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

QUEIROGA, E. F. Espaços livres, padrões morfológicos e apropriações públicas na metrópole paulistana. **Pesquisa em Arquitetura e Construção**, [*S. l.*], v. 7, p. 178-188, 2016.

ROUSE, J. W. *et al*. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. *In*: EARTH RESOURCE TECHNOLOGY SATELLITE (ERTS) SYMPOSIUM, 3., 1973, Washington, D.C., US. **Anais** [...]. Washington, D.C., US: 1974. v. 1. p. 48-62.

SHASHUA-BAR, L.; HOFFMAN, M. E. Vegetation as a climatic component in the design of an urban street: An empirical model for predicting the cooling effect of urban green areas with trees. **Energy and Buildings**, [*S. l.*], v. 31, n. 3, p. 221–235, 2000.

SHINZATO, P. **Impacto da vegetação nos microclimas urbanos em função das interações solo-vegetação-atmosfera**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) — Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-12092014-115829/pt-br.php. Acesso em: 16 nov. 2023.

SILLEOS, N. G. *et al*. Vegetation indices: Advances made in biomass estimation and vegetation monitoring in the last 30 years. **Geocarto International**, [*S. l.*], v. 21, n. 4, p. 21–28, 2006.

SOUSA, S. B. de; FERREIRA, L. G. Análise da temperatura de superfície em ambientes urbanos: um estudo por meio de sensoriamento remoto no município de Goiânia, Goiás (2002-2011). **Confins**, [*S.l.*], n. 15, p. 1–21, 2012. Disponível em: https://doi.org/10.4000/confins.7631. Acesso em: 16 nov. 2023.

STEWART, I. D.; OKE, T. R. Local climate zones for urban temperature studies. **Bulletin of the American Meteorological Society**, [*S. l.*], v. 93, n. 12, p. 1879–1900, 2012.

STONE, B.; VARGO, J.; HABEEB, D. Managing climate change in cities: Will climate action plans work? **Landscape and Urban Planning**, [*S. l.*], v. 107, n. 3, p. 263–271, 2012.

ULRICH, R. S. *et al*. Stress Recovery During Exposure to Natural and Urban Environments. **Journal of Environmental Psychology**, [*S. l.*], v. 11, p. 201–230, 1991.

UNITED NATIONS. Department of Economic and Social Affairs (DESA), Population Division. **World urbanization prospects**: the 2018 revision (ST/ESA/SER.A/420). New York, US: United Nations, 2019.

VOOGT, J. A.; OKE, T. R. Thermal remote sensing of urban climates. **Remote Sensing of Environment**, [*S. l.*], v. 86, n. 3, p. 370–384, 2003.

WELLMAN, T., *et al*. Remote sensing in urban planning: Contributions towards ecologically sound policies? **Landscape and Urban Planning**, [*S. l.*], v. 204, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103921. Acesso em: 16 nov. 2023.

WENG, Q. Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends. **Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, [*S. l.*], v. 64, n. 4, p. 335–344, 2009.

WONG, N. H.; CHEN, Y. **Tropical urban heat islands**: climate, buildings and greenery. Abingdon, UK: Taylor and Francis, 2009.

PROJETOS URBANO-AMBIENTAIS EM SÃO PAULO: TERRITÓRIOS DE INTERVENÇÃO E INSTRUMENTOS DO PLANO DIRETOR ESTRATÉGICO

Marlon Rubio Longo e Marília Formoso Camargo

INTRODUÇÃO

Para implementação de sua política de desenvolvimento urbano, o Plano Diretor Estratégico (PDE) atualmente vigente na cidade de São Paulo, conforme a Lei n. 16.050, de 31 de julho de 2014 (São Paulo (Município), 2014), combinou a proposição de parâmetros e regramentos urbanísticos e uma agenda de planos e projetos urbanos com o objetivo de conduzir transformações estruturais.

Essa agenda de projetos é expressa no Plano de duas formas: primeiro, a partir dos objetivos e diretrizes para os territórios prioritários para intervenção e, segundo, em função do conjunto de instrumentos de ordenamento e reestruturação urbana. No primeiro caso, o território de intervenção é conceituado a partir de uma visão sistêmica da cidade, a partir do qual são definidos e articulados grandes perímetros de projeto com as redes de mobilidade urbana, hídrica e ambiental, como será visto a seguir. No segundo, o Plano organiza um conjunto de instrumentos que podem ser acessados e ativados no percurso de atuação nos territórios prioritários supracitados e em territórios derivados do processo de implantação da política urbana.

Nos seis anos seguintes à aprovação do PDE, o Município elaborou uma série de projetos e estudos urbanísticos de forma a percorrer as áreas prioritárias apontadas expressamente no texto legal — os chamados *Arcos* da *Macroárea de Estruturação Metropolitana*[57]. As propostas foram encaminhadas sob a forma de projetos de lei para apreciação do legislativo municipal e seguem, até o momento, em discussão.

[57] O Artigo 76 da Lei n. 16.050, de 2014, definiu prazos para elaboração dos projetos contento disciplina especial de uso e ocupação do solo e a adoção de instrumentos urbanísticos específicos para o Arco Tamanduateí (até 2015), Arco Tietê (até 2016), Arco Jurubatuba (até 2017) e Arco Pinheiros (até 2018).

O presente estudo busca explorar a agenda possível de projetos, avançando além do conjunto de áreas previamente especificadas e estudadas pelo executivo. Apresenta, portanto, o processo de prospecção de novas áreas para intervenção urbana em São Paulo, tendo como base o cenário de expansão da rede de mobilidade urbana, sua correlação com os sistemas ambientais e interpretações dos dispositivos oferecidos pelo PDE.

O trabalho absorve parte das leituras realizadas entre 2019 e 2020, no âmbito da *Gerência de Estruturação de Projetos* da São Paulo Urbanismo, empresa municipal dedicada à elaboração e gestão de projetos urbanos na cidade, com o objetivo de organizar novos projetos a serem elaborados após a conclusão da agenda prioritária definida pelo Plano.

A ESTRUTURA DO PLANO E OS TERRITÓRIOS PRIORITÁRIOS PARA INTERVENÇÃO

Dentre as grandes diretrizes que embasam a política de desenvolvimento urbano do PDE, é fundamental a noção de superação das desigualdades urbanas promovidas, sobretudo, pelos desequilíbrios na distribuição espacial da população e das atividades econômicas. As externalidades negativas desse padrão de urbanização impactam a qualidade de vida, intensificando as condições críticas de mobilidade e as fragilidades socioeconômicas e ambientais.

Na concepção do Plano, a superação dessas desigualdades deve ser conduzida por uma estratégia territorial, ou seja, o conjunto de ações e investimentos físico-espaciais futuros deve ser orientado a partir de uma leitura e proposição ancoradas no espaço urbano. A estratégia territorial do PDE foi organizada em duas dimensões: uma baseada em zonas abrangentes, as *Macrozonas* e *Macroáreas*; e outra sistêmica, formada pela denominada *Rede de Estruturação da Transformação Urbana*.

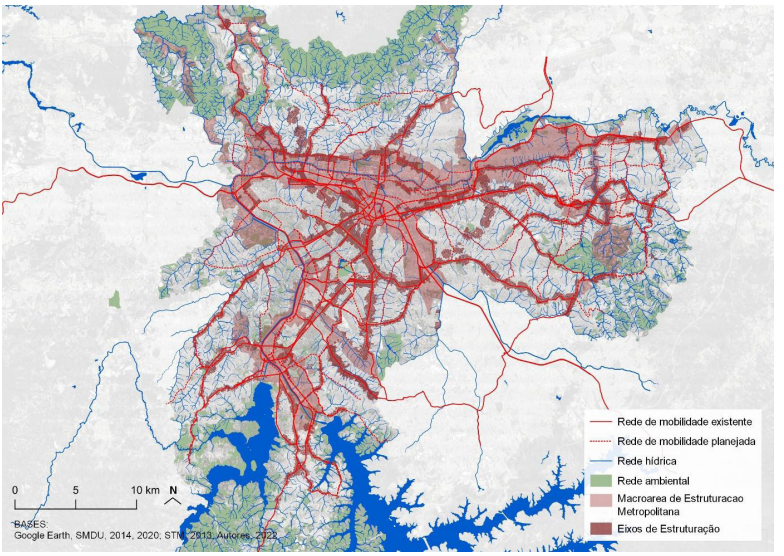
As *Macrozonas* e *Macroáreas* são perímetros com características similares em função da escala e que tem como objetivo orientar o desenvolvimento urbano. As *Macrozonas* são divididas em duas grandes porções e se desdobram em oito *Macroáreas*, cujos perímetros variam tanto em função do grau de consolidação do tecido urbano, quanto de suas fragilidades ambientais. Para as *Macroáreas*, o Plano estabeleceu diretrizes e parâmetros preliminares de uso e ocupação

do solo que orientaram leis específicas, como o zoneamento. Trata-se, portanto, de uma abordagem mais tradicional: a de organização de objetivos, diretrizes e parâmetros sob a lógica da subdivisão do território em zonas, em diferentes escalas.

A *Rede de Estruturação e Transformação Urbana*, por sua vez, soma à *Macroárea de Estruturação Metropolitana* elementos organizados em rede: (i) a rede de transporte coletivo, que engloba as redes de média e alta capacidade existentes e futuras, além das áreas de influência dessas redes, denominadas pelo Plano de *Eixos de Estruturação da Transformação Urbana*; (ii) a rede hídrica e ambiental, formada por cursos hídricos e áreas verdes; e (iii) a rede de estruturação local, que agrupa intervenções locais com vistas à qualificação de áreas de maior vulnerabilidade.

A *Rede de Estruturação e Transformação Urbana* é responsável por concentrar os principais instrumentos urbanísticos e reorientar as dinâmicas imobiliárias, mediante otimização das infraestruturas e potencialização do uso do solo urbano. Concretiza, ademais, um aspecto fundamental do Plano, que é a compreensão do território como um *sistema*, na medida em que evidencia e privilegia a transformação de áreas dotadas de infraestrutura e com disponibilidade fundiária para recepcionar projetos urbanos.

Figura 1 – Rede de Estruturação da Transformação Urbana.



Fonte: Elaborado pelos autores a partir de bases municipais.

A *Macroárea de Estruturação Metropolitana* (MEM) e os *Eixos de Estruturação da Transformação Urbana* (EETU) são as grandes zonas que compõem a *Rede de Estruturação* por razões especiais.

Quanto à MEM, trata-se de perímetro que coincide com os territórios de várzea dos principais rios metropolitanos, áreas que abrigaram a grande indústria no período de formação da metrópole moderna e que ofertam, hoje, grandes lotes passíveis de intensificação de uso e com disponibilidade de infraestrutura. Uma das características da MEM é a promoção de transformações em âmbito municipal e metropolitano, sendo *locus* prioritário à articulação entre os polos da cidade de São Paulo e demais municípios da Região Metropolitana, pela presença dos eixos de transporte — a ferrovia, rodovias e as avenidas estruturais. O fato de operar simultaneamente em ambas as escalas é a característica que permite a MEM responder ao objetivo central do Plano: reequilibrar dinâmicas e deslocamentos metropolitanos, neste caso, por meio de ações de projeto urbano. Tal reequilíbrio está fundamentado nos objetivos do PDE e se concretiza na redistribuição e otimização da oferta de trabalho e moradia, promovida tanto pelo incentivo a novas centralidades quanto pelas conexões entre os polos de emprego.

Os diferentes *Arcos* que compõem a MEM correspondem tanto às tradicionais áreas de atuação do setor imobiliário, incluindo aquelas que recepcionam as Operações Urbanas desde a década de 1990, como as Operações Urbanas Consorciadas Faria Lima, Água Espraiada e Água Branca, como também às áreas que são vetores potenciais para a expansão desses instrumentos, como as regiões da Vila Leopoldina e Jaguaré, a várzea do rio Tietê e do Tamanduateí e as antigas áreas industriais da Mooca, ou seja, os perímetros citados no cronograma prioritário do PDE.

Os EETU, por sua vez, são zonas que concentram parâmetros e incentivos à promoção de alta densidade construtiva e populacional vinculadas à oferta de transporte público. Foram concebidos como áreas de influência dos corredores de ônibus, estações de trem, metrô e monotrilho, correspondendo a um ensaio local do *desenvolvimento orientado pelo transporte*. Dividem-se em áreas com parâmetros vigentes e aquelas que serão ativadas na medida em que as obras das novas linhas sejam iniciadas. Por essa razão, atravessam tanto regiões consolidadas, com boa oferta de infraestrutura,

quanto áreas periféricas, cuja estruturação ainda requer a efetivação da infraestrutura de transporte.

Desde 2014, tanto a MEM quanto os EETU dominaram a pauta sobre a expansão urbana e as possibilidades do Plano, seja por conta da atuação do setor imobiliário, que aderiu de forma intensiva aos EETU localizados nas regiões mais consolidadas, quanto pela expectativa gerada pelos estudos e projetos para a MEM, que ativariam grandes áreas propensas à transformação do tecido urbano. Nos dois casos, a discussão tende a orbitar em torno da criação ou obstaculização de novas frentes de produção imobiliária, levando o mercado a exigir a ampliação dos EETU no *Centro Expandido,* ou então a criticar, de maneira genérica, a lentidão na aprovação dos projetos para os *Arcos* da MEM, cuja ausência pressiona a oferta de terra atraente para novos empreendimentos.

Essa discussão, embora pertinente, ofusca outras possibilidades de abordagem da *Rede de Estruturação*, oferecidas pelo próprio Plano. No processo de prospecção de novas áreas para elaboração de projetos urbanos, as análises demonstram que os conflitos e potencialidades da *Rede de Estruturação* na *Macroárea de Urbanização Consolidada* já dispõem de elementos suficientes para o aperfeiçoamento de soluções, muito por conta do foco do poder público e do setor privado nessas áreas ao longo de décadas. Por outro lado, o olhar da *Rede de Estruturação* nas áreas de maior vulnerabilidade, ainda que apontado como essencial por diversos estudos, carecem de propostas e de soluções planejadas e que sejam integradas aos dispositivos e à visão de longo prazo proposta pelo Plano.

Diferentemente das áreas mais consolidadas, nas quais se verifica um modelo de cidade cujas características ambientais são de difícil reconversão, nas periféricas há a oportunidade de se testar um modelo de desenvolvimento urbano resiliente e sustentável. Para tanto, parte-se do pressuposto de que os elementos da *Rede de Estruturação* nessas áreas devem ser tratados de forma integrada e intersetorial, sendo difícil — para não dizer impossível — a utilização das mesmas estratégias conduzidas nas regiões consolidadas, como a ativação automática ou *auto aplicabilidade* de parâmetros urbanísticos, que não se sustenta em áreas com baixa aderência do mercado imobiliário e alta presença de precariedade socioeconômica e ambiental.

Necessário antever, nesta linha, que o investimento público previsto para a expansão da rede de mobilidade em áreas periféricas tende a desencadear um processo de transformação urbana passível de incorporar, por exemplo, elementos para a ação climática, fazendo uso dos instrumentos urbanísticos do Plano.

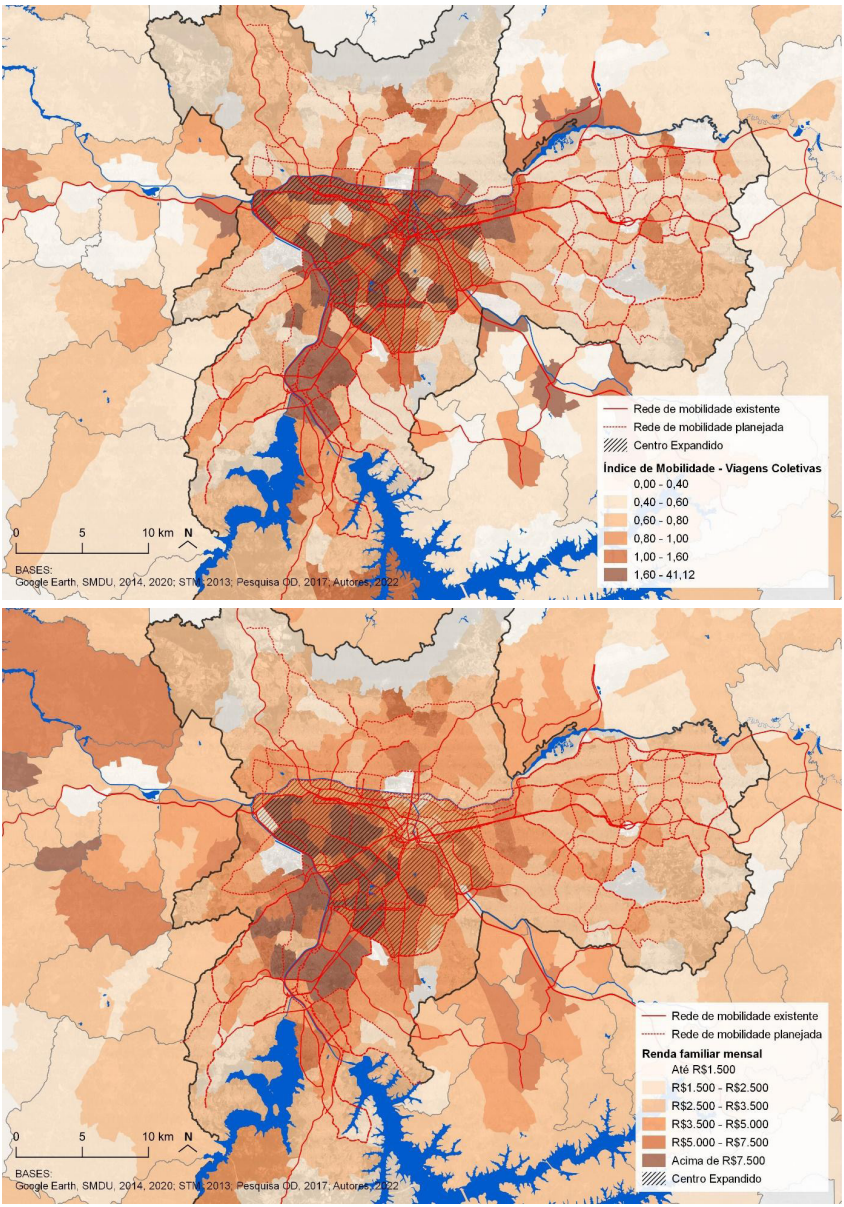
REDE ESTRUTURAL DE MOBILIDADE E REDE HÍDRICA E AMBIENTAL COMO SUPORTE PARA NOVOS PROJETOS

Ao sobrepor a rede de mobilidade prevista pelo PDE com o Índice de Mobilidade de Viagens Coletivas[58], é possível observar a importância da expansão dos corredores de ônibus fora do *Centro Expandido*. Esses novos corredores atravessam áreas com baixa oferta de infraestrutura de transporte coletivo e com alta demanda, formando grandes bolsões com baixa acessibilidade urbana. Incrementar a acessibilidade nesses territórios periféricos ainda é um desafio latente à metrópole (Figura 2).

No mesmo sentido, percebe-se que a localização dos novos corredores de ônibus, apontados pelo Plano como prioritários, demostra que essa expansão tem um forte componente de democratização do espaço urbano, com a melhoria das condições de mobilidade nos bairros de baixa renda, com os piores indicadores de uso do transporte público (Figura 3). A desconcentração da rede, hoje ainda polarizada no *Centro Expandido*, portanto, é essencial para garantir a redução das desigualdades sublinhada pelo PDE.

[58] Dado da Pesquisa Origem-Destino de 2017, corresponde à razão entre o número de viagens realizadas por transporte coletivo e o número de habitantes. O dado está agregado por Zona OD.

Figuras 2 e 3 – Rede de mobilidade e indicadores mobilidade e renda.

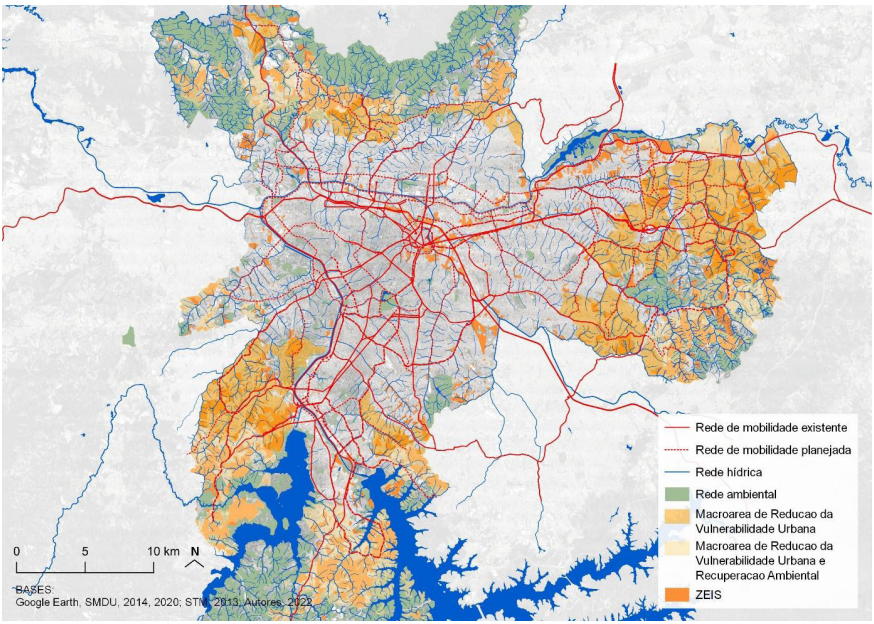


Fonte: Elaborado pelos autores a partir de bases municipais.

O processo de prospecção de novos projetos baseou-se no cruzamento dos elementos da *Rede de Estruturação*, em especial a rede de mobilidade futura, com foco na agenda de expansão dos corredores de ônibus municipais e na rede hídrica e ambiental.

O primeiro cruzamento (Figura 4) consistiu na sobreposição da rede de mobilidade existente e planejada com a *Macroárea de Redução da Vulnerabilidade Urbana* e a *Macroárea da Redução da Vulnerabilidade Urbana e Recuperação Ambiental*, caracterizadas por elevados índices de vulnerabilidade social e ambiental, presença de assentamentos precários — favelas, loteamentos irregulares, conjuntos habitacionais populares, destacados também pelos perímetros de *Zonas Especiais de Interesse Social* — e muitas vezes coincidentes com áreas de riscos geológicos e inundações, com baixa oferta de serviços, equipamentos e infraestruturas urbanas.

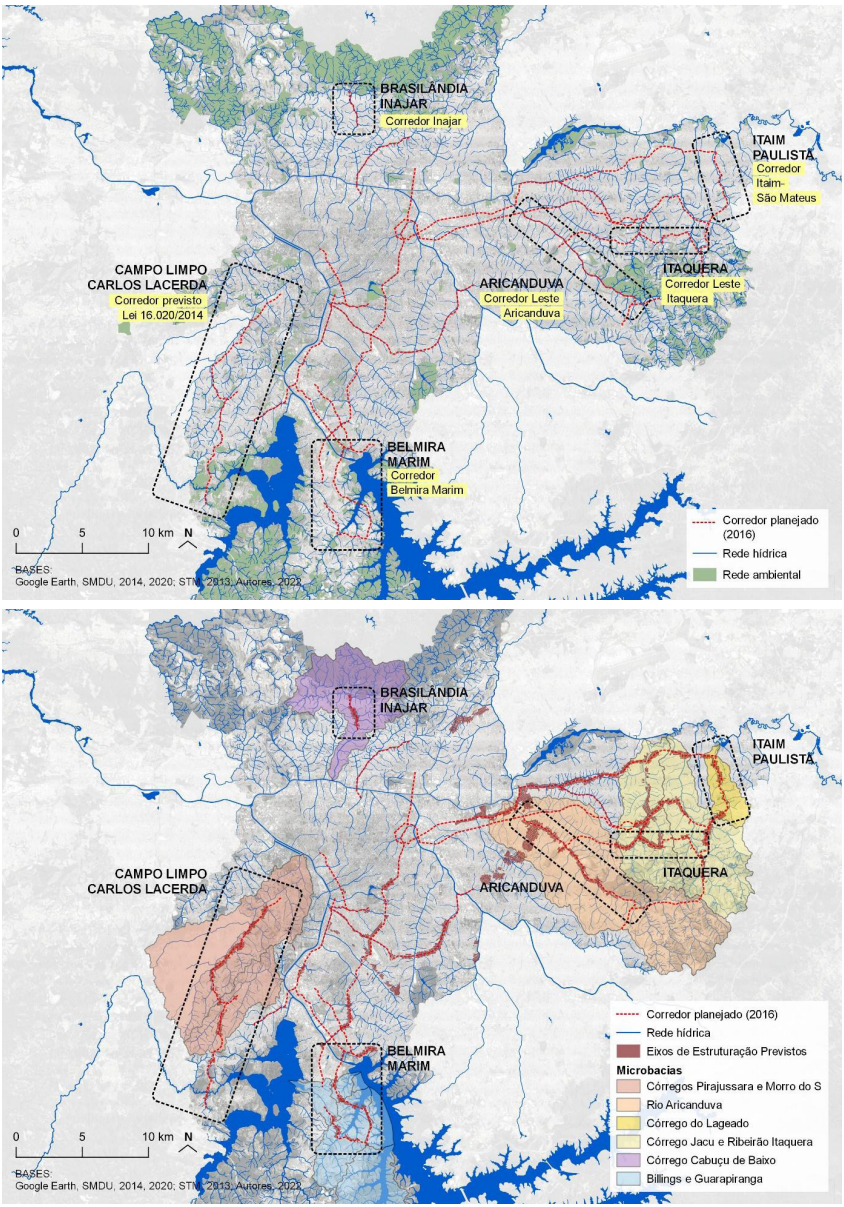
Figura 4 – Cruzamento da rede estrutural de mobilidade, Macroáreas e ZEIS.



Fonte: Elaborado pelos autores a partir de bases municipais.

No segundo cruzamento (Figura 5), foram sobrepostos a rede de hídrica e ambiental e os corredores para 2016. Percebeu-se uma clara convergência entre os cursos hídricos e os corredores previstos nas Macroáreas selecionadas. Trata-se de uma situação esperada, uma vez que são as vias com maior penetração e conectividade e que já desempenham a função de vias estruturais no sistema viário existente.

Figuras 5 e 6 – Corredores prioritários, rede hídrica e ambiental e microbacias.



Fonte: Elaborado pelos autores a partir de bases municipais.

Apesar do descompasso no horizonte previsto para implantação, parte dos corredores selecionados segue em obras ou em elaboração de projetos, como é o caso do eixo Campo Limpo-Carlos Lacerda, Itaquera e Aricanduva. Nota-se que a ordem de prioridade

estabelecida pelo PDE permanece, reiterando a importância desses eixos na organização do sistema de transporte público em São Paulo.

Os corredores selecionados, ademais, correspondem às avenidas de fundo de vale (Figura 6), que ao longo do processo de urbanização orientaram a circulação entre os bairros e destes com os principais eixos metropolitanos. Coincidem com ocupações e assentamentos precários, que ao longo de décadas utilizaram o entorno desses rios e córregos como alternativa para moradia, áreas desprezadas pelo setor imobiliário e pelo poder público.

A convergência de problemáticas nessas áreas resulta em situações complexas. A vulnerabilidade socioambiental demonstra que os investimentos em infraestrutura de mobilidade ou de saneamento não podem — ou não deveriam — ser pensados sem uma abordagem integral das diversas precariedades coexistentes. A demarcação prévia dos EETU nessas áreas, ademais, ganha contornos críticos, uma vez que os conflitos pré-existentes suplantam a possibilidade de que os incentivos e parâmetros urbanísticos promovam, isoladamente, a qualificação necessária.

Embora o desenho dos novos corredores impacte os lotes adjacentes — como definem de forma bastante pragmática as leis de melhoramento viário —, as áreas de influência desses corredores deveriam ser pensadas de forma associada aos cursos hídricos, cuja região de influência corresponde às microbacias. Convertem-se, portanto, em *eixos urbano-ambientais*, cujos perímetros de atuação requerem uma visão sistêmica e intersetorial tipicamente correlacionada à escala de proposição de projetos urbanos.

As seis áreas selecionadas são o resultado da prospecção para uma agenda de projetos *urbano-ambientais* que correlacionem infraestrutura e a mitigação das problemáticas ambientais em regiões de alta vulnerabilidade.

A atuação do poder público nessas áreas — tanto nas esferas municipal, quanto estadual — é sistematicamente pautada por políticas setoriais segmentadas. É possível citar, como exemplo de experiência recente, a ausência de convergência entre o processo de implementação dos corredores, os estudos de drenagem para as microbacias e as ações de desenvolvimento urbano, que seguem apartados em suas respectivas secretarias. Por outro lado, os instrumentos urbanísticos do PDE oferecem alternativas para a integração dessas temáticas em *projetos urbano-ambientais*, como discutiremos adiante.

PROJETOS DE INTERVENÇÃO URBANA E O POTENCIAL DAS ÁREAS DE ESTRUTURAÇÃO LOCAL

Para apoiar o desenvolvimento e implementação dos objetivos e diretrizes da política urbana desenhada para o Município de São Paulo, o PDE sistematizou ferramentas e instrumentos dedicados à elaboração e implantação de planos e projetos urbanos. Dentre eles destaca-se os chamados Projetos de Intervenção Urbana (PIU), regulamentados pelo Decreto Municipal n. 56.901/2016. O PIU fundamenta-se na ideia de que um projeto urbano deve ser compreendido como um meio para pactuação entre as diversas agendas da política urbana e seus respectivos atores. Ou seja, trata-se de uma alternativa para organização das políticas setoriais.

O PDE define que os PIU devam ser elaborados prioritariamente em áreas subutilizadas e com potencial de transformação, subsidiando projetos na *Rede de Estruturação e Transformação Urbana*. Para esses locais, os PIU devem apresentar propostas de transformações urbanísticas, econômicas e ambientais que proporcionem um maior aproveitamento da terra urbana e o consequente aumento nas densidades construtivas e demográficas, a implantação de novas atividades econômicas, emprego e atendimento às necessidades de habitação e de equipamentos sociais.

A partir das definições do Plano, a prática de elaboração dos PIU nos anos seguintes à aprovação do PDE ganhou novos contornos, revelando que não se tratava de um instrumento de *intervenção* físico-espacial, como em diversas passagens o texto normativo dá a entender. Ainda que incorporasse o termo "projeto", os PIU resultaram muito mais em instrumentos de *planejamento,* utilizados para o elenco de intervenções futuras.

Tais acepções, por óbvio, fazem parte do PIU, que se configurara mais claramente como um procedimento, um *processo* que busca compreender as problemáticas de um determinado território e elaborar propostas, utilizando-se de métodos de planejamento urbano e do urbanismo com vistas ao ordenamento e à reestruturação urbana, ou seja, uma ferramenta para o *desenho de instrumentos,* construídos coletivamente, acompanhados de diversas estratégias de implantação.

Essa forma de compreender o PIU, derivada da interpretação normativa e do aperfeiçoamento da prática, é de grande interesse

para as novas áreas de projeto urbano prospectadas neste estudo, em especial pela necessidade de inter-relacionar políticas setoriais, atuando-se em territórios complexos, com alto grau de vulnerabilidade socioambiental.

Figura 7 – Processo de elaboração dos Projetos de Intervenção Urbana (PIU) em São Paulo.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Tal como definido no Decreto supracitado, os PIU deverão resultar, após o cotejo de informações técnicas e de participação social, na indicação de um instrumento dentre aqueles instituídos pelo PDE em seu artigo 134[59], apto a promover a implantação das diretrizes urbanísticas definidas no PIU. Do ponto de vista da concretização do PIU, portanto, é possível afirmar que o procedimento percorrido resultará na identificação do instrumento mais propenso a catalisar a efetiva transformação urbana desejável e necessária, operacionalizada ao longo do tempo e por intermédio de intervenções territoriais e articulações multissetoriais específicas. Destaca-se, ademais, que a experiência de elaboração dos PIU agregou etapas de consulta às áreas da administração municipal com potencial interesse na área estudada, favorecendo a incorporação de diversas temáticas no rol de discussão de projeto e, portanto, no rol de proposições associadas aos instrumentos indicados.

Dos instrumentos elencados pelo PDE para fins de implantação dos PIU, merecem destaque para este trabalho as chamadas Áreas de Estruturação Local (AEL), ainda pouco exploradas pelo poder público municipal. As AEL, previstas no artigo 149 do PDE, são responsáveis por definir porções do território destinadas à transformação urbana local, sobretudo para promover ações concertadas entre diversas políticas públicas setoriais, em áreas de maior vulnerabilidade social e ambiental. Dentre as ações previstas pelo instrumento, destacam-se o fortalecimento de centralidades locais, a integração do desenvolvimento urbano local com o transporte coletivo, a ampliação de áreas verdes, a produção de habitação de interesse social, a intervenção em assentamentos precários, a produção de infraestrutura de saneamento, a oferta de equipamentos urbanos, além de mecanismos de gestão e participação dos diversos atores presentes no território.

Do ponto de vista do financiamento da transformação urbana, diferentemente dos demais instrumentos, as AEL não contam obrigatoriamente com mecanismos de captura da valorização imobiliária ou alienação de potencial construtivo adicional, tampouco com o incentivo à alteração de parâmetros urbanísticos. Podem também ser aprovadas por intermédio de Decretos Municipais, editados internamente ao Poder Executivo. Em razão disso, os investimentos

[59] Nos termos do § 5º do artigo 134 do PDE, são considerados instrumentos de ordenamento e reestruturação urbana as Áreas de Intervenção Urbana, as Operações Urbanas Consorciadas, as Concessões Urbanísticas, as Áreas de Estruturação Local, além de outros instrumentos destes derivados.

realizados no âmbito deste instrumento podem derivar de financiamento direto do poder público e, essencialmente, da confluência de esforços intersecretariais, garantindo fluidez e eficiência à resolubilidade dos problemas públicos identificados.

Quanto às soluções de projeto, novamente as AEL se destacam por pressupor a atuação integrada das diversas políticas públicas setoriais, incentivando o diálogo entre os órgãos da administração e com os conselhos paritários atuantes no território. Trata-se, na realidade, de um instrumento apto a extrapolar a compartimentalização clássica do serviço público brasileiro e, por consequência das políticas dele derivadas, favorecendo a utilização de recursos dispersos em diferentes fundos municipais, por exemplo, e a coordenação de projetos setoriais já planejados e elaborados pelas diversas secretarias, equalizando-os com as expectativas e demandas da população local.

Considerando as características das áreas de alta vulnerabilidade ambiental aqui selecionadas, a transformação desses perímetros perpassa por uma série de desafios multissetoriais, pertinentes ao processo de implantação das AEL. O que se percebe é que a convergência de políticas públicas nas AEL pode ser encarada como o oferecimento de quesitos *planejamento* às áreas periféricas e historicamente relegadas à atuação pontual e desconcertada do poder público. A dicotomia superável por intermédio das AEL, portanto, centra-se essencialmente no planejamento e no melhor aproveitamento das condições ambientais, de mobilidade e moradia, dando concretude aos principais objetivos do PDE.

A efetivação dessas ações intersetoriais pode ser sustentada por fontes de recursos existentes, como o *Fundo Municipal de Desenvolvimento Urbano* (Fundurb), o *Fundo Municipal de Saneamento Ambiental e Infraestrutura* (FMSAI) e os investimentos sob o *Contrato de Prestação de Serviços Públicos de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário*. O Fundurb reúne receitas de fontes diversas, com destaque para os recursos da aplicação da Outorga Onerosa do Direito de Construir. Seus objetivos prioritários coincidem com as demandas das áreas prospectadas neste estudo, como mobilidade, habitação, saneamento e qualificação do espaço público. Por sua vez, o FMSAI, vinculado à Secretaria Municipal de Habitação, tem como base de ingressos o repasse de 7,5% da receita bruta obtida a partir da exploração dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, recursos que devem servir, sobretudo, para

intervenções em áreas de influência ou ocupadas por população de baixa renda.

Já o *Contrato de Prestação de Serviços*, firmado entre Município, Governo do Estado e Sabesp, em 2010, tem como referência para investimento os planos de saneamento nas diferentes esferas de governo. A última atualização dos investimentos e metas do Contrato previu a universalização dos serviços de abastecimento de água, coleta e tratamento dos esgotos na área atendível[60] até 2029. A versão atual do plano municipal de saneamento considera que os investimentos dependem da compatibilização de intervenções e da condução de ações integradas, necessárias para resolução dos problemas estruturais em assentamentos precários.

A elaboração de ações intersetoriais nas novas áreas de prospecção, que buscam enfrentar as carências comumente identificadas nas *Macroáreas* com alta vulnerabilidade ambiental e social, deve observar essas fontes de financiamento, que podem ser articuladas, convertendo-se em potentes catalisadores para promoção das transformações urbanas necessárias e a construção de uma cidade menos desigual.

[60] A área atendível compreende a totalidade da Macrozona de Estruturação e Qualificação Urbana somada às Macroáreas de Redução da Vulnerabilidade e Recuperação Ambiental e a de Controle e Qualificação Urbana e Ambiental, pertencentes à Macrozona de Proteção e Recuperação Ambiental (ver Anexo I da 1ª revisão quadrienal do Contrato, abril de 2016).

REFERÊNCIAS

CAMARGO, M. F.; PIGNALOSA, A. B.; BRESCIANI, L. P. Os projetos de intervenção urbana em São Paulo: inovação metodológica na formulação da política pública de desenvolvimento urbano. *In*: ENCONTRO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA, 2., 2020, Brasília, DF. **Anais** [...]. Brasília, DF: [*s. n.*], 2020.

COSTA, R. *et al.* Desenvolvimento urbano e a questão socioambiental: subsídios para uma costura entre os instrumentos do PDE, a política de áreas verdes públicas e gestão das águas pluviais. *In*: FÓRUM SP 21 — AVALIAÇÃO DO PLANO DIRETOR E DA POLÍTICA URBANA EM SÃO PAULO, São Paulo, 2021. **Anais** [...]. São Paulo: Fórum SP 21, 2021.

MELLO FRANCO, F; HELDT D'ALMEIDA, C.; ABREU, G. A Macroárea de Estruturação Metropolitana de São Paulo. O projeto urbano como instrumento de transformação do território. **Revista Iberoamericana de Urbanismo**, Barcelona, ES, v. 12, p. 53-74, 2015.

SÃO PAULO (Município). **Decreto n. 58.778, de 30 de maio de 2019**. Institui o Plano Municipal de Saneamento Básico - PMSB 2019/2020. São Paulo: Diário Oficial da Cidade de São Paulo, 2019. Disponível em: https://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/decreto-58778-de-30-de-maio-de-2019. Acesso em: 15 jun. 2021.

SÃO PAULO (Município). **Lei n. 14.934, de 18 de junho de 2009**. Autoriza o Poder Executivo a celebrar contratos, convênios ou quaisquer outros tipos de ajustes necessários com o Estado de São Paulo, a Agência Reguladora de Saneamento e Energia do Estado de São Paulo e a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo; cria o Fundo Municipal de Saneamento Ambiental e Infraestrutura. São Paulo: Diário Oficial da Cidade de São Paulo, 2009. Disponível em: https://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-14934-de-18-de-junho-de-2009. Acesso em: 15 jun. 2021.

SÃO PAULO (Município). **Lei n. 16.050, de 31 de julho de 2014.** Aprova a Política de Desenvolvimento Urbano e o Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo e revoga a Lei n. 13.430/2002. São Paulo: Diário Oficial da Cidade de São Paulo, 2014. Disponível em: https://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-16050-de-31-de-julho-de-2014. Acesso em: 15 jun. 2021.

SÃO PAULO (Município). **Lei n. 56.901, de 30 de março de 2016**. Dispõe sobre a elaboração de Projeto de Intervenção Urbana, nos termos do disposto no artigo 134 da Lei n. 16.050, de 31 de julho de 2014 - Plano Diretor Estratégico - PDE. São Paulo: Câmara Municipal de São Paulo, 2016.

MODELAGEM HIDROLÓGICA COMO INSTRUMENTO DE PLANEJAMENTO URBANO E GOVERNANÇA CLIMÁTICA NA CIDADE DE SÃO PAULO

Ana Paula Koury, Filipe Antonio Marques Falcetta e Marlon Rubio Longo

INTRODUÇÃO

Este capítulo relata a aplicação de um projeto piloto para a bacia do ribeirão do Lajeado, um dos seis córregos que cortam a subprefeitura do Itaim Paulista, região periférica do extremo leste da cidade de São Paulo, dentro do contexto do Laboratório do Mundo Real (LMR), um novo formato de produzir conhecimento dirigido à transformação do mundo real integrando conhecimentos científicos e não científicos de várias disciplinas para resolver problemas sociais e ambientais.

O capítulo aborda um estudo de caso realizado em uma zona eixo de transformação urbana prevista, onde há uma coincidência entre a rede hídrica, a rede de mobilidade da cidade e áreas de vulnerabilidade social. Aproveita-se dessa infraestrutura de mobilidade prevista e da positividade de agentes locais para colocar em evidência as questões ambientais ligadas à segurança hídrica e à crise climática que necessitam ser cada vez mais pautas constantes no desenvolvimento urbano em áreas periféricas, onde existe uma intrincada relação entre o sistema social e ambiental relativo à ocupação das bacias hidrográficas urbanas.

No contexto deste estudo, a modelagem hidrológica da bacia do ribeirão do Lageado — executada durante atividade realizada em 2020, pelo LMR, e que contou com o apoio do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), da São Paulo Urbanismo — SP Urbanismo e da Subprefeitura do Itaim Paulista — surge como possibilidade de instrumento de planejamento urbano tendo em vista, neste caso, a oportunidade de transformação urbana desencadeada pela implantação de um corredor de ônibus na estrada Dom João Nery, no Itaim Paulista, obra prioritária de mobilidade urbana a ser executada no futuro próximo. A modelagem hidrológica também

pode ser usada como ferramenta de governança climática em âmbito regional devido às possibilidades levantadas pela revisão do Plano Diretor Estratégico —(PDE) (2021) da cidade de São Paulo.

A modelagem hidrológica realizada levou em conta três cenários distintos de ocupação do solo, quais sejam: a ocupação urbana anterior à formação da macrometrópole, na década de 1930; o cenário atual de ocupação do solo, marcado pela forte urbanização e impermeabilização; o cenário ideal de ocupação, com a adoção de técnicas de drenagem sustentáveis, soluções baseadas na natureza, preservação de áreas de proteção permanente etc. Esta abordagem visou tanto avaliar o impacto da urbanização na região, provocado pela crescente impermeabilização do solo urbano na localidade, quanto sugerir medidas para mitigar os problemas de enchentes e de alagamentos na bacia, que reflete em muito as condições dos demais cursos d'água urbanos da cidade de São Paulo e de outros centros urbanos brasileiros. Como resultado, sugere-se algumas possibilidades de aplicação de instrumentos urbanísticos que dialoguem com o modelo hidrológico para diferentes terrenos da bacia do ribeirão do Lageado.

LOCALIZAÇÃO E CONTEXTO DO ESTUDO

A região administrativa do Itaim Paulista localiza-se na divisa do município de São Paulo com os municípios de Poá, Ferraz de Vasconcelos e Itaquaquecetuba. Possui uma área de 21,7 km^2 e uma população estimada de 400 mil habitantes. É a região administrativa que apresenta a maior densidade demográfica da cidade e a menor cobertura vegetal em termos absolutos, entre as 32 subprefeituras da cidade de São Paulo. O território é cortado por seis ribeirões ao longo dos quais existem muitas ocupações irregulares e em áreas de risco.

O projeto piloto foi coordenado pelo Laboratório Itaim Paulista da Universidade São Judas, no âmbito do Laboratório Klimapolis, projeto de pesquisa liderado pelo Max Planck Institute for Metereology (Hamburgo) e pelo Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG USP), financiado pelo Ministério da Educação e Pesquisa da Alemanha (BMBF).

O Lab Itaim Paulista atua na localidade desde 2015, entretanto, o projeto piloto do LMR iniciou-se em maio de 2019, a partir

da “Primeira Caravana Científica” do Laboratório Klimapolis ao Itaim Paulista. Desta visita, resultaram dois experimentos de ciência cidadã e uma formalização de parceria entre o Lab Klimapolis e a Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano (SMDU), com foco nas atividades do Lab Itaim Paulista e na perspectiva de instituição de um projeto piloto para questões climáticas.

Por meio da colaboração com a Subprefeitura do Itaim Paulista, o IPT e a SP Urbanismo, foi possível subsidiar, no âmbito do experimento, estudos direcionados ao perímetro Dom João Nery, Lageado Velho e Saturnino Pereira — ID 348 (São Paulo (Município), 2016), o qual foi indicado pela Subprefeitura do Itaim Paulista como “ação prioritária” no processo de elaboração dos Planos de Ação e de revisão dos Planos Regionais das Subprefeituras, iniciado em 2019.

O perímetro 348 possui grande potencialidade de transformação urbana local e por isso foi escolhido como área de estudo de caso nesse projeto piloto. A região é delimitada pela área de influência do viário estrutural da estrada Dom João Nery, que corre paralela ao ribeirão do Lageado. Segundo o PDE, aprovado em 2014, pela Lei Municipal n. 16.050/2014 (São Paulo (Município), 2014), a referida estrada é um dos eixos da transformação urbana que receberá um corredor de ônibus que realizará a interligação entre o terminal de Itaim Paulista, ao norte, e o terminal de São Mateus, ao sul. As obras previstas fazem parte dos melhoramentos e ampliação do sistema viário da macrorregião Leste 2, onde se localiza a Subprefeitura do Itaim Paulista.

O sistema integrará uma das linhas ferroviárias da Companhia Paulista de Trens Metropolitanos (CPTM), que servem à zona leste da cidade de São Paulo, a linha 12 (Safira), que liga a estação de integração do Brás, na cidade de São Paulo, com a estação Calmon Viana, no município vizinho de Poá, e a linha 15 (Prata) do Metrô, que liga as estações de Vila Prudente e São Mateus, na cidade de São Paulo. Pela estação de São Mateus é possível acessar também o corredor de ônibus metropolitano que liga a zona Leste com a região de Santo André, São Bernardo e São Caetano (ABC). A ligação Norte-Sul da região metropolitana pela zona Leste de São Paulo traz benefícios diretos à mobilidade dos moradores dessa região e dos usuários do sistema de transporte metropolitano.

O estudo piloto do perímetro 348, ampliado para o limite da bacia hidrográfica do ribeirão do Lageado, também permite abordar dimensões fundamentais do espaço que incidem diretamente no planejamento da cidade, como a sua constituição social e ambiental, além da questão da regulação, através dos planos urbanos regionais, setoriais e infraestruturais. No estudo de caso piloto da bacia do ribeirão do Lageado, foi observado um conflito legítimo, resultado, por um lado, de uma política pública com investimentos para a ampliação e melhoramento do sistema de mobilidade local e, por outro lado, do engajamento e da participação da sociedade civil no processo de planejamento da cidade. A modelagem hidrológica aproveita-se da positividade dos atores e da oportunidade de transformação iminente da localidade para incluir uma dimensão estratégica nesse debate: a dimensão hídrica e ambiental como elemento gerador de um novo modelo de planejamento local.

O estudo permitiu ensaiar, em conjunto com a Subprefeitura do Itaim Paulista e com a SP Urbanismo, o aspecto hidrológico da gestão ambiental da bacia do ribeirão do Lageado. Embora as inundações frequentes sejam um problema importante identificado na localidade, registrados em vários pontos dentro da bacia, conforme o mapeamento oficial da prefeitura, a contribuição do aumento da impermeabilização do solo, na bacia, não foi mensurada nos relatórios de impacto ambiental realizados para a implantação do referido corredor de ônibus. Também, por se tratar de um tema especializado, não integrou a agenda de reivindicações da população local organizada.

MODELAGEM HIDROLÓGICA DA BACIA

Em 2020, uma atividade realizada no LMR, contando com o apoio do IPT, da SP Urbanismo e da Subprefeitura do Itaim Paulista, partiu da premissa de que a questão hidrológica exerce protagonismo na abordagem da situação problema da bacia do ribeirão Lageado, sendo comum a ocorrência de episódios de inundação que impactam a população local de forma significativa todos os anos.

Sabendo que a implantação do corredor de ônibus na Dom João Nery poderia agravar a situação da drenagem na área, foi elaborado um modelo hidrológico da bacia do ribeirão Lageado, considerando-se três cenários de ocupação do solo, visando men-

surar o impacto da urbanização provocado pela crescente impermeabilização do solo urbano, bem como estudar medidas possíveis de mitigação do problema — que, em parte, dependem de considerações geomorfológicas para sua adoção, considerando estratégias distintas para obras de drenagem em situações de encosta, vale e foz.

Ademais, os resultados obtidos com a modelagem hidrológica permitiram identificar uma contribuição significativa da bacia do Lageado nos eventos de inundação que ocorrem sazonalmente no Jardim Pantanal, localizado em bacia hidrográfica vizinha à do presente estudo, evidenciando a necessidade de estudos regionais sistemáticos e de ações de planejamento territorial antes da adoção de medidas de mitigação locais, de modo a evitar o agravamento das condições de drenagem em bacias circunvizinhas. Desta forma, considerar sistemas de bacias hidrográficas vizinhas como perímetros delimitadores de Planos Regionais parece ser uma medida estratégica importante para aprimorar os instrumentos do planejamento da cidade no que diz respeito às questões hídricas.

A modelagem hidrológica estimou as vazões de enchente da referida bacia considerando a aplicação do método do Hidrograma Unitário por meio da utilização do software Hydrologic Modeling System (HEC-HMS). O software foi desenvolvido pelo Hydrologic Engineering Center do corpo de engenheiros do exército norte-americano e permite simular processos de chuva-vazão em bacias hidrográficas dendríticas valendo-se de inúmeros modelos apresentados pela literatura (Falcetta, 2017). O programa é aplicável em muitas situações: desde análises de cheias em grandes bacias, até mesmo na determinação de vazões em sistemas de microdrenagem em pequenas bacias urbanas, como é o caso da bacia do ribeirão do Lageado, no Itaim Paulista.

Como já dito, esta foi modelada considerando-se três cenários de ocupação: a situação da ocupação em 1930 (levantamento SARA Brasil em 1930); a situação atual (90% de impermeabilização em 2017); e um cenário ideal, respeitando a Área de Preservação Permanente (APP) junto ao ribeirão do Lageado (com recuo de 30 metros em cada uma das margens), adotando-se a cobertura asfáltica com concreto permeável em toda a bacia e um sistema infiltrado de microdrenagem nos lotes urbanos.

Em todos os cenários, foi considerada a mesma duração da chuva de projeto, seis horas, discretizadas, utilizando-se a técnica dos quartis de Huff, como é usual nos projetos de drenagem urbana. Baseando nos resultados dos cenários, estudou-se uma estratégia de desenvolvimento urbano para regulação de uma política que priorize os dispositivos de micro e macrodrenagem. Os resultados foram estimulantes e permitiram antever a potencialidade de estudos aprofundados que combinem modelagem computacional, regulação do desenvolvimento e governança climática local para enfrentar os desafios colocados na situação-problema piloto da bacia do ribeirão do Lageado, no Itaim Paulista.

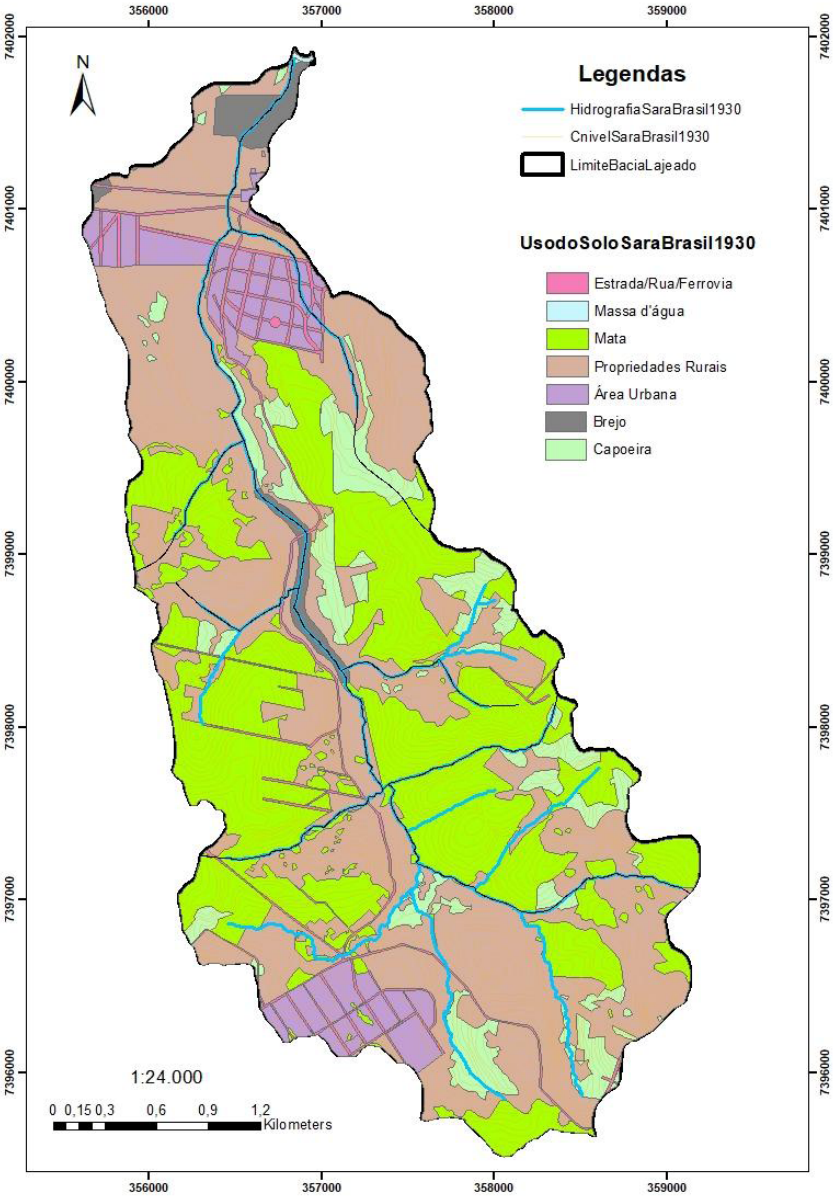
Cenário pré-macrometrópole (1930)

A Figura 1, a seguir, ilustra o uso e ocupação do solo, em 1930, segundo o levantamento SARA Brasil. A área era majoritariamente ocupada por mata e propriedades rurais e a área urbanizada era pouco expressiva, cerca de 10% da área total da bacia, concentrada no eixo ferroviário local.

Nessa situação, a vazão de pico no exutório da bacia variava de acordo com a distribuição temporal da chuva proposta nos diferentes quartis de Huff. O quartil de Huff 1 mostra uma chuva que começa intensa e vai diminuindo. Nesse cenário, o tempo decorrido do início do evento de chuva até o pico de vazão observado na bacia seria de aproximadamente 4 horas e meia e uma vazão de pico simulada da ordem de 40 m^3/s.

Os outros quartis de Huff apresentam chuvas de intensidade crescente no tempo e resultam em vazões de enchente maiores, resultado esperado, pois a situação pré-macrometropolitana apresenta uma bacia menos impermeabilizada e, portanto, com vazões do curso d'água que dependem mais da saturação do solo. Por exemplo, para o quartil de Huff 4, a vazão de pico simulada atingiu cerca de 50 m^3/s com aproximadamente 9 horas desde o início da chuva até a vazão de pico.

Figura 1 – Mapa de Uso e Ocupação do Solo da bacia do Lageado, em 1930.



Fonte: Falcetta (2017).

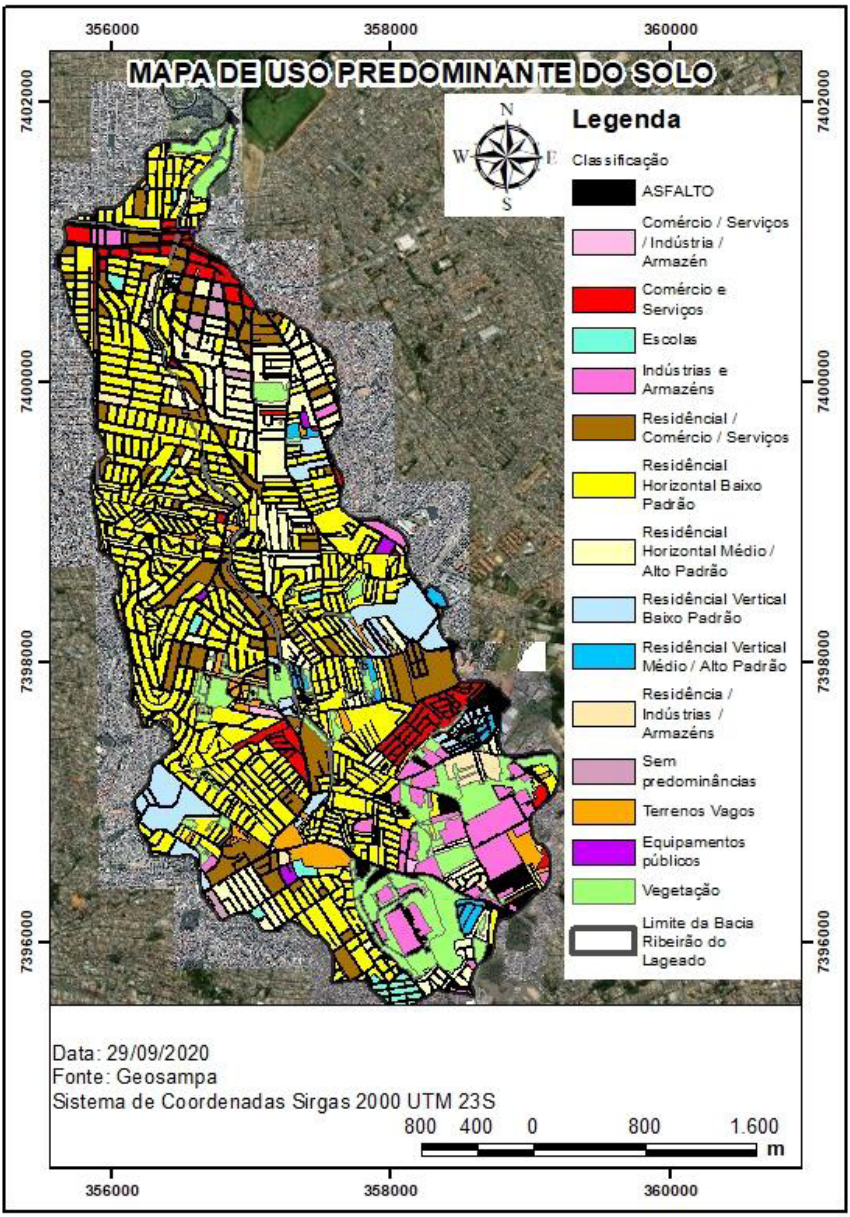
Cenário atual (2017)

O segundo cenário da bacia hidrográfica do ribeirão do Lageado é mais próximo da ocupação atual. A Figura 2 foi feita de acordo com imagens de satélite obtidas em 2017, disponíveis através do portal GeoSampa. Esse cenário indica exatamente o inverso daquele existente em 1930. Isto é, apenas 10% de áreas não impermeabilizadas e 90% de ocupação urbana na bacia, composta predominantemente por uso residencial horizontal de padrão médio-baixo, que pode ser visto em amarelo no mapa.

Nesta situação, o primeiro quartil de Huff passa a ser mais crítico, pois, com este padrão de ocupação, não é mais tão significativo o efeito da saturação do solo na formação das vazões do curso d'água. A vazão de pico simulada supera os 130 m^3/s, cerca de três vezes a observada no cenário anterior, e o tempo decorrido do início da precipitação até a ocorrência do pico de vazão foi de apenas 2 horas, quase metade do tempo observado no cenário anterior.

Este cenário impõe dois desafios importantes ao planejamento urbano e às populações das áreas de risco: uma vazão de pico muito maior significa que bastam precipitações de intensidade até menor para que ocorram episódios de inundação; e a combinação de velocidades de escoamento maior com tempo de resposta da bacia mais curto significa pouco tempo de ação e deflagração de estados de alerta, para proteger as comunidades ribeirinhas, colocando em risco a vida e a saúde destas comunidades.

Figura 2 – Mapa de Uso e Ocupação do Solo da bacia do Lageado, em 2017.

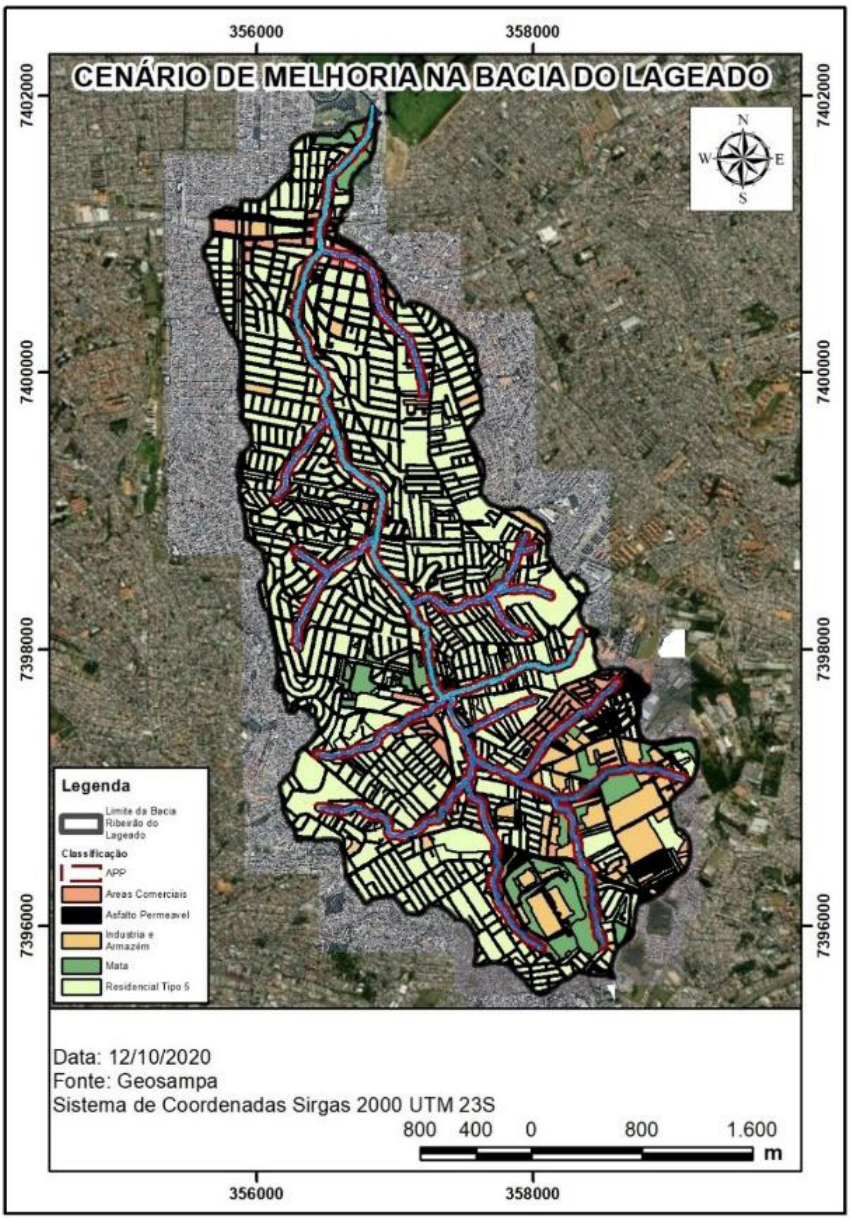


Fonte: Fernandes *et al.* (2020, p. 57).

Cenário ideal (2020)

Para se obter uma comparação de dados de vazão gerados pela simulação no software HEC-HMS, dos dois cenários anteriores (1930 e 2017), foi elaborado um terceiro cenário com alterações ideais de melhoria no uso e ocupação do solo desta bacia hidrográfica. O cenário ideal considera a existência de uma faixa de APP, com preservação de 30 metros de cada lado do córrego e de seus afluentes; redução da taxa de ocupação de áreas residenciais, que poderia ser obtida por verticalização das habitações, por exemplo, e substituição de toda pavimentação atual por concreto permeável, como pode ser visto na Figura 3.

Figura 3 - Mapa de uso e ocupação do solo da bacia do Lageado, considerando condições ideais de respeito à legislação ambiental, inexistência de núcleos e favelas, diminuição da taxa de ocupação e aplicação de concreto permeável nas vias públicas.



Fonte: Fernandes *et al.* (2020, p. 59).

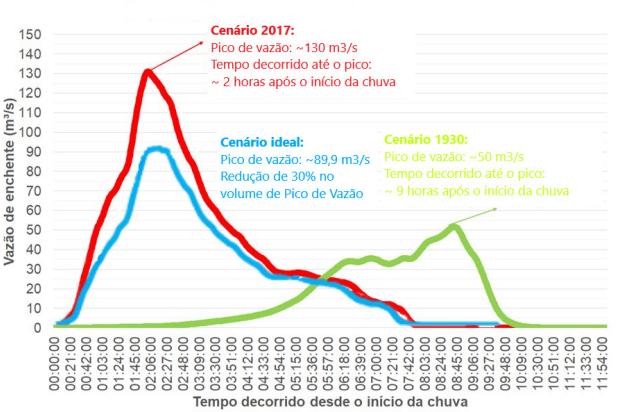
Neste cenário, uma simplificação foi efetuada, que foi a de se considerar que não houve modificação no tempo de concentração da bacia hidrográfica induzida pelas alterações nos padrões de ocupação em relação ao cenário anterior; esta simplificação não permite que sejam avaliados os tempos de resposta da bacia, que certamente apresentariam um ganho, ainda que sutil, caso esta consideração fosse realizada.

Esta abordagem foi adotada por não existirem dados suficientes na literatura que permitam estimar qual o ganho da adoção de pavimentos permeáveis e acréscimo na cobertura vegetal de parte da bacia nos valores de tempo de concentração adotados na modelagem, apenas há menção sobre ocupações rurais e ocupações urbanas para a maioria dos trabalhos sobre o assunto.

Ainda assim, é possível observar o impacto positivo da adoção de técnicas sustentáveis na ocupação de uma bacia quase que completamente urbanizada na redução da vazão de pico, que passou de cerca de 130 m^3/s para aproximadamente 90 m^3/s, 30 % menor.

Com estes resultados, pode-se estabelecer indicadores objetivos de melhoria no comportamento hidrológico da bacia. Esses indicadores podem contribuir para aferir o impacto de obras e propostas de desenvolvimento urbano local e avaliar objetivamente as diretrizes para a regulamentação do uso e ocupação do solo na localidade em relação ao sistema de drenagem.

Figura 4 – Comparação do comportamento hidrológico nos cenários antigo, atual e ideal.



Fonte: Trabalho da Equipe 02 do Curso de Modelagem Hidrológica (2020)[61].

[61] Janilson Olegário Fernandes, Mari Anna de Camargo Firmino, Matheus Durigan, Pedro Henrique Herculano Correia, Rafael Giorgi Costa, Rafael Sanches Pimentel, com base em

OPORTUNIDADES DE TRANSFORMAÇÃO

Sob a liderança do professor Rafael Giorgi Costa, a equipe da SP Urbanismo procurou compreender como seria possível mitigar os problemas do comportamento hidrológico da bacia do Lageado, apontados na análise do modelo computacional do segundo cenário (2017). Ou seja: quais oportunidades de transformação da bacia existem atualmente? Para entender como ela está configurada, eles mapearam a região, identificando os lotes municipais, as favelas, os lotes privados transformáveis e as zonas de proteção ambiental.

O grupo de estudo também delimitou alguns compartimentos ambientais em função da declividade, uma vez que os tipos de dispositivos de drenagem devem variar também por esse fator. Através dos princípios do *water sensitive design* "reter, armazenar, atrasar, limpar e reutilizar as águas pluviais", eles traçaram diretrizes específicas para cada compartimento ambiental identificado (Costa *et al.*, 2021).

Sobre esse aspecto, é importante destacar que a demarcação de grandes zonas delimitando compartimentos ambientais foi uma estratégia utilizada nos Projetos de Intervenção Urbana (PIUs), elaborados desde 2016, pela SP Urbanismo, em especial os PIUs dos subsetores da Macroárea de Estruturação Metropolitana.

Tais compartimentos dividiam-se em duas grandes áreas, separando a zona da "várzea", coincidente com as planícies fluviais do perímetro do projeto, e a zona de "encosta", correspondente às áreas mais altas. Em linhas gerais, tais compartimentos eram utilizados para aplicação de parâmetros diferenciados de ocupação dos lotes, de forma a calibrar os índices urbanísticos responsáveis pela pontuação da Quota Ambiental do zoneamento, em especial a taxa de permeabilidade. Ou seja, embora a diferenciação dos compartimentos apontasse para possíveis especificidades desses territórios, sua aplicação se restringia, no âmbito dos PIUs então elaborados, à transformação eventual de lotes privados, com mecanismo similar ao já utilizado pelo zoneamento vigente.

No presente estudo piloto, a identificação de compartimentos associados aos quatro princípios procurou apontar caminhos mais complexos, de forma a entender como a legislação urbanística poderia especificar diretrizes de drenagem considerando tais princípios em

modelagem computacional realizada com o software HEC-HMS.

função da localização dos compartimentos, buscando inclusive sua possível correlação com a aplicação de dispositivos e infraestruturas de drenagem, ou seja, não se limitando à calibragem de parâmetros urbanísticos.

Com isso, seria possível estreitar a relação entre as diretrizes de drenagem com a própria legislação urbanística existente, abrindo-se um leque de instrumentos de intervenção local que iria além do zoneamento e seus parâmetros de uso e ocupação, de forma a aperfeiçoar as estratégias já aplicadas nos PIUs. Abre-se, nesse sentido, um conjunto de oportunidades em diversas modalidades de aplicação, como Projetos Estratégicos, Projetos Público-Privados (PPPs), projetos de reurbanização de favelas, dentre outros.

Além de instrumentos e políticas de desenvolvimento urbano voltadas às ações locais. As explorações realizadas nesse estudo apontaram também a necessidade de integrar todas as bases de dados, na cidade de São Paulo, para se ter as informações corretas e poder modelar com mais precisão e mais facilidade as bacias hidrográficas da cidade de São Paulo.

Eixos da transformação urbana e redução da vulnerabilidade

O PDE da cidade de São Paulo definiu uma política de desenvolvimento urbano baseada na ampliação da mobilidade urbana, através da implantação de corredores de ônibus, incentivando o sistema de transporte coletivo. Com o objetivo de ampliar o acesso à rede de mobilidade, o PDE incentivou o adensamento construtivo nas áreas de influência dos eixos de mobilidade urbana, através da definição de Eixos de Estruturação da Transformação Urbana, existentes e previstos onde o coeficiente de aproveitamento dos terrenos deve ser quatro vezes maior do que em outras áreas.

A situação analisada localiza-se em um desses Eixos previsto em uma área localizada na Macroárea de Redução da Vulnerabilidade Urbana. É justamente nessas áreas que há uma oportunidade de testar um modelo de desenvolvimento urbano resiliente e sustentável. Nesta linha, o estudo apresentado ensaia um modelo de desenvolvimento urbano associado à expansão da rede de transporte coletivo, que procura interagir com o sistema local da política urbana e seus atores. (Koury; Cavallari, 2018).

Destaca-se aqui a recorrência do problema da bacia do ribeirão do Lageado em relação aos corredores de ônibus prioritários, previstos originalmente pelo PDE para implantação em 2016. Apesar do atraso, parte desses corredores segue em implantação ou em elaboração de projetos, como é o caso do eixo Campo Limpo-Carlos Lacerda, Itaquera e Aricanduva, denotando que a ordem de prioridade estabelecida pelo PDE permanece e que esses casos também associam a rede hídrica, a rede de mobilidade e a macroárea de redução da vulnerabilidade urbana (Longo, 2020).

Analisando-se as bacias hidrográficas impactadas por todas essas recorrências mencionadas acima, observa-se que a bacia do ribeirão do Lageado é a que possui a menor área. Esse dado é de grande importância, pois, considerando que as problemáticas em termos de drenagem e qualidade das águas deve ser observada pelo menos na escala de cada bacia, a situação identificada no ribeirão do Lageado — cujas questões se replicam nas demais áreas — apresenta-se como uma oportunidade para investigação no âmbito de um estudo piloto (Longo, 2020).

Assim, coloca-se as seguintes questões ainda em análise: o investimento público previsto para a expansão da rede de mobilidade nessas áreas pode desencadear um processo de transformação urbana para a ação climática nessas localidades? É possível aproveitar a transformação prevista e implantar um modelo de desenvolvimento urbano mais adaptado aos impactos da crise climática? Como engajar os atores para alcançar os objetivos de uma transformação sustentável nessas áreas?

CONCLUSÃO

O presente capítulo refletiu sobre a necessidade de se pensar em um novo padrão de uso e ocupação do solo em áreas urbanas vulneráveis localizadas em áreas de mananciais, como é o caso do Itaim Paulista, contribuindo para encontrar novos meios de aumentar a segurança hídrica, em um futuro incerto quanto aos efeitos da crise climática.

A modelagem hidrológica mostrou, de forma clara, que o adensamento das cidades, ocupando áreas de várzea e impermeabilizando progressivamente o solo, atrelado a concepções estruturais históricas dos sistemas de drenagem, presentes nas grandes cidades

brasileiras, tornaram o problema das cheias urbanas praticamente insolúvel, gerando enormes prejuízos aos cofres públicos, à saúde e à vida da população que convive com a problemática de forma recorrente.

Ainda, mostra-se que para quaisquer que sejam as técnicas de drenagem urbanas a serem adotadas para a mitigação do problema, é importante pensar na adoção de técnicas de drenagem urbana que visem o resgate da capacidade natural de controle de cheias, presentes nas bacias, sem influência humana, buscando incentivar a construção de estruturas que visem reduzir a impermeabilização do solo das cidades, com a utilização de pavimentos e telhados permeáveis, aumento das áreas verdes com alta capacidade de infiltração etc.

Há de se discutir modificações no sistema viário existente e planejado, desconstruindo a ideia das avenidas de fundo de vale, abrindo espaço para a renaturalização das áreas de várzea, de modo que haja espaço para os cursos d'água quando da ocorrência de eventos de cheia.

A participação da sociedade e do poder público no processo de adoção de técnicas de drenagem sustentáveis torna-se importante aliada nas atividades de educação ambiental e permite a adoção de políticas públicas, utilizando-se de planos diretores como instrumento fomentador da preservação e restauração das bacias hidrográficas urbanas, permitindo apontar a população como agente transformadora do paradigma atual, o qual já tem se mostrado ineficiente, para uma situação onde se possa conviver com o fenômeno das cheias urbanas, sem que haja prejuízo para a cidade e para a população.

O estudo de caso realizado quantificou, através de um modelo computacional, a vazão de pico no exutório da bacia e estabeleceu um parâmetro numérico de atenuação do pico de vazão em 30%. Traçou também possibilidades de aplicação de instrumentos urbanísticos que dialogassem com os resultados do modelo hidrológico para diferentes terrenos da bacia, de maneira a aperfeiçoar o uso e desenvolvimento dos instrumentos urbanísticos hoje presentes no PDE e nos PIUs.

Desta forma, percebe-se que ao se cogitar a utilização da tecnologia proporcionada pela modelagem hidrológica, como ins-

trumento de planejamento urbano e governança climática, é possível vislumbrar um novo modelo de cidade que pode ser ao mesmo tempo mais justo socialmente e mais sustentável e resiliente ambientalmente, corrigindo os rumos do crescimento urbano e mudando paradigmas adotados, infelizmente, ainda pela grande maioria das cidades brasileiras.

REFERÊNCIAS

COSTA, R. G. *et al*. Desenvolvimento urbano e a questão socioambiental: subsídios para uma costura entre os instrumentos do PDE, e a política de áreas verdes públicas e gestão das águas pluviais. *In*: FÓRUM SP 21 — AVALIAÇÃO DO PLANO DIRETOR E DA POLÍTICA URBANA EM SÃO PAULO, São Paulo, 2021. **Anais** [...]. São Paulo: Fórum SP 21, 2021.

FALCETTA, F. A. M. Modelagem de inundação usando o software HEC-RAS acoplado aos dados de cartas topográficas e modelo digital de elevação: procedimentos metodológicos. *In*: RELATÓRIO **Técnico**, n. 150.387-205/Projeto 500116A. São Paulo: Fundação de Apoio ao IPT, 2017.

FERNANDES, J. O. *et al*. **Obtenção e elaboração de dados para aplicação do método do diagrama unitário na bacia ribeirão do Lageado pelo HEC-HMS**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) — Universidade São Judas, São Paulo, 2020.

KOURY, A. P.; CAVALLARI, T. V. Desenvolvimento urbano em áreas de fronteira: o caso do Itaim Paulista. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, [*S. l.*], v. 10, p. 663–676, 2018.

LONGO, M. R. Eixos de estruturação da transformação urbana em territórios periféricos: estudo de um Projeto de Intervenção Urbana no leste de São Paulo. *In*: SEMINARIO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN URBANISMO = SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE INVESTIGAÇÃO EM URBANISMO, 12., São Paulo; Lisboa, PT, jun. 2020. **Anais** [...]. São Paulo; Lisboa, PT: SIIU, 2020. Disponível em: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/336424/9793-10735-1-SM.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 17 nov. 2023.

SÃO PAULO (Município). **Lei n. 16.050, de 31 de julho de 2014**. Aprova a Política de Desenvolvimento Urbano e o Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo e revoga a Lei n. 13.430/2002. São Paulo: Diário Oficial da Cidade de São Paulo, 2014. Disponível em: http://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-16050-de-31-de-julho-de-2014. Acesso em: 17 nov. 2023.

SÃO PAULO (Município). Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. **Caderno de Propostas dos Planos Regionais das Subprefeituras**: Perímetros de Ação: Itaim Paulista. São Paulo: Prefeitura Municipal de São Paulo, 2016. Disponível em: https://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/wp-content/uploads/2018/02/PA-IT.pdf. Acesso em: 17 nov. 2023.

ENTRE INOVAÇÃO E INJUSTIÇA: A TRAJETÓRIA DAS POLÍTICAS PARA RIOS URBANOS EM SÃO PAULO

Luciana Travassos

INTRODUÇÃO

Desde pelo menos meados do século 19, a drenagem e a relação entre a cidade e a água são objetos de políticas públicas e intervenções na cidade de São Paulo. Essas ações se configuraram sempre em diálogo com valores, discursos e práticas produzidas em outros contextos — especialmente em países centrais —, mas também com condicionantes, interesses e discursos produzidos localmente. As mudanças observadas ao longo de cerca de 160 anos foram produzidas eminentemente por agentes que participavam das tomadas de decisão, em debates com esses conhecimentos e valores. Nos últimos anos, no entanto, há um envolvimento cada vez maior da sociedade civil no debate sobre as águas urbanas. Este capítulo pretende olhar para esses períodos paradigmáticos, sistemas sociotécnicos, do tratamento de rios e córregos e suas margens na cidade de São Paulo, procurando compreender, por meio da lente das transições sociotécnicas, quais agentes, discursos, conflitos, conhecimentos e políticas sustentaram as práticas ao longo do tempo e, além disso, quais deles pressionaram o status quo, provocando mudanças. Certamente também é importante olhar para o sentido dessas mudanças e seus efeitos em diversas dimensões territoriais. Assim, são ressaltadas as contradições dos debates atuais que, diferentemente dos sistemas sociotécnicos anteriores, que expandiam, ainda que precariamente, o universo de rios e córregos urbanificados, integrando-os às infraestruturas urbanas, voltam suas práticas "baseadas na natureza", para a reconfiguração de rios, córregos e margens já tratados em outros momentos, reconcentrando recursos e valores em determinadas regiões da cidade.

Está organizado da seguinte maneira: em primeiro lugar, faremos uma breve introdução à base teórico-metodológica da transição sociotécnica e da transição justa para, então, olhar com alguns detalhes para quatro períodos, que constituem sistemas sociotécnicos.

O primeiro pode ser considerado um momento pré-sistema, ou pré-paradigmático, no qual muitas ideias e valores disputavam a construção de uma lógica para o tratamento de rios, córregos e suas margens; o segundo se configura como o momento da definição do binômio canalização de córregos e construção de avenidas de fundo de vale como parte de planos viários estruturais, relação que se desfaz no terceiro momento, que é o da construção de avenidas de fundo de vale dentro de programas de melhoramentos, quando também cresce o debate da relação entre os córregos e os assentamentos precários. O último sistema sociotécnico muda diversas lógicas, tanto de drenagem, quanto de tratamento de várzeas, com o debate sobre infraestruturas verdes ou soluções baseadas na natureza, mas também parece aprofundar desigualdades. Com os sistemas sociotécnicos explicitados, debateremos seus aspectos contemporâneos, com a lente da transição justa.

ENTRE PARADIGMAS, SISTEMAS SOCIOTÉCNICOS E SUAS TRANSIÇÕES

No campo dos estudos de sustentabilidade, tem ganhado volume, nos últimos anos, a utilização do conceito de transição. Entre estes, está a transição sociotécnica, que procura analisar as trajetórias de mudanças estruturais em sistemas sociotécnicos, sistemas que se baseiam em conhecimento científico e tecnológico, políticas, normas, instituições, valores e discursos e que estabelecem determinadas práticas. Dentre as abordagens teórico-metodológicas para compreender os sistemas sociotécnicos e suas transições, está a Perspectiva Multinível (PMN), proposta por Geels (2002) e Geels e Schot (2007), com base em proposta anterior de Rip e Kemp (1998). A perspectiva se estrutura em três níveis, macro, meso e micro, concebidos como paisagem, regime e nicho, respectivamente, cuja co-evolução pode levar à transição (Wang; Lo, 2021). A paisagem se caracteriza pelo contexto mais amplo, exógeno, de definição de um sistema sociotécnico, constitui-se por padrões estabelecidos e pressões que sustentam um regime ou podem criar as condições para a transição. Em geral, as mudanças nesse nível são lentas, mas grandes eventos, humanos ou naturais, podem promover rupturas — como guerras ou terremotos. Os regimes são estruturados por rotinas cognitivas partilhadas por técnicos, cientistas, decisores políticos, usuários e grupos de interesse, funcionam pela manutenção de trajetórias existentes, por meio de normas, políticas, financiamentos

e investimentos. Já os nichos são formados por pequenas redes de atores, onde surgem inovações com as quais o regime é pressionado — parte desses atores pode estar na própria estrutura do regime, nesse caso, são denominados como "fringe actors" (Geels; Schot, 2007). Embora seja comum a observação de que as inovações surgem dos nichos, os estudos empíricos mostram uma relação bem próxima dos três níveis, mostrando que os processos podem se desencadear em qualquer nível e que a transição acontece no conjunto do sistema sociotécnico.

Em países periféricos, a análise da transição sociotécnica deve ser acompanhada da análise da justiça ambiental. Routledge, Cumbers e Derikson (2018) entendem que as possibilidades de garantir futuros sustentáveis e justos são restritas, pois os recursos essenciais e a produção de conhecimento são administrados por elites, em regimes sociotécnicos comprometidos com a manutenção do status quo. Newell e Mulvaney (2013) concordam com o papel das elites na formação das políticas de acordo com seus interesses, frequentemente desarticulados das necessidades e vulnerabilidades ambientais da população pobre e afirmam que a distribuição desigual dos ônus e bônus do desenvolvimento é produto de uma forma particular de organizar a produção e suas relações sociais constitutivas (Newell; Mulvaney, 2013). Nesse sentido, a transição pode também representar um aprofundamento das desigualdades.

Heffron e McCauley (2018) debatem o conceito de uma transição justa e propõem um arcabouço com quatro dimensões de análise: justiça, universalidade, espaço e tempo. A primeira recupera três pilares de justiça: distributiva, processual e restaurativa; a universalidade trata do reconhecimento e do cosmopolitismo; o espaço considera os lugares em que os eventos estão acontecendo; e por último, mas não menos importante, o tempo traz os horizontes para a transição, a curto, médio ou longo prazo. Da mesma forma, Schlosberg (2007) argumenta que o reconhecimento, a redistribuição e a participação são três dimensões essenciais da justiça nos processos de planejamento e seus resultados. Com propósito similar, os cinco W's propostos por Merrow e Newell (2016) colocam no centro da agenda de análise da justiça o reconhecimento de decisões politizadas, as dimensões escalares e trade-offs de planos de resiliência. Perguntam: quem define e quem é excluído dos planos; que setores e redes são incluídos e que problemas são focados; se os planos têm

horizontes de curto ou longo prazo; se determinadas escolhas de localização inibem o alcance da resiliência em outros lugares; e a razão subjacente às metas definidas.

Em relação aos investimentos em infraestrutura, o Estado tem um papel fundamental a desempenhar na transição, mas também tem um papel fundamental a desempenhar na transição justa. Routledge, Cumbers e Derikson (2018) afirmam que o Estado é um espaço permanente de possibilidade de mudanças sociais, econômicas e ambientais positivas, apontando que, a transição pode ser realizada por atores estatais e grupos da sociedade civil (Routledge; Cumbers; Derikson, 2018). Por Outro lado, o Estado é também o resultado das coalizões que se formam em cada época, mantendo o status quo ou contribuindo para sua ruptura.

OS SISTEMAS SOCIOTÉCNICOS DOS RIOS URBANOS EM SÃO PAULO

Em trabalhos anteriores (Travassos, 2004; 2010), foram identificadas quatro fases de políticas públicas, configuradas como paradigmas e trajetórias tecnológicas, para a relação entre os rios e a cidade de São Paulo, com a definição estabelecida por Dosi (1984). Essa lente é uma das bases sobre as quais Geels (2002) e Geels e Schot (2007) constroem sua proposta de análise de sistema sociotécnico e transição sociotécnica. Nesse sentido, é completamente aderente recuperar tais estruturas nesta análise, o paradigma e a trajetória como sistema e a revolução paradigmática como transição. Abaixo, apresentaremos brevemente cada uma destas fases, para mostrar como os regimes se consolidaram e, principalmente, para mostrar como o que está se construindo nesse momento pode ser considerado uma transição injusta.

Debates múltiplos, entre meados do século XIX e 1930

A questão do saneamento das várzeas urbanas como um meio para a expansão da cidade, obtenção de salubridade e o embelezamento urbano era o problema naquelas décadas. Os debates se valiam do nascimento e consolidação do higienismo e de sua diretriz de sanear as águas (Andrade, 1992). Para a questão do desenvolvimento de cidades, duas teorias urbanísticas concorriam: a de Camillo Sitte, desenvolvida especialmente a partir das remodelações de Viena, e a do Barão Haus-

smann e seus trabalhos em Paris, complementada pelas propostas do espanhol, Cerda, e pela presença pontual de importantes nomes do urbanismo, como Bouvard e Barry Parker. Ambas as posições se coadunavam com as propostas higienistas e intencionavam, politicamente, transformar a cidade herdada do período pré-industrial, integrando-a com infraestrutura viária, rede de equipamentos institucionais e de serviços, enfatizando, ainda, a realização da exploração imobiliária nas áreas atingidas pelas intervenções (Campos Neto, 1999; Franco, 2002). Tais questões recaiam sobre duas várzeas, dos rios Anhangabaú e Tamanduateí, em trechos lindeiros à colina histórica. O Rio Tietê somente foi objeto das questões urbanísticas no final deste período, após a década de 1910. Embelezamento, arborização, criação de parques e áreas verdes, de avenidas-parque e até de estruturas viárias foram aventados, implantados e alterados nessas várzeas, ao longo destas décadas (Travassos, 2004).

Para o Tamanduateí existem registros históricos de projetos e obras que remontam à 1810, 1827 e 1830 (Avelima, 1988; Travassos, 2004), mas sua primeira intervenção de grande porte foi na década de 1840, o rio foi retificado, perdendo sete curvas, na altura da várzea do Carmo (Telles, 1984). Essa várzea representava o maior desafio ao crescimento da mancha urbana, era extensa, com grande amplitude de vazão, usada tanto para o abastecimento de água quanto para diluição de esgotos. Foram muitas as propostas para ela, da icônica e efêmera Ilha dos Amores, correção e ajardinamento de margens, até a retificação e canalização de trechos. Tais propostas e obras eram de competência municipal, nos limites da Várzea do Carmo, e estadual. Para seu curso, do Ipiranga ao Tietê, a Comissão Estadual de Saneamento, já em 1893 apresentou um projeto de regularização do leito do rio, com a construção de diques laterais e de duas alamedas marginais, ladeadas por um bosque arborizado, proposta amplamente defendida.

No que se refere ao Vale do Anhangabaú, as propostas apresentavam um cunho diferente: a modernização urbana e a valorização imobiliária. Três projetos de melhoramentos foram elaborados para ele. Os dois primeiros, de 1906/1907 e 1911, encabeçados por Vitor da Silva Freire, na Diretoria de Obras, e inspirados em Sitte, propunham o alargamento da Rua Líbero Badaró e demolição das edificações que davam fundos para o Vale, para formar um belvedere com o Teatro Municipal, com tratamento paisagístico do

fundo do vale e a canalização do córrego, aproveitando-o também para a construção de uma via "de traçado artístico". Foram diversos os embates entre o poder público e os proprietários dos lotes, que faziam pressão contra as desapropriações e, em resposta, o governo do estado, que financiaria as obras, pediu nova proposta à Samuel das Neves, que propôs uma avenida-parque, também questionada. Os vários conflitos em torno dessas propostas tiveram como consequência a contratação de Bouvard como consultor. Sua tarefa era opinar, porém o arquiteto acabou fazendo propostas para as duas várzeas, um sistema de parques para garantir os reservatórios de ar e vegetação, focos de higiene e bem-estar para a crescente população (Os melhoramentos [...], 1911). Mas não os acalmou, em carta para a Revista de Engenharia, Alexandre de Albuquerque, autor do plano "As Grandes Avenidas" antagonizava fortemente não apenas ao programa de ações e seu embasamento, mas também o fato de ter sido chamado um arquiteto estrangeiro para concebê-lo (Albuquerque, 1911). Portanto, o programa de ações elaborado pelo arquiteto francês foi realizado somente de forma parcial, a rua Líbero Badaró foi alargada e os edifícios que margeavam o vale foram construídos, outras propostas como os Parques do Anhangabaú e da Várzea do Carmo foram adiadas.

Neste período, o Rio Tietê apresentava uma problemática diferente, as propostas de intervenção urbana neste curso d'água estavam intimamente vinculadas à sua utilização para a produção de energia e aos problemas sanitários resultantes da ausência de sistema de esgotos. A primeira proposta mais ampla de intervenção em seu leito e várzeas foi feita em 1913, pelo engenheiro Pacheco e Silva, e incluía, além da retificação do rio, parques laterais e na margem esquerda uma linha de bonde. Em 1921, a prefeitura fez um apelo para que o Governo do Estado tomasse providências quanto ao saneamento do Rio Tietê, sob sua responsabilidade desde 1892, e pede que o rio seja canalizado desde Conceição de Guarulhos até a Lapa e duas avenidas sejam construídas à sua margem. Em nova carta, de 1922, o prefeito diminui sua ambição pedindo que o rio fosse retificado ao menos entre a Penha e a Lapa, pois nas épocas secas havia muita dificuldade em escoar-se os esgotos que afluem ao rio (A canalização [...], 1923).

Em 1921, a Diretoria de Obras, encarregada de julgar os projetos para a canalização do Rio, destacou um especialista no assunto,

o engenheiro e professor da Polytechnica, J. A. Fonseca Rodrigues. O Relatório Fonseca Rodrigues, a exemplo do relatório Bouvard, adquiriu contornos de um plano. O autor propôs a retificação do leito do rio, da Ponte Grande à Estrada Inglesa, reduzindo seu curso pela metade, a fim de possibilitar a navegação e afastar rapidamente os efluentes de esgoto. Sobre os diques que ladeariam o canal, seriam construídas duas vias marginais e duas lagoas de regularização seriam implantadas a montante da Penha. Com seu projeto haveria um ganho de 1700 hectares de terra para a urbanização (A canalização [...], 1923).

A Diretoria de Obras, no entanto, não se satisfez com o projeto de Fonseca Rodrigues. Em nota, João Florence Ulhôa Cintra, então diretor da II Seção da Diretoria de Obras, incumbida das questões de urbanismo, critica o projeto apresentado pelo engenheiro e os anteriores, por não considerarem os aspectos urbanísticos relativos à várzea do Rio Tietê. Na mesma nota, enfatiza a necessidade de criação de áreas verdes e de lazer para a capital. Ainda, considera que não há a necessidade de realizar uma retificação radical do rio e propõe seu encaixamento em uma ampla parkway, com extensas áreas verdes e avenidas marginais pouco menores do que aquelas idealizadas por Rodrigues, satisfazendo ao mesmo tempo as necessidades de higiene e circulação, o aproveitamento dos terrenos beneficiados e o aformoseamento urbano, numa abordagem conjunta dos aspectos urbanísticos e hidrológicos do Tietê (A canalização [...], 1923).

Durante a década de 1920, porém, acirra-se o problema do rio que, se não era o principal objeto dos planos de melhoramentos para São Paulo, o era para os planos de geração de energia elétrica pela "The São Paulo Tramway Light & Power Company". Neste contexto, ganhou força política a solução proposta pelo engenheiro Asa Billings, conhecido como "Projeto da Serra", cujo objetivo era o aproveitamento da queda da Serra do Mar para a produção de energia em Cubatão, o que impingiu a retificação dos dois mais importantes rios da região, Pinheiros e Tietê. Em sentido contrário, em 1924, Saturnino de Brito, na direção da Comissão de Melhoramentos do Tietê, órgão municipal recém instituído, se opõe, preconizando a retificação do leito de forma intermediária entre os dois planos apresentados, e concebe dois grandes lagos, que forneceriam terra para os aterros projetados e contribuiriam para o lazer dentro da cidade e o aformoseamento urbano. Uma barragem construída na altura da Penha serviria como regularizadora das funções naturais do rio a montante (Brito, 1944).

A urgência no aumento da oferta de energia elétrica, a despeito dos diversos projetos envolvendo o tratamento do Tietê e suas várzeas, impulsionou a decisão sobre a intervenção que seria implantada: foi adotado o Projeto da Serra, sobrando do projeto de Brito a construção dos reservatórios nas cabeceiras do Tietê.

O binômio canalização de córregos e avenidas de fundo de vale em planos gerais, entre 1930 e 1970

O crescimento nas taxas de expansão da mancha urbana de São Paulo era expressivo e o rodoviarismo, o expansionismo e a verticalização eram os novos motes do ideário que se formava. Em 1920, em uma série de artigos publicados no *Jornal do Commercio*, Milciades Porchat pressionava por intervenções que julgava indispensáveis para São Paulo. Prevendo o predomínio crescente do automóvel, considerava sua circulação mais importante que a circulação de pedestres e decretava os bondes como empecilhos à mobilidade. Propunha a construção de três avenidas que circundariam a área central, com o trajeto sobre fundos de vale. Pouco depois, Prestes Maia e Ulhôa Cintra apresentaram uma série de artigos, em dupla autoria, no Boletim do Instituto de Engenharia, intitulada "Um problema actual. Os grandes melhoramentos de São Paulo". Estes artigos tinham como objetivo apresentar a situação de desenvolvimento da cidade de São Paulo e propor uma série de intervenções que, nas palavras dos autores, colocariam-na no caminho do progresso.

Nasceu, destas primeiras propostas, o Plano de Avenidas, de 1930, um plano viário, com o estudo de seis grandes avenidas radiais e um perímetro de irradiação, baseado teoricamente em dois urbanistas Hénard e Sttüben (Cintra, 1924; Maia; Cintra, 1924/1925), que estabeleceu o paradigma das avenidas de fundo de vale. Todas as "*avenidas de thalvegues*" — como eram chamadas por Prestes Maia — idealizadas neste período acabaram sendo construídas.

Prestes Maia integrava, então, a Comissão de Melhoramentos do Tietê, sob direção de Ulhôa Cintra. O Plano de Avenidas representava uma mudança na forma de pensar a estruturação e o espaço urbano: assumia a grande cidade como inevitável e propunha a técnica como um meio eficaz de gestão do espaço e de sua expansão infinita. A circulação e o sistema de transportes eram parâmetro a todas as outras questões urbanas tratadas e a criação de parques

seria externa à mancha urbana, em posição contrária aos debates de cinturões verdes ainda presentes na época, especialmente pela forte influência de Barry Parker. Para Prestes Maia, a criação do sistema viário de São Paulo, sobre os fundos de vale, se justificava pela dificuldade apresentada pelo relevo acidentado da região "[...] o próprio relevo de São Paulo, que acarreta o embaraço da circulação, indica e permite uma solução moderna: tunneis, viaductos, avenidas de thalweg, numa palavra: artérias rápidas" (Maia, 1929, p. 96). O Plano de Avenidas é considerado uma inflexão dos planos até então propostos para a cidade de São Paulo e, embora ainda guarde certas características dos planos de embelezamento e modernização anteriores, se difere por ser um plano de infraestrutura, segundo Villaça (2001), que prepara a cidade para transformar-se de "cidade do consumo" para "cidade da produção", a "cidade eficiente" em oposição à "cidade bela".

Ainda assim, o plano serviu de base para as poucas intervenções daquela década, sua implantação somente se intensificou na gestão de Prestes Maia como Prefeito de São Paulo, entre 1938 e 1945. Muitas das diretrizes do Plano de Avenidas foram, então, executadas: o perímetro de irradiação e a abertura de avenidas em bairros projetados para as classes altas, como aqueles da Companhia City, a avenida Nove de Julho, sobre o Saracura e o Bibi, e o começo da construção da Avenida ao longo do Córrego Itororó, atual Avenida 23 de Maio; outra avenida de fundo de vale concluída foi a Avenida Pacaembú. O Rio Tietê começa a ser canalizado e retificado, sendo encurtado em 20 km lineares. Suas margens foram aterradas e terraplanadas para a construção do sistema viário marginal, o que propiciou a "recuperação" de 17 km² de sua várzea (Maia, 1945; Petrone, 1958).

Entre os anos de 1940 e 1950, a taxa de crescimento da população já apresentava valores altos: 5,2% ao ano, consequentemente crescia a demanda por habitação, que se satisfazia principalmente pela incorporação de novas áreas àquelas estruturadas, possibilitada pela implantação do sistema de ônibus e pela existência de terrenos de baixo custo nas periferias, loteados por particulares e seguindo precariamente as regras urbanísticas e sanitárias as quais estariam subordinados (Grostein, 1987; Kowarick, 2000). A demanda pela ampliação do sistema viário era crescente e, na década de 1950, a Prefeitura contratou consultorias externas para elaborar planos urbanísticos: os planos Moses, em 1950, e Sagmacs, em 1957. Ambos se

aproveitavam dos fundos de vale para a concepção de sistemas viários de grande porte, ampliando o escopo dessas ações (Travassos, 2004). De acordo com Villaça, inaugura-se a época do plano intelectual, que possui "base científica e é correto tecnicamente" (2001, p. 204), mas se torna cada vez mais difícil de ser executado, pela complexidade e magnitude dos problemas urbanos.

Em 1969, é publicado o Plano Urbanístico Básico, PUB (São Paulo (Município), 1969), que havia sido contratado a um consórcio de empresas privadas. O plano propõe enfrentar os amplos problemas de saneamento e drenagem já bastante relevantes, mas não chega a definir completamente as obras necessárias ao controle das enchentes. A área mais afetada pelas inundações naquele momento era o Vale do Tamanduateí, tanto na área do mercado central de São Paulo, quanto na região do ABC. A execução da rede de drenagem, sob responsabilidade da prefeitura municipal, não acompanhava o crescimento da cidade, pois sua execução exigia obras caras e estava vinculada, segundo o plano, à regularização e canalização dos fundos de vale, que, por sua vez, estavam vinculados ao plano viário, às obras de interceptores de esgotos, a cargo do Departamento de Águas e Esgotos (DAE) e da solução a ser dada aos cursos de água principais, Tietê, Pinheiros e Tamanduateí, a cargo do Governo Estadual. Apesar desta complexa rede de responsabilidades, o plano não vê como sua atribuição programar obras para os cursos d'água secundários e terciários: a solução de seus problemas seriam "tão somente a questão de elaboração de projetos e execução das obras, em função dos recursos". Os projetos de novas avenidas do PUB, embora apoiadas em uma nova proposta de estrutura urbana, se localizariam em sua maioria em "vales subutilizados" por dois motivos principais: a topografia acidentada e a facilidade de obtenção dos terrenos, com poucas construções e baixo custo. É curioso observar que, apesar das diretrizes serem basicamente canalizações, o estudo reconhece paradoxalmente que as obras de canalização deverão agravar os problemas locais de enchente do município de São Paulo (São Paulo (Município), 1969).

Como é possível inferir do texto do PUB, avolumavam-se e se complexificavam os problemas dos rios urbanos. Se, até então, o binômio canalização de córregos e avenidas de fundo de vale se inseria em planos viários, com a concepção de infraestrutura viária vindo antes da escolha dos córregos que seriam canalizados. Tal situação vai se alterar muito nas décadas seguintes.

Canalização de córregos e avenidas de fundo de vale como programas de melhoria, entre 1970 e 2000

A década de 1970 é um momento chave para o estudo da ocupação dos fundos de vale por avenidas no município de São Paulo, pois é a partir deste período que começa a se realizar, com mais intensidade, a construção de sistema viário vinculado ao tratamento da drenagem, aproveitando sistematicamente a canalização de córregos para a construção de vias. É também a partir desta década que se intensifica, em relação às décadas anteriores, o impacto da urbanização na drenagem, devido ao crescimento exponencial da mancha urbana, ao seu adensamento e à ocupação crescente de diversas bacias hidrográficas e dos fundos de vale por assentamentos precários.

A canalização de córregos, em galeria ou canal aberto, com aumento da condutividade hidráulica, segundo o qual os sistemas de macrodrenagem — córregos canalizados — captam as águas provenientes do escoamento direto e dos sistemas de microdrenagem e as transportam rapidamente para jusante da bacia hidrográfica, se estabeleceu e desenvolveu sem questionamento até meados da década de 1970, sendo que, até o final da década de 1990, norteou de forma extensiva e intensiva todas as intervenções em fundos de vale e águas superficiais perenes, no município e Região Metropolitana de São Paulo, independentemente da sua inserção urbana. A canalização ou retificação dos principais afluentes do Rio Tietê — rios Pinheiros, Tamanduateí, Aricanduva, Cabuçu de Cima etc. — e de seus tributários, realizada principalmente após a década de 1970, somada à impermeabilização crescente da área urbana, via adensamento ou expansão da mancha urbana, teve como consequência um aumento da demanda de vazão do canal do rio principal sempre superior a sua capacidade. Assim sendo, o Rio Tietê, embora tenha sofrido seguidas intervenções que tinham como intuito aumentar sua capacidade de vazão — e de fato a aumentavam —, continuou inundando áreas urbanas. Mas não somente, também a partir dessa década, os problemas de drenagem alcançaram novas dimensões atingindo também inúmeros córregos do município.

Do ponto de vista institucional, há uma crescente separação entre planejamento e obras e, embora a desvinculação representasse uma valorização da atividade de planejamento urbano, também foi

um fator de seu esvaziamento, dada a forte tradição da Secretaria de Obras e Serviços Públicos nas questões de desenvolvimento urbano e sua inserção política privilegiada. Desta forma, a distância entre o que se planejava e o que se realizava era cada vez maior.

O ano de 1974 é um marco dessa transição. A prefeitura, naquele ano, propôs a realização de obras em 38 córregos, somando 60 km de canalização e 55 km de novas avenidas de fundo de vale. Os recursos eram oriundos do FIDREN, linha de financiamento do Planasa, e a previsão era de se canalizar 470 km de córregos, com posterior incorporação de avenidas. Tais obras eliminariam "dois sérios problemas da cidade: as constantes enchentes depois das chuvas e a ameaça a saúde pública" (Jornal da Tarde, s.d. apud São Paulo (Município), 1982). As avenidas de fundo de vale apresentariam uma vantagem comparativa: a inconveniência representada pela destruição da paisagem e desvalorização provocada pela abertura de uma avenida qualquer, não se verificaria nas avenidas de fundo de vale, onde a "situação já é de deterioração, de desvalorização da paisagem e a nova avenida, sem dúvida melhorar[ia] o ambiente" (As avenidas [...], 1972). Outra vantagem era a incorporação de novas áreas — até então, residuais — à cidade, o que implicaria em ampliação da arrecadação de recursos por imposto territorial.

Assim, a expansão do sistema viário passa a ser executada de forma assistemática, as avenidas de fundo de vale não mais fazem parte de planos viários ou planos urbanísticos, transformando-se em projetos independentes entre si. A construção de avenidas de fundo de vale, assim, enquadra-se mais em um programa de melhorias urbanas, em conjunto com a canalização de córregos, do que em um plano que visasse a melhoria da acessibilidade e mobilidade da população nas áreas urbanas. Tal prática se consolidou na prefeitura municipal ao longo das décadas de 1970 e 1980, dando origem ao Programa de Canalização de Córregos e Construção de Avenidas de Fundo de Vale (Procav), nos anos 1990 rebatizado de Programa de Canalização de Córregos, Implantação de Avenidas e Recuperação Social e Ambiental de Fundos de Vale. A primeira etapa do Procav representou basicamente uma continuidade ideológica dos projetos anteriores. Entretanto, o Procav, desde sua criação, apresentou um momento importante de inflexão, a partir de uma mudança institucional, na transição entre a primeira e a segunda etapa, entre 1993 e 1994, após forte pressão por mudanças na gestão de Luiza Erundina.

Esta mudança trouxe a inclusão de diversas novas variáveis, como o reassentamento habitacional e a questão ambiental, impulsionados por um lado pelo aumento do número de favelas à beira de córregos e por outro pela ampliação da ideia de sustentabilidade ambiental urbana. Os programas de melhorias chegaram, ainda que precariamente e de forma inadequada e incompleta, às periferias (Travassos, 2004).

Reservação, infraestrutura verde e soluções baseadas na natureza, após o ano 2000

Tal padrão somente começou a ser alterado no final dos anos 1990, com a elaboração do Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê, que tentava responder às crescentes incertezas sobre as intervenções feitas até então. Este plano introduziu algumas mudanças conceituais e novos princípios que, se aplicados em conjunto com diretrizes de conservação ambiental, teriam o potencial de alterar a forma atual da ocupação dos fundos de vale, originando novos projetos urbanos. A drenagem sai da lógica dominante de aumento da condutividade hidráulica para a ideia de reservação, especialmente a partir da constituição da vazão de restrição para os três principais rios da cidade: Tamanduateí, Pinheiros e Tietê, ou seja, o estabelecimento de um valor máximo que as calhas desses rios poderiam suportar. Por conseguinte, nenhum afluente poderia sobrepujar esses valores, o que demandaria forte contenção das águas nas proximidades de onde se precipitaram (São Paulo (Estado), 1999). Contudo, apesar da transição tecnológica, as escolhas realizadas dentro das possibilidades existentes reforçaram a lógica de implantação de obras estruturais de grande porte, agora, os reservatórios de detenção, popularmente, piscinões.

O primeiro piscinão foi construído em 1997 e, de lá até 2018, 65 piscinões foram construídos na bacia do Alto Tietê (Fundação Agência da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, 2019). As promessas de redução de inundações que vieram com estas estruturas não se cumpriram completamente. Os debates sobre função, forma e impactos de sua implementação, bem como sua priorização frente a outras formas de reservação também estão bastante presentes, especialmente com o recrudescimento das mudanças climáticas e as alterações que vêm provocando no padrão de precipitação

observado: maior concentração no tempo e no espaço. Esse debate tem aberto espaço para que outras formas de reservação sejam estudadas e projetadas, especialmente as medidas compensatórias em drenagem urbana e as infraestruturas verdes, atualmente sob o conceito guarda-chuva das soluções baseadas na natureza (Herzog; Freitas; Wiedman, 2022), mas há ainda poucas experiências de implementação e avaliação sobre quais poderiam ser as formas combinadas mais adequadas para minorar mais efetivamente as inundações.

Do ponto de vista do tratamento das várzeas, a primeira década deste século viu crescerem propostas alternativas e grande questionamento às avenidas de fundo de vale, que, em um primeiro momento, se tornaram exceções frente às propostas de criação de parques lineares e áreas de lazer em projetos de urbanização de favelas. Foram ensejadas, principalmente, pelas propostas do Plano Diretor Estratégico de 2002, que consolidaram as críticas e propostas já presentes durante a elaboração dos Planos Diretores de 1985 e 1991 (Travassos, 2010).

No meio acadêmico brasileiro, embora a discussão acerca das políticas e das técnicas para os rios e várzeas, bem como dos impactos relacionados às diversas formas de ocupação dessas áreas, estivesse presente há mais tempo, foi somente neste século que o tema ganhou força, com uma quantidade expressiva de trabalhos publicados. Ao lado do avanço político e acadêmico, em 2006 foi aprovada a Resolução Conama n. 369, que regulamentava casos excepcionais de utilidade pública ou interesse social para a supressão de vegetação em Áreas de Preservação Permanente (APPs), do Código Florestal (Lei Federal n. 4.771 de 1965). Essa resolução abriu caminho para a construção de parques lineares e para a urbanização de favelas nessas áreas em meio urbano.

Com novos planos, regulamentação e com um ambiente favorável, muitas intervenções para a criação de parques lineares e urbanificação das várzeas começaram a se realizar, visando saneamento, drenagem ou criação de áreas verdes e a cidade que ocupa os fundos de vale — favelas e assentamentos precários — (Alves; Torres, 2006) passa a ser reconhecida e considerada, certamente com uma série de problemas, mas de forma mais adequada que nos projetos anteriores — no Procav, a população era realocada, quando o era, em bairros mais periféricos e sem infraestrutura.

A leitura dos planos e programas, em especial do Programa 100 Parques para São Paulo, do Plano Municipal de Habitação e do Programa Córrego Limpo, mostra de forma contundente a importância estratégica que os fundos de vale, rios e várzeas adquiriram para a solução de uma série de questões de cunho social e ambiental na cidade de São Paulo. Havia o reconhecimento de que nessas áreas se encontra a população mais pobre e mais suscetível às inundações e que nos fundos de vale se deve implementar uma parcela importante das estruturas de esgotamento sanitário. São, então, locais chave para projetos urbanos de habitação, áreas verdes, saneamento e drenagem (Travassos, 2010).

Como resposta às questões colocadas, os planos traziam diversas inovações técnicas e novas abordagens com relação ao tratamento a ser dado para os fundos de vale urbanos, indicando inclusive a necessidade de articulação institucional, tanto de âmbito municipal, como estadual. Mais do que isso, do ponto de vista da observação da realidade e das premissas para a intervenção, os planos possuíam abordagens convergentes. Contudo, havia diferenças substanciais entre suas diretrizes, o que implicou que as ações e os recursos alocados dos principais órgãos vinculados a cada um deles acabassem sendo aplicadas a regiões diferentes do território, mantendo o caráter setorial das ações do poder público (Travassos, 2010; Travassos; Momm, 2013), dificultando a integração, na ausência de definição de territórios em comum para as intervenções.

A segunda década do século, porém, viu declinar as propostas de parques lineares e, em um contexto de grave crise econômica no município, a urbanização de favelas. Ao mesmo tempo, o debate sobre a paisagem dos rios na cidade ganha corpo, mas com mudanças expressivas de abordagem. Os rios canalizados em galerias sob avenidas ganham grande interesse acadêmico, da mídia e de grupos sociais, que estabelecem uma espécie de metonímia, ao expandir uma leitura de questões afetas aos bairros consolidados e centrais para a cidade como um todo (Travassos; Momm, 2022). Mais do que isso, em uma sequência de governos comprometidos com a reconcentração de renda, não tardou para que a direção dos investimentos em rios e córregos mudasse da periferia para o centro.

No início de 2021, a Secretaria de Infraestrutura Urbana e Obras disponibilizou os "Cadernos de Drenagem" preparados para doze bacias hidrográficas do município, em 2016 (São Paulo

(Município), 2016a; 2016b; 2016c; 2016d; 2016e; 2016f) e em 2019 (São Paulo (Município) 2019a; 2019b; 2019c; 2019d; 2019e; 2019f). De 2016 a 2019, houve um grande aumento nas propostas ligadas à infraestrutura verde e também à restauração de rios, mostrando que, do ponto de vista da infraestrutura, há uma transição em consolidação. Por outro lado, as intervenções são setoriais, embora sejam mencionados o saneamento e o sistema viário, os assentamentos precários praticamente desaparecem, mesmo nas 4 bacias em que predomina a população de renda baixa e média-baixa. Assim, as intervenções propostas não priorizam áreas com menos infraestrutura, nem alocam mais recursos para onde há maior precariedade. Um exemplo é a diferença de recursos previstos para as bacias hidrográficas em áreas consolidadas em relação às periféricas, nas bacias focadas em 2019. Considerando as propostas que defendem mais elementos de infraestrutura verde, os recursos previstos para a bacia hidrográfica de Uberaba, que passa por bairros de classe média alta e alta, são de 98 milhões de reais por km^2, enquanto para a bacia hidrográfica do Rio Aricanduva, que fica na periferia e abriga uma parte relevante dos assentamentos precários e áreas de risco, os valores previstos são de 8 mil reais por km^2 (Travassos; Momm, 2022). Outro caso importante de ser ressaltado é o Projeto Novo Rio Pinheiros, no principal afluente do Rio Tietê, cuja reprodução das desigualdades é ainda mais evidente, pois assume a ruptura entre obras de saneamento e habitação e trata de forma diferente áreas consolidadas e precárias (Alves; Paz; Fracalanza, 2021; Travassos; Momm, 2022).

Por outro lado, o recém-lançado Caderno de Obras Prioritárias da SIURB indica 56 obras prioritárias que basicamente mantêm o regime incumbente de grandes obras. Sem explicar o critério de seleção destas obras, definidas a partir de

> prioridades apresentadas nos cadernos já publicados, acrescentando os cadernos das bacias do Tiquatira, da Vila Leopoldina, do Tremembé, de Itaquera e do Sapateiro, já concluídos. Foram acrescentados também intervenções definidas no PDMAT 3 e projetos do acervo técnico da SIURB (São Paulo (Município), 2022).

Dentre elas, existem 38 novos reservatórios de contenção, 23 maiores do que 50 mil m^3, cinco canalizações de córregos e somente

4 parques lineares. Chama a atenção o montante de habitantes beneficiados em comparação com as realocações previstas. São cerca de 66 mil habitantes e somente 2.230 realocações, exclusivamente para a realização das obras: a maioria das intervenções acontece às custas de áreas verdes dos bairros, mas os projetos não consideram a permanência do risco para uma parcela considerável desta população. Além disso, há situações curiosas, como o caso do Reservatório Itaquera que, a despeito de estar orçado por 234 milhões de reais, não possui nenhum habitante na área de redução da mancha de inundação; caso similar, ao do Reservatório Água Preta Cabuçu, que também não possui população beneficiada, mas, ao menos tem um valor menor, 13,5 milhões de reais.

PARA ONDE ESTAMOS INDO?

Em artigo recém-publicado, discutimos que é possível observar, no que concerne às políticas para os rios urbanos de São Paulo, uma transição "em processo". Há muitos debates e propostas para uma transição da infraestrutura cinza para a infraestrutura verde, tanto na dimensão científica e de valores, quanto na dimensão política e de regulação. Contudo, essa transição começa a se estabelecer de forma absolutamente aderente ao processo desigual de produção do espaço urbano de São Paulo, no momento em que a priorização e as propostas mais inovadoras não são construídas no sentido de redução da vulnerabilidade, ou seja, tais propostas estão concentradas em áreas de baixa vulnerabilidade e com o intuito de "modernizar", no sentido da modernização ecológica, lugares e bairros em que vive a população de renda média e alta, em detrimento das regiões mais vulneráveis, onde, muitas vezes, o que se realiza, quando se realiza, são obras tradicionais. Certamente há exceções, mas esse é o padrão que vem se estabelecendo.

Além disso, a integração entre planos, programas e projetos que se construía, ao menos do ponto de vista discursivo, vai desaparecendo na assumpção da setorialidade dos programas e projetos de drenagem. No último documento de priorização de obras (São Paulo (Município), 2022), favelas e assentamentos precários não aparecem nem mesmo quando os projetos se localizam nessas áreas — o exemplo mais eloquente é o da canalização do córrego Itaim, no Jaguaré: quanto maior o número de habitantes a ser realocado, pior a nota

para a classificação da intervenção, variável com o segundo maior peso na definição. A variável relacionada à vulnerabilidade social, que considera com maiores notas as áreas mais vulneráveis, está em 14° lugar e o uso múltiplo da área está em último lugar (18º). O rol de obras anunciado pode ser considerado, então, como manutenção do status quo em todos os sentidos, para além do recrudescimento da desigualdade que observávamos em 2017 (Travassos; Penteado; Fortunato, 2017).

Nesse sentido, embora se possa reafirmar que há uma transição sociotécnica "em processo", é possível constatar que não está em curso uma transição para a sustentabilidade, uma vez que não considera o contexto das propostas: a cidade de São Paulo, em sua imensa desigualdade social e ambiental. Considerando as dimensões sugeridas por Heffron e McCauley (2018), Schlosberg (2007) e Merrow e Newell (2016), há diversos impedimentos para que haja transição justa, em razão da distribuição das ações, do processo da elaboração dos projetos, do reconhecimento do território, da forma como se estabelece a definição e priorização dos estudos e das ações e seu horizonte — considerando que a estratégia de sempre pensar o curto prazo leva à ação em lugares de menor complexidade.

Para que haja uma transição justa, não basta que se alterem os parâmetros tecnológicos, organização institucional, regulação e outras dimensões do regime incumbente. É necessário a mudança da direção das políticas e de sua construção, para e com os territórios mais vulneráveis, no sentido de sua urbanificação completa e do atendimento às suas demandas sociais e condicionantes ambientais.

REFERÊNCIAS

A CANALIZAÇÃO do Rio Tietê no território da Capital e municípios adjacentes. **Boletim do Instituto de Engenharia**, São Paulo, v. IV, n. 19, jan. 1923.

ALBUQUERQUE, A. de. As grandes avenidas e os melhoramentos. **Revista de Engenharia**, São Paulo, n. 1, jun. 1911.

ALVES, E.; PAZ, M.; FRACALANZA, A. P. Green gentrification and environmental injustice: a discussion based on the new Pinheiros River Program, São Paulo, Brazil. **Front. Sustain. Cities**, v. 3, n. 683660, 2021. Disponível em: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frsc.2021.683660/full. Acesso em: 17 nov. 2023.

ALVES, H.; TORRES, H. G. Vulnerabilidade socioambiental na cidade de São Paulo: uma análise de famílias e domicílios em situação de pobreza e risco ambiental. **Revista São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v. 20, n. 1, p. 44-60, jan./mar. 2006. Disponível em: http://www.produtos.seade.gov.br/produtos/spp/v20n01/v20n01_04.pdf. Acesso em: 17 nov. 2023.

ANDRADE, C. R. M. **A peste e o plano**: o urbanismo sanitarista de Saturnino de Brito. 1992. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) —Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

AVELIMA, L. **Curso d'água.** São Paulo: SABESP, 1988.

AVENIDAS de fundo de vale valorizam a paisagem. **A Construção São Paulo**, São Paulo, n. 1266, maio 1972.

BRITO, S. **Defesa contra inundações**. Rio de Janeiro: Imprensa nacional, 1944. (Obras completas de Saturnino de Brito, v. XIX).

CAMPOS NETO, C. M. **Os rumos da cidade**: urbanismo e modernização em São Paulo. 1999. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) —Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

CINTRA, J. F. U. Projeto de uma avenida circular constituindo perímetro de irradiação. **Boletim do Instituto de Engenharia**, São Paulo, v. 5, n. 24, p. 331-336, 1924.

DOSI, G. A proposed interpretration: technological paradigms and technological trajectories. *In*: DOSI, G. **Technical change and industrial transformation**. New York, US: St. Martin Press, 1984.

FRANCO, H. **Modernização e melhoramentos urbanos em São Paulo**: a gestão do presidente de província João Theodoro (1872-1875). 2002. Tese

(Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) — Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

FUNDAÇÃO AGÊNCIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO TIETÊ. **Relatório final (RF)**: elaboração do Plano da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê. São Paulo: FABHAT, 2019. (Diagnóstico, v. I). Disponível em: https://comiteat.sp.gov.br/wp-content/uploads/2020/02/Relat%C3%B3rio-Final-RF-Vol-I--Diagn%C3%B3stico.pdf. Acesso em: set. 2022.

GEELS, F. W. Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. **Res. policy**, [*S. l.*], v. 31, n. 8-9, p. 1257-1274, dez. 2002. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048733302000628. Acesso em: 17 nov. 2023.

GEELS, F. W.; SCHOT, J. Typology of sociotechnical transition pathways. **Res. Policy**, [*S. l.*], v. 36, n. 3, p. 399–417, abr. 2007. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048733307000248. Acesso em: 17 nov. 2023.

GROSTEIN, M. D. **A cidade clandestina**: os ritos e os mitos — o papel da "irregularidade" na estruturação do espaço urbano no município de São Paulo, 1900–1987. 1987. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) —Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.

HEFFRON, R.; MCCAULEY, D. What is the 'just transition'? **Geoforum**, [*S. l.*], v. 88, p. 74–77, jan. 2018. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016718517303287. Acesso em: 17 nov. 2023.

HERZOG, C.; FREITAS, T.; WIEDMAN, G. (ed.). **Soluções baseadas na natureza e os desafios da água**: acelerando a transição para cidades mais sustentáveis. Bruxelas, BE: Comissão Europeia, 2022.

JORGE, W. E. **A política nacional de saneamento pós 64**. 1987. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) — Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade em São Paulo, São Paulo, 1987.

KOWARICK, L. **Escritos urbanos**. São Paulo: Editora 34, 2000.

MAIA, F. P. **Estudo para um plano de avenidas**. São Paulo: [*s. n.*], 1929.

MAIA, F. P. **Os melhoramentos de São Paulo**. São Paulo: [*s. n.*], 1945.

MAIA, F. P.; CINTRA, J. F. Û. Um problema actual: os grandes melhoramentos de São Paulo. **Boletim do Instituto de Engenharia**, São Paulo, n. 26-31, 1924/1925.

MEEROW, S.; NEWELL, J. P. (2016). Urban resilience for whom, what, when, where, and why? **Urban Geogr.**, [*S. l.*], v. 40, n. 3, p. 309–329, 2019. Disponível

em: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02723638.2016.1206395. Acesso em: 17 nov. 2023.

NEWELL, P.; MULVANEY, D. The political economy of the 'just transition'. **Geogr. J.**, [*S. l.*], v. 179, n. 2, p. 132–140, 2013. Disponível em: https://rgs-ibg.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/geoj.12008. Acesso em: 17 nov. 2023. doi: 10.1111/geoj.12008.

OS MELHORAMENTOS de S. Paulo. **Revista de Engenharia**, São Paulo, n. 1, jun. 1911.

PETRONE, P. São Paulo no século XX. *In*: AZEVEDO, A. de. **A cidade de São Paulo**: estudos de geografia urbana. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1958.

PORCHAT, M. L. **Do que precisa São Paulo**: um punhado de ideias sobre a cidade. São Paulo: Duprat, 1920.

RIP, A.; KEMP, R. Technological change. **Human choice and climate change**, [*S. l.*], v. 2, n. 2, p. 327-399, 1998.

ROUTLEDGE, P.; CUMBERS, A.; DERICKSON, K. A. States of just transition: Realising climate justice through and against the state. **Geoforum**, [*S. l.*], v. 88, p. 78–86, 2018.

SÃO PAULO (Estado). **Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê**: Calha do Rio Tietê entre as Barragens da Penha e Edgar de Souza — diagnóstico hidráulico-hidrológico. São Paulo: DAEE, 1999.

SÃO PAULO (Município). **Diagnóstico de drenagem do Município de São Paulo**: versão preliminar e anexos. São Paulo: [*s. n.*], 1982. Mimeo.

SÃO PAULO (Município). **Plano Urbanístico Básico**. São Paulo: PMSP, 1969.

SÃO PAULO (Município). Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras. Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. **Plano diretor de drenagem (PDD)**: plano de ações. São Paulo: Prefeitura Municipal de São Paulo; Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica, 2022.

SÃO PAULO (Município). Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras. Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. **Caderno de Bacia Hidrográfica Córrego Água Espraiada**. São Paulo: Prefeitura da Cidade de São Paulo, 2016a. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/obras/obras_de_drenagem/index.php?p=230496. Acesso em: 20 mar. 2021.

SÃO PAULO (Município). Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras. Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. **Caderno de Bacia**

Hidrográfica Córrego Cabuçu de Baixo. São Paulo: Prefeitura da Cidade de São Paulo, 2016b. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/obras/obras_de_drenagem/index.php?p=230496. Acesso em: 20 mar. 2021.

SÃO PAULO (Município). Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras. Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. **Caderno de Bacia Hidrográfica Córrego Jacu. São Paulo**. São Paulo: Prefeitura da Cidade de São Paulo, 2016c.Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/obras/obras_de_drenagem/index.php?p=230496. Acesso em: 20 mar. 2021.

SÃO PAULO (Município). Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras. Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. **Caderno de Bacia Hidrográfica Córrego Jaguaré**. São Paulo: Prefeitura da Cidade de São Paulo, 2016d. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/obras/obras_de_drenagem/index.php?p=230496. Acesso em: 20 mar. 2021.

SÃO PAULO (Município). Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras. Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. **Caderno de Bacia Hidrográfica Córrego Mandaqui**. São Paulo: Prefeitura da Cidade de São Paulo, 2016e. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/obras/obras_de_drenagem/index.php?p=230496. Acesso em: 20 mar. 2021.

SÃO PAULO (Município). Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras. Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. **Caderno de Bacia Hidrográfica Córrego Morro do S. São Paulo**. São Paulo: Prefeitura da Cidade de São Paulo, 2016f. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/obras/obras_de_drenagem/index.php?p=230496. Acesso em: 20 mar. 2021.

SÃO PAULO (Município). Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras. Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. **Caderno de Bacia Hidrográfica Córregos Água Preta e Sumaré**. São Paulo: Prefeitura da Cidade de São Paulo, 2019a. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/obras/obras_de_drenagem/index.php?p=230496. Acesso em: 20 mar. 2021.

SÃO PAULO (Município). Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras. Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. **Caderno de Bacia Hidrográfica Córrego Anhangabaú**. São Paulo: Prefeitura da Cidade de São Paulo, 2019b. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/obras/obras_de_drenagem/index.php?p=230496. Acesso em: 20 mar. 2021.

SÃO PAULO (Município). Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras. Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. **Caderno de Bacia Hidrográfica Córrego Aricanduva**. São Paulo: Prefeitura da Cidade de São Paulo, 2019c. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/obras/obras_de_drenagem/index.php?p=230496. Acesso em: 20 mar. 2021.

SÃO PAULO (Município). Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras. Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. **Caderno de Bacia Hidrográfica Córrego Pirajussara**. São Paulo: Prefeitura da Cidade de São Paulo, 2019d. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/obras/obras_de_drenagem/index.php?p=230496. Acesso em: 20 mar. 2021.

SÃO PAULO (Município). Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras. Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. **Caderno de Bacia Hidrográfica Córrego Uberaba**. São Paulo: Prefeitura da Cidade de São Paulo, 2019e. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/obras/obras_de_drenagem/index.php?p=230496. Acesso em: 20 mar. 2021.

SÃO PAULO (Município). Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras. Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. **Caderno de Bacia Hidrográfica Córrego Verde Pinheiros**. São Paulo: Prefeitura da Cidade de São Paulo, 2019f. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/obras/obras_de_drenagem/index.php?p=230496. Acesso em: 20 mar. 2021.

SCHLOSBERG, D. **Defining environmental justice**: theories, movements, and nature. Oxford, UK: OUP Oxford, 2007.

TELLES, P. C. da S. **História da engenharia no Brasil (séculos XVI a XIX)**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1984.

TRAVASSOS, L. R. F. C. **A dimensão socioambiental da ocupação dos fundos de vale urbanos no Município de São Paulo**. 2004. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) — Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

TRAVASSOS, L. R. F. C. **Revelando os rios**: novos paradigmas para a intervenção em fundos de vale na cidade de São Paulo. 2010. Tese (Doutorado em Ciência Ambiental) — Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

TRAVASSOS, L.; MOMM, S. Urban River Interventions in São Paulo Municipality (Brazil): The Challenge of Ensuring Justice in Sociotechnical Transitions. **Front. Sustain. Cities**, [*S. l.*], v. 3, n. 684109, jan. 2022.

TRAVASSOS, L.; MOMM-SCHULT, S. I. Recuperação socioambiental de fundos de vale urbanos na cidade de São Paulo, entre transformações e permanências. **Cadernos Metrópole**, [*S. l.*], v. 15, n. 29, p. 289-312, 2013.

TRAVASSOS, L; PENTEADO, C. L. de C.; FORTUNATO, I. Urbanização desigual: rios, mídia e modernização ecológica. **Espacio abierto**: cuaderno venezolano de sociología, [*S. l.*], v. 26, n. 2, p. 61-82, 2017.

VILLAÇA, F. Uma contribuição para a história do planejamento urbano no Brasil. *In*: DEÁK, C.; SCHIFFER, S. (org.). **O processo de urbanização no Brasil**. São Paulo: Edusp; Fapesp, 2001.

WANG, X.; LO, K. Just transition: a conceptual review. **Energy Research & Social Science**, [*S. l.*], v. 82, p. 102291, 2021.

INFRAESTRUTURA VERDE E POLÍTICAS PÚBLICAS: O CASO DO PROJETO "PROTIJUCO" — SÃO CARLOS, SP

Renata Bovo Peres e Eduardo Araújo Silva

INTRODUÇÃO

Em diversos contextos urbanos, estratégias teóricas e metodológicas vêm sendo cada vez mais desenvolvidas, visando elaborar um planejamento que incorpore as mudanças climáticas e insira a resiliência nos sistemas de gestão local (Beermann, 2014; Climate [...], 2019; Cambio [...], 2019).

Em termos de políticas públicas, as regiões metropolitanas, via de regra, são objeto de maior preocupação na mitigação dos riscos múltiplos. Contudo, as escalas e as articulações, necessárias para a adaptação e mitigação frente às mudanças climáticas, são também importantes em cidades médias e pequenas que, muitas vezes, reproduzem modelos e lógicas de produção do espaço semelhantes aos das metrópoles. O contexto das cidades médias pode indicar uma condição oportuna para o desenvolvimento de políticas que integrem planejamento e mudanças climáticas, por apresentarem problemas em menores dimensões e potenciais de governança urbana (Pinheiro; Guedes; Barbieri, 2016).

Considerando as questões climáticas, as inundações representam um dos principais fenômenos que afligem a realidade dessas cidades. São situações historicamente causadas pela pouca incorporação dos aspectos físico-territoriais (vegetação, rede hídrica, solo, relevo) nos processos de uso e ocupação do solo, e que, atualmente, são agravadas pelos eventos extremos, acarretando em riscos sociais, econômicos e ambientais, especialmente em áreas urbanas centrais (Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2015).

Somado a isso, o modelo tradicional das características das drenagens urbanas, denominado Infraestrutura Cinza, potencializou situações de risco. Caracterizado por medidas estruturais, com soluções de canalizações, alargamento ou tamponamentos de córregos, esse modelo, ainda predominante, não tem sido mais suficiente para lidar com as águas urbanas, por acelerar o escoamento das

águas pluviais, transferir os impactos para jusante e não considerar a capacidade natural de infiltração em suas bacias hidrográficas (Tucci, 2008; Moreno; Momm, 2019).

Em termos de dinâmicas das águas, a Infraestrutura Verde surge como uma mudança de paradigma e pode trabalhar, de forma integrada, às Infraestruturas Cinzas. Estudos e práticas sobre o tema da Infraestrutura Verde vêm representando uma frente de pesquisa multidisciplinar crescente, desenvolvida em diversos contextos, escalas e países, especialmente sob o enfoque da sustentabilidade, da saúde humana e das mudanças climáticas (Mell, 2008; Santos; Enokibara, 2021).

O Projeto denominado "ProTijuco" foi uma iniciativa desenvolvida na cidade de São Carlos, SP, que visou apresentar uma rede de Infraestrutura Verde em uma bacia densamente urbanizada — a Bacia Hidrográfica do Córrego Tijuco Preto, envolvendo ações conjuntas entre diferentes atores sociais: Poder Público, Universidade, Organizações Não Governamentais e usuários da Bacia (São Carlos, 2003).

O objetivo deste capítulo é, portanto, apresentar e discutir o caso do Projeto ProTijuco, como uma experiência de Infraestrutura Verde e Política Pública, que pode servir de referência para outros contextos semelhantes.

INFRAESTRUTURA VERDE E POLÍTICAS PÚBLICAS

A Infraestrutura Verde é um campo multidisciplinar de pesquisas e práticas, compreendido neste trabalho dentro do Planejamento da Paisagem, e refere-se à uma "rede de espaços interconectados, composta de áreas naturais e outros espaços abertos que conservam os valores dos ecossistemas naturais e suas funções como: regulação climática, controle ambiental, manejo, retenção e purificação de águas pluviais, bem como funções culturais, de recreação e lazer" (Cormier; Pellegrino, 2008). Ela pode ser trabalhada em diferentes escalas, integrando ambientes urbanos, periurbanos e rurais, abrangendo áreas terrestres ou costeiras.

Em diversos contextos, as Infraestruturas Verdes podem prover uma gama de benefícios para a sociedade, considerados Serviços Ecossistêmicos (Escobedo *et al.*, 2019). Podem fornecer ambientes termicamente confortáveis e ajudar a mitigar o efeito das ilhas de calor, aumentando a resiliência das cidades às mudanças

climáticas. E estão ligadas à redução da poluição do ar (Yu *et al.*, 2017; Momm *et al.*, 2020). Em sua correlação com as águas urbanas, as Infraestruturas Verdes podem contribuir na redução do escoamento superficial de águas pluviais e favorecer a gestão do risco de inundações (Battemarco *et al.*, 2022). Também podem causar reflexos significativos na saúde e no bem-estar das pessoas (Saldiva, 2018). No contexto da pandemia covid-19, estudos realizados apontam que pessoas reduziram o estresse causado pelo isolamento social e aumentaram a sensação de conforto, por meio do contato físico e visual com paisagens vegetadas, utilizando-as para fins recreativos, esportivos e de contemplação (Ximenes; Maglio; Franco, 2020; Jato-Espino *et al.*, 2022).

A Infraestrutura Verde está, também, diretamente relacionada à formação de um Sistema de Espaços Livres (SEL), que abrange espaços não ocupados por edificações, como ruas, calçadas, praças, parques e demais espaços verdes, bem como espaços privados, livres de construções (Macedo *et al.*, 2007).

Além do conceito de Sistema de Espaços Livres, ela articula-se, também, com outras abordagens contemporâneas, como as Soluções baseadas na Natureza (SbN) e a Floresta Urbana (Escobedo *et al.*, 2019; Cheshmehzangi *et al.*, 2021). Esses conceitos, trabalhados de forma integrada, podem ajudar a restaurar os processos ecológicos naturais nas cidades, de modo a mitigar os efeitos das mudanças climáticas, bem como impactar positivamente experiências humanas de identidade, memória e convívio (Caiche; Peres; Schenk, 2021).

No Brasil, Vargas, Pellegrino e Moura (2017) sistematizaram e desenvolveram métodos e estratégias de Infraestrutura Verde para projetos visando enriquecer a vida nas cidades. Herzog e Rozado (2019) estudaram exemplos de cidades brasileiras que implementaram projetos de Infraestruturas Verdes, subsidiando uma proposta de um roteiro brasileiro de Soluções baseadas na Natureza para cidades resilientes (Herzog; Rozado, 2019).

Embora haja avanços crescentes no campo da Infraestrutura Verde, ainda há o predomínio de soluções relacionadas à Infraestrutura Cinza, devido, sobretudo, a posturas mais conservadoras da engenharia, às atuais legislações e instrumentos normativos, aos instrumentos econômicos de mercado e às instituições ligadas aos serviços de infraestrutura urbana (Lennon, 2015; Mell, 2017).

Nesse sentido, a compreensão das necessidades específicas de cada contexto, nos estudos e pesquisas e no desenvolvimento de projetos de longo prazo, é um elemento fundamental. Além do mais, a implementação de políticas públicas e instrumentos de gestão, que orientem e apoiem decisões sobre projetos que envolvem Infraestrutura Verde, apresentam-se como questões chaves.

A CIDADE DE SÃO CARLOS, SP

São Carlos configura-se como uma cidade brasileira de relevância regional, localizada na porção centro-oeste do Estado de São Paulo. Possui uma extensão territorial de 1.136,9 km², população estimada de 250 mil habitantes e densidade demográfica de 195,15 habitantes por km² (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2022).

Algumas de suas condições biofísicas significativas (como presença de fragmentos de Cerrado e Mata Atlântica e elevada capacidade hídrica de qualidade), vêm sendo afetadas e impactadas, sobretudo, pelo modelo de ocupação e de expansão difusa, causando supressão de vegetação, interferência e comprometimento de rios, córregos e áreas de recarga de aquíferos, construções de loteamentos periféricos em solos frágeis, alterando significativamente características espaciais e socioculturais relevantes na paisagem (Peres; Silva; Schenk, 2019).

Além disso, com um cenário recorrente de inundações na cidade, propostas de políticas públicas e instrumentos normativos, sob outros moldes, vêm sendo propostos (Peres; Schenk, 2021). A intenção na criação dessas políticas é, sobretudo, identificar e salvaguardar partes estratégicas do território e as transformar em mecanismos permanentes de gestão, reconhecendo um Sistema de Espaços Livres como suporte para Infraestruturas Verdes (Caiche; Peres; Schenk, 2021).

O PROJETO PROTIJUCO

O Projeto ProTijuco - Projeto de Recuperação Ambiental das Várzeas Visando o Plano Diretor a Montante da Bacia do Tijuco Preto - nasceu de uma parceria entre o poder público municipal e a Universidade de São Paulo, a partir de uma iniciativa da Secretaria de Obras, Transporte e Serviços Públicos da Prefeitura Municipal de São Carlos e pesquisadores do NIBH - Núcleo Integrado de Bacias

Hidrográficas da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC - USP). Realizado entre os anos de 2003 e 2005, é considerado uma iniciativa pioneira de desenvolvimento de soluções de Infraestrutura Verde em articulação com as Políticas Públicas da época, representando referência para projetos e iniciativas que foram implementados posteriormente na cidade (São Carlos, 2003).

Figura 1 – Localização da Bacia Hidrográfica do Tijuco Preto, São Carlos, SP com destaque para o trecho de intervenção Alto Tijuco Preto.



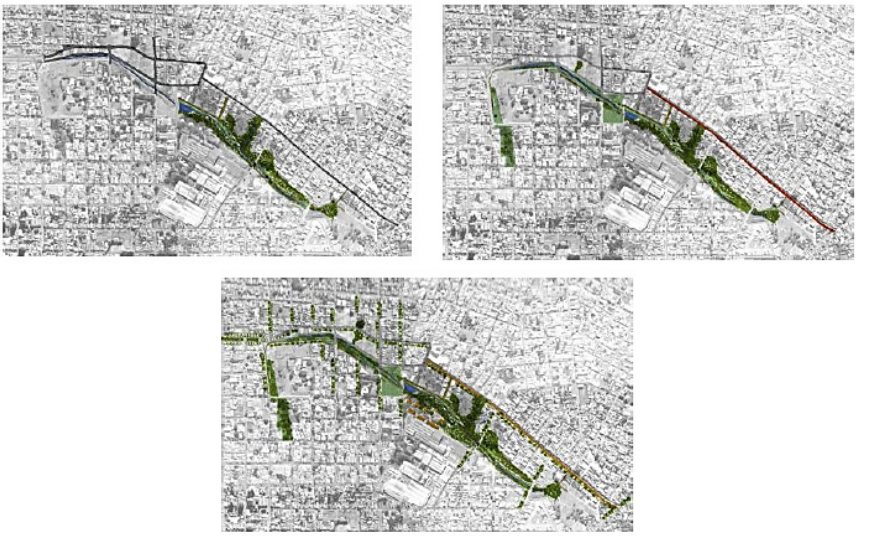
Fonte: Projeto ProTijuco (São Carlos, 2003).

Tendo como horizonte o desenvolvimento de um Plano de Renaturalização na escala de bacia hidrográfica urbana, o ProTijuco procurou integrar três sistemas de intervenção: rio, várzeas e bacia de drenagem. Três princípios-guia nortearam a integração desses sistemas: a resiliência, a continuidade e a biodiversidade. A escolha da Bacia Hidrográfica do Córrego Tijuco Preto caracterizou-se pelo estado de degradação que sua área de fundo de vale se encontrava e, também, pela existência de um Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) com o Ministério Público. Com base nas condições apresentadas, o poder público indicou para que fosse realizado o destamponamento de um trecho do córrego, bem como a recuperação ambiental das várzeas e das Áreas de Preservação Permanente (APPs).

O ProTijuco utilizou como metodologia a composição de cenários ambientais. Como extensão temporal, os cenários abrangeram o período histórico entre 1960-2000 e as previsões para os anos de 2005, 2010 e 2015. Como extensão espacial, o sistema compreendeu uma área de drenagem de 2,3 km^2 e extensão de

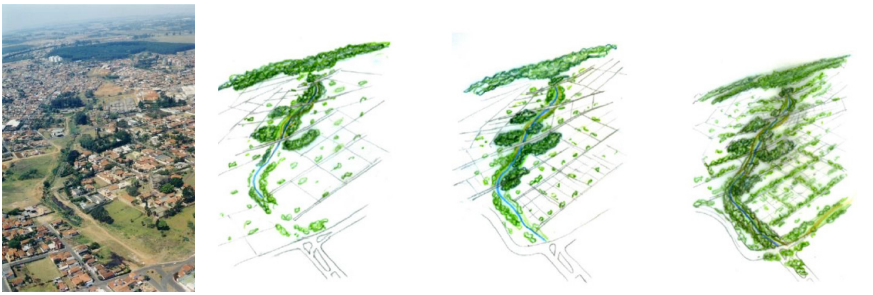
2.125 metros, em um trecho denominado Alto Tijuco Preto (iniciando-se na nascente principal e finalizando em uma travessia localizada na Rua Rui Barbosa). Atenção especial foi dada às áreas próximas aos fundos de vale, com o desenvolvimento de projeto de Parque Linear.

Figura 2 – Cenários 2005, 2010 e 2015, envolvendo o aumento da Infraestrutura Verde.



Fonte: Projeto ProTijuco (São Carlos, 2003).

Figura 3 – Cenários 2005, 2010 e 2015, envolvendo o aumento da Infraestrutura Verde.



Fonte: Projeto ProTijuco (São Carlos, 2003).

A fim de se inaugurar o início do Parque Linear e devolver ao córrego uma ambiência mais natural, anterior à sua ocupação,

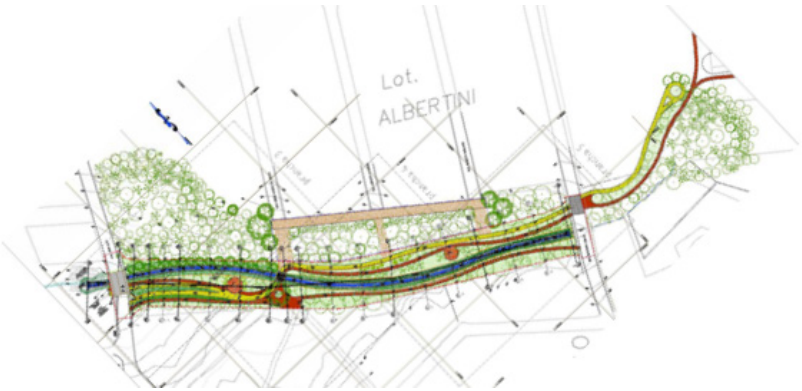
no trecho que compreendeu a sua nascente principal, entre as ruas Monteiro Lobato e Totó Leite, foi desenvolvido Projeto Executivo de destamponamento e canalização. Este trecho se encontrava tamponado, completamente desmatado e preparado para se implementar uma via marginal que impulsionasse o aumento da edificação do seu entorno. O Projeto Executivo de destamponamento e canalização foi desenvolvido através de uma parceria entre o escritório Silva Leme Engenharia, a ONG Teia — casa de criação e o Laboratório de Madeiras — LaMem-USP — este responsável pelo projeto de uma passarela de madeira protendida, para pedestres. A execução da obra foi empreendida pela empresa Vertical Green do Brasil, especialista em técnicas de renaturalização.

Figura 4 – Foto aérea do trecho tamponado da primeira intervenção.



Fonte: Projeto ProTijuco (São Carlos, 2003).

Figura 5 – Projeto Executivo - Implantação da primeira intervenção.

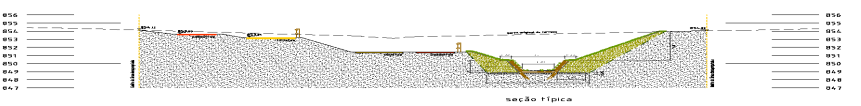


Fonte: Silva Leme Engenharia/TEIA-casa de criação/Projeto ProTijuco (São Carlos, 2003).

Devido ao pioneirismo desta intervenção na cidade, algumas resistências ocorreram, em apresentações públicas promovidas pela equipe. Muitos pensavam que: "a implantação de obras tradicionais para solução dos problemas de drenagem urbana e circulação viária seria uma solução paliativa, intensificando as consequências negativas do processo de urbanização" (Cardoso; Moretti, 2004). Por isso foi muito importante discutir sobre a importância das soluções com uma visão de menor agressão na paisagem.

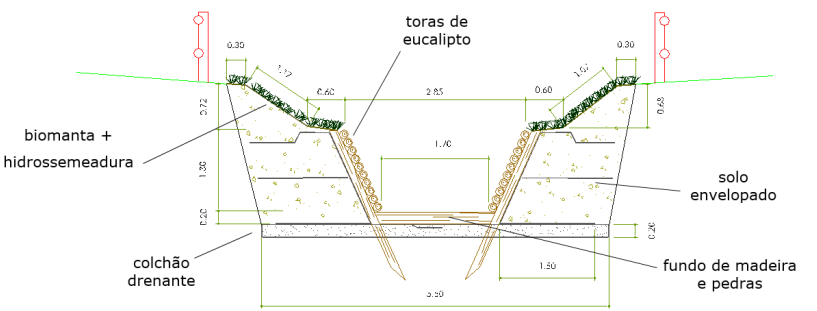
Além do destamponamento, a intervenção previu a inserção de uma ponte de concreto armado, a fim de se permitir a ampliação do Parque Linear ao longo dos anos, sem interferência do sistema viário. Dentre algumas técnicas pesquisadas, foi escolhida a renaturalização de seu leito com um canal de madeira e pedras, contido lateralmente por solo envelopado e apoiado em colchão drenante.

Figura 6 – Seção típica da intervenção.



Fonte: Silva Leme Engenharia/TEIA-casa de criação/Projeto ProTijuco (São Carlos, 2003).

Figura 7 – Seção típica do canal.



Fonte: Silva Leme Engenharia/TEIA-casa de criação/Projeto ProTijuco (São Carlos, 2003).

O agenciamento de técnicas e materiais permitiu uma boa estruturação do solo com estruturas de baixo peso próprio, uma vez que havia sido constatada uma baixa capacidade de suporte, decorrente

do processo de aterro sobre material orgânico por que passou o fundo de vale — o que impedia o emprego de técnicas que apresentassem elevado peso próprio, como o gabião. Além disto, a nova calha foi pensada não apenas para se garantir um bom desempenho estrutural, mas sim, como parte do substrato que daria suporte ao desenvolvimento da vegetação de pequeno, médio e grande porte, bem como à recomposição do ambiente aquático, sustentando em seu leito a vida dos menores seres vivos, precursores de toda a cadeia alimentar.

Figuras 8 a 17 – Aspectos das intervenções da Renaturalização e Infraestrutura Verde Escavação e montagem da base do canal (Figuras 8 e 9); Montagem da base e das paredes do canal (Figuras 10 e 11); Calha e caixa de dissipação (Figuras 12 e 13); Lançamento de biomanta e aspecto da revegetação inicial (Figuras 14 a 17).





Fonte: Silva Leme Engenharia (2006-2007).

Os taludes foram revegetados com o uso de hidrossemeadura (jateamento de uma solução líquida constituída por sementes, fertilizantes químicos, orgânicos e corantes naturais) sobre manta antierosiva de fibra natural, biodegradável, do tipo trama e urdidura, permitindo que a intervenção não sofresse processos erosivos ao longo das obras e nos primeiros meses de estabilização.

Do ponto de vista hídrico e sanitário, as propostas desenvolvidas atingiram a interrupção de lançamentos de esgoto; a melhoria da qualidade da água; o início da recuperação do bioma; a valorização das nascentes; a recarga do lençol freático; e o retardo de picos de cheia a jusante. Do ponto de vista do solo, foi alcançada a estabilização dos taludes; o fim do processo de empobrecimento; a retenção de sedimentos; a diminuição do processo de assoreamento; e o controle da erosão superficial. Do ponto de vista da vegetação, foi alcançada a recuperação da vegetação ciliar e a demarcação do início do Parque Linear. Do ponto de vista social, foi incentivada a promoção de um ambiente saudável para a população local; maior contato com a flora e a fauna nativas; a atenuação do lançamento de lixo e entulho e a valorização dos espaços livres de lazer na cidade.

A partir da inauguração do trecho do Parque Linear, os maiores desafios passaram a ser a continuidade da implementação desta iniciativa pioneira; a requalificação do trecho de parque com mobiliários, iluminação, equipamentos de lazer; o resgate e o fortalecimento do envolvimento da população local; a manutenção periódica no canal.

Figuras 18 a 22 – Aspectos do Parque Linear renaturalizado em 2020.



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

CONCLUSÃO

O processo de produção das cidades brasileiras tem componentes históricos que impedem o atendimento de direitos coletivos fundamentais e que condicionaram os territórios urbanos a ausências sociais profundas, como: falta de políticas habitacionais de menor renda, assentamentos precários, baixos índices de saneamento, comprometimento de rios, problemas fundiários (Fernandes, 2021). Muitas vezes, esses processos são movidos, prioritariamente, por interesses de mercado, em detrimento do cumprimento do direito à cidade e vêm ganhando novos contornos relacionados à mercantilização e à financeirização do capital (Klink; Souza, 2017).

Por um conjunto de lógicas e entraves, a incorporação de novos princípios como a Infraestrutura Verde, nos processos de planejamento e em instrumentos normativos, ainda passa por dificuldades (Caiche; Peres; Schenk, 2021). Isso é condicionado e se reflete na produção real da cidade que, muitas vezes, atua na desarticulação entre desenho, planejamento urbano e construção de políticas efetivas.

Tais lacunas representam grandes desafios ao planejamento de Infraestruturas Verdes no país, somadas ao real envolvimento dos diferentes atores, como partes do processo de governança urbana para garantir que valores e necessidades das comunidades sejam atendidos.

Para buscar superar tais desafios, muitos esforços ainda necessitam ser implementados, visando a ampliação dos conhecimentos sobre o tema, bem como a sua assimilação científica, técnica, cultural e política por diversos agentes.

O exemplo destacado neste artigo, do Projeto ProTijuco, procurou demonstrar o esforço pelo desenvolvimento de uma proposta de Infraestrutura Verde em articulação com Políticas Públicas, que procurou tensionar o padrão vigente do paradigma tecnológico da drenagem convencional e os diversos interesses, que criam obstáculos diante de inovações ou mudanças culturais.

Representou, também, uma frente de pesquisa multidisciplinar e aplicada, que buscou articular ações conjuntas entre gestão pública, universidade e sociedade civil. Um dos aspectos mais importantes nesse caso, foi acreditar nos propósitos da inovação e das mudanças para um caminho de transição, voltados para uma cidade mais sustentável, resiliente e cidadã.

REFERÊNCIAS

BATTEMARCO, B. P. *et al*. Water dynamics and blue-green infrastructure (BGI): Towards risk management and strategic spatial planning guidelines. **Journal of Cleaner Production**, [*S. l.*], v. 333, 2022.

BEERMANN, J. Urban partnerships in low-carbon development: opportunities and challenges of an emerging trend in global climate politics. **Urbe, Rev. Bras. Gest. Urbana**, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 170-183, 2014.

CAICHE, D. T.; PERES, R. B.; SCHENK, L. B. M. Floresta urbana, soluções baseadas na natureza e paisagem: planejamento e projeto na cidade de São Carlos (SP). **Revista LabVerde**: dossiê LabVerde soluções baseadas na natureza para a resiliência urbana na América Latina, [*S. l.*], v. 11, n. 1, p. 121-149, 2021.

CAMBIO Climático em Planificación Urbana Integrada. Bonn, DE: GIZ, 2019.

CARDOSO, F. J.; MORETTI, R. S. Plano de Gestão para Áreas Urbanas de Fundo de Vale. *In*: SEMINÁRIO A QUESTÃO AMBIENTAL URBANA: EXPERIÊNCIAS E PERSPECTIVAS, Brasília, DF, 2004. **Anais** [...]. Brasília, DF: UnB, 2004.

CHESHMEHZANGI, A. *et al*. Green infrastructures for urban sustainability: Issues, implications, and solutions for underdeveloped areas. **Urban Forestry & Urban Greening**, [*S. l.*], v. 59, 2021.

CLIMATE-ADAPT: Strategy 2019-2021. Bruxelas, BE: The European Climate Adaptation Platform Climate, 2019.

CORMIER, N. S.; PELLEGRINO, P. R. M. Infraestrutura verde: uma estratégia paisagística para a água urbana. **Paisagem e Ambiente**, [*S. l.*], n. 25, p. 127-142, 2008.

ESCOBEDO, F. J. *et al*. Urban forests, ecosystem services, green infrastructure and nature-based solutions: Nexus or evolving metaphors? **Urban Forestry & Urban Greening**, [*S. l.*], v. 37, p. 3-12, 2019.

FERNANDES, E. **20 anos do estatuto da cidade**: experiências e reflexões. Belo Horizonte: Gaia Cultural, 2021. E-book.

HERZOG, C.; ROZADO, C. A. **Diálogo Setorial UE-Brasil sobre Soluções baseadas na Natureza**. Bruxelas, BE: Comissão Europeia, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. População. **IBGE**, Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/panorama. Acesso em: 10 jun. 2022.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Mapeamento de áreas de alto e muito alto risco a deslizamentos e inundações do município de São Carlos, SP**: relatório técnico 144.443-205. São Carlos: IPT, 2015.

JATO-ESPINO, D. *et al*. Spatial statistical analysis of the relationship between self-reported mental health during the COVID-19 lockdown and closeness to green infrastructure. **Urban Forestry & Urban Greening**, [*S. l.*], v. 68, 2022.

KLINK, J.; SOUZA, M. B. de. Financeirização: conceitos, experiências e a relevância para o campo do planejamento urbano brasileiro. **Cadernos Metrópole**, [*S. l.*], v. 19, n. 39, p. 379–406, 2017.

LENNON, M. Green infrastructure and planning policy: a critical assessment. **Local Environment**, [*S. l.*], v. 20, n. 8, p. 957-980, 2015.

MACEDO, S. S. *et al*. Os sistemas de espaços livres e a constituição da esfera pública contemporânea no Brasil. *In*: TERRA, C.; ANDRADE, R. **Paisagens culturais**. Rio de Janeiro: EBA-UFRJ, 2007. v. 3. 286-297.

MELL, I. C. Green Infrastructure: concepts and planning. Forum, [*S. l.*], p. 69-80, 2008.

MELL, I. C. Green infrastructure: Reflections on past, present and future praxis. **Landsc. Res.**, [*S. l.*], v. 42, p. 135–145, 2017.

MOMM, S. *et al*. Planning and urbanization in climate change scenarios. **Ambiente & Sociedade**, [*S. l.*], v. 23, 2020.

MORENO, R. da S.; MOMM, S. I. M. O conceito de infraestrutura e a gestão de águas pluviais: a aplicação do conceito de vazão de base em projetos da Região Metropolitana de São Paulo (Brasil). *In*: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL, 18., Natal, 2019. **Anais** [...]. Natal: Enanpur, 2019.

PERES, R. B.; SCHENK, L. B. M. Landscape planning and climate changes: a multidisciplinary approach in São Carlos (SP). **Ambiente & Sociedade**, [*S. l.*], v. 24, 2021.

PERES, R. B.; SILVA, S. R. M.; SCHENK, L. B. M. Paisagem urbana, espaços públicos e a gestão territorial em cidades médias paulistas: reflexões a partir de São Carlos, SP, Brasil. **Terr@Plural**, [*S. l.*], v. 13, n. 3, p. 141–164, 2019.

PINHEIRO, T. C.; GUEDES, G. R.; BARBIERI, A. F. Cidades Médias e vulnerabilidade às mudanças climáticas no Brasil: elementos para integração do debate a partir de estudos de caso. **Climacom Cultura Científica**, Campinas, v. 2, p.1-15, 2016.

SALDIVA, P. **Vida urbana e saúde**. São Paulo: Contexto, 2018.

SANTOS, M. F. N.; ENOKIBARA, M. Infraestrutura verde: conceitos, tipologias e terminologia no Brasil. **Paisagem Ambiente Ensaios**, [*S. l.*], v. 32, n. 47, p.1–15, 2021.

SÃO CARLOS. Fundação para o Incremento da Pesquisa e Aperfeiçoamento Industrial. **Protijuco**: projeto de recuperação ambiental das Várzeas do Alto Tijuco Preto visando o Plano Diretor na sua Bacia Hidrográfica (contr. adm. n. 019/2003) relatórios técnicos. São Carlos: Prefeitura Municipal de São Carlos; FIPAI; PMSC, 2023.

TUCCI, C. E. M. **Águas urbanas. Estudos Avançados**, [*S. l.*], v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008.

VARGAS, H. C. (coord.); PELLEGRINO, P.; MOURA, N. B. (org.). **Estratégias para uma infraestrutura verde**. 1. ed. São Paulo: Editora Manoele, 2017. 336 p.

XIMENES, D. S. S.; MAGLIO, I. C.; FRANCO, M. A. R. A infraestrutura verde nos espaços públicos como elemento de resiliência socioambiental pós-pandemia. **Labor & Eng**, Campinas, v. 14, p.1-16, 2020.

YU, Z. *et al*. How can urban green spaces be planned for climate adaptation in subtropical cities? **Ecological Indicators**, [*S. l.*], v. 82, p. 152-162, 2017.

GESTÃO DE RISCOS E AS CIDADES: REFLEXÕES A PARTIR DOS RISCOS DA COVID-19

Renata Maria Pinto Moreira

INTRODUÇÃO: A COVID-19 COMO MAIS UMA AMEAÇA ÀS CIDADES

Em meio ao contexto de uma pandemia global, o campo do urbanismo discutiu se estaríamos diante de um novo paradigma higienista (Vasques; Santos, 2021), em que a ameaça de novos patógenos ditaria formas e comportamentos com locais mais e menos propícios à sua disseminação. Haveria dois caminhos para pensar a relação entre a covid-19 e a infraestrutura urbana:

1. A partir de hipóteses e fatores relacionados à forma urbana, tais como densidades, fluxos de espalhamento, desenhos e estrutura da rede de transporte e conexões de longa distância como disseminadores. Ou seja, entendimentos mais objetivos e mensuráveis, relacionados às configurações espaciais e à ameaça em questão: densidade, idade da população, número de andares e indicadores de verticalização, quantidade de elevadores, densidade de vias, pólos de atração, insolação, precariedade edilícia, entre inúmeras relações espaciais passíveis de mensuração.
2. Análises que partem da compreensão de presença e ausência de infraestrutura e acesso a serviços, o que pressupõe um raciocínio binário sobre a configuração dos territórios: formal e pleno, ou informal e incompleto.

O ideal, enquanto construção de uma ciência do espaço, seria que se caminhasse de 1 a 2, partindo da investigação dos aspectos próprios da ameaça da covid-19 — comportamento do vírus e impactos característicos, velocidade ou fator de reprodução do vírus — relacionados à forma urbana para, depois, se chegar a análises e conclusões sobre como esses impactos se relacionam ou não com as diferenças socioespaciais e carências infraestruturais.

Este capítulo apresenta resultados de uma experiência de pesquisa e extensão[62] que buscou analisar o comportamento da covid-19

[62] Mapeamentos, construção de informações e entrevistas da pesquisa e ação de extensão "COVID-19 Periferias e Áreas Precárias" PROEC-UFABC.

relacionado a aspectos que expressam condições de vulnerabilidade urbana - tais como carências no acesso a saneamento e serviços de saúde de alta complexidade, diferenças de condições para se manter em isolamento - a fim de checar se os lugares ambientalmente mais vulneráveis seriam os lugares mais impactados pela covid.

Para além das análises socioespaciais, a conclusão mais segura que se pôde tirar da experiência foi a de que a disponibilização geral de dados sobre a covid-19, especificamente em desagregação satisfatória, sempre foi problemática, dificultando o desenvolvimento de investigações espaciais tanto objetivas como relacionadas à dimensão socioespacial. Tal conclusão se confirma em estudo de Ventura e Reis, de 2021.

Neste capítulo, entende-se que tais caminhos de investigações não correspondem ao que seria uma nova forma da abordagem higienista, mas se inscrevem em problematização nova para os estudos urbanos, que envolve relacionar a discussão dos métodos da gestão de riscos à compreensão sobre a produção do espaço e da cidade. Ou seja, as investigações sobre covid, forma urbana e contextos socioespaciais podem apontar para uma agenda de investigação mais ampla, se compreendermos que a pandemia é apenas uma das muitas ameaças que podem ser analisadas quando se considera a noção de riscos e seu gerenciamento como futuro da gestão urbana.

Neste sentido, a disponibilização de informação sobre ameaças e riscos é tema chave para a governança de riscos. Quem define as medidas que serão tomadas, em que âmbitos e em que tempo serão empregadas?

Considerando a frequência de eventos catastróficos recentes, as novas escalas de impacto destas ameaças, o aumento dos extremos climáticos, é muito provável que no futuro próximo o paradigma que vai se impor sobre as práticas de planejamento e gestão urbanas seja o da lógica da gestão de riscos. Ainda que seja para desenvolver visão crítica sobre determinados aspectos dessa lógica, seria fundamental que a compreendêssemos.

A GESTÃO DE RISCOS E A CIDADE

Uma boa ilustração de que podemos estar diante de um novo paradigma pode ser feita a partir do histórico recente de regulamentação da gestão de riscos, no Brasil, e da nova escala de impacto de eventos emblemáticos dos últimos anos (Moreira, 2018).

Até 2012, a gestão de riscos seguia atuação focada na escala local e no tempo de resposta emergencial crítica a problemas crônicos, como deslizamentos e inundações. Com eventos ocorridos principalmente entre 2010 e 2011 — a destruição da cidade, do Patrimônio de S. Luiz do Paraitinga e deslizamentos na Serra Carioca, com mais de 1000 mortes —, houve grande movimento para estruturar institucionalmente o tratamento preventivo das situações de risco. Neste período, foi criado o sistema de informação de riscos e desastres, publicados os atlas dos desastres no Brasil e aprovada a Lei 12.608 — Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC) — que vinculava instrumentos de informação de riscos, necessários à formulação de ações preventivas, ao planejamento urbano. Essa lei, entretanto, surgiu focada na gestão de riscos de caráter mais local e crônico, com viés para ameaças de riscos geológicos, desconsiderava aspectos necessários à prevenção de riscos hidrológicos e não teve regulamentação em decreto.

Nos últimos anos, o país sofreu eventos relacionados a ameaças totalmente distintas daquelas que embasam a PNPDEC e consequências de grande impacto. A gestão de tais consequências extrapola o nível local e mesmo os limites disciplinares de uma ameaça (geologia, hidrologia, riscos tecnológicos, riscos biológicos): o rompimento da barragem em Mariana, em 2016; Brumadinho, em 2020; o derramamento de óleo na costa do Nordeste, em 2019; a fumaça que tomou o céu de São Paulo, em 2020 (consequências de queimadas na Amazônia); e a pandemia, em 2020. No contexto de recrudescimento democrático brasileiro, é notável que quase todos esses eventos tiveram como resposta institucional ações de Garantia da Lei e da Ordem e estão inscritos em legislações recentes de gerenciamento de infraestruturas críticas (Brasil, 2018; Brasil, 2020).

Considerando tal contexto institucional e a chegada da pandemia, o que se pretendeu com a ação e pesquisa - que motivou o convite para o curso e redação deste capítulo - foi questionar sobre em que mãos estará a governança de riscos nos próximos anos. Gerenciar as informações sobre os riscos é fundamental para a sua governança, já que é nos processos de governança de riscos que se estabelece quem escolhe aqueles que serão gerenciados, como serão gerenciados e quais instrumentos de ação serão escolhidos para minimizar efeitos de ameaças.

A fim de contornar os complexos fundamentos sociológicos (Guiddens, 1999; Beck, 2011) dessa indagação, é possível discutir a

governança de riscos a partir de aspectos muito práticos, trazidos na Norma ISO 31000 "Gestão de Riscos — Diretrizes", que orienta decisões em indústrias e grandes empresas e concessionárias de serviços públicos, e que tem como pressuposto ser aplicável a qualquer tipo de organização e contexto.

Na lógica procedimental e pragmática de gestão de riscos, a primeira tarefa exigida é definir o contexto da situação de risco. No caso de riscos que afetam o universo da gestão urbana e ambiental, definir o contexto implica em definir a escala de atuação, que implica em reconhecer a escala de impacto previsto, das causas e das condições existentes para gerenciá-lo. O que deveria ser de âmbito nacional, regional, estadual, municipal ou de bairro?

O segundo passo é conhecer os riscos, conhecendo o que é característico tanto da ameaça como da vulnerabilidade do contexto definido anteriormente. Aqui as informações sobre os riscos são chave para os passos posteriores, pois quem detém a informação detém o poder de escolher o tratamento que será dado aos riscos. Obtidas as informações, é possível analisar os riscos do contexto, quando se identifica impactos, componentes e fatores de seu agravamento. A avaliação de risco é qualitativa e, necessariamente, deve mensurar os impactos e suas probabilidades.

O terceiro passo no gerenciamento de riscos é estabelecer o tratamento que será dado aos riscos do contexto e mensurados na análise. Para definir como um contexto de riscos será tratado, é necessário, antes, um escrutínio de quais riscos interessa controlar no contexto — o que é prioritário? A discussão vista no início da pandemia sobre impactos do isolamento no controle da doença contraposta aos impactos na economia, exemplifica escolhas da fase de tratamento.

Outra escolha a ser feita se relaciona ao tempo da ação: que componente do risco deve ser atacado e qual o melhor momento? É possível agir preventivamente, no longo ou no curto prazo. No longo prazo, com a construção de cidades e práticas resilientes adaptadas às mais diversas ameaças. No curto prazo, com ações de comunicação emergencial, campanhas explicativas para promover percepções de riscos ou ações mitigatórias sobre riscos já instaladas e conhecidas. Se a ação não é do tipo preventiva, é possível escolher agir na resposta contingente a emergências. Por exemplo, no caso da covid-19, aumentando o número de leitos para evitar o colapso hospitalar.

É possível, ainda, atuar posteriormente na reconstrução — a tragédia acontece e, sobre o rescaldo, são propostas novas formas.

Seja para o caso da covid ou outras ameaças, os impactos acontecem sobre um território e um espaço e sobre condições socioespaciais. A superação de novos desafios que estão por vir deverá se articular em arenas de governança de riscos urbanos e ambientais que considerem aspectos do território.

No caso da covid, a falta de transparência na divulgação e disponibilização de informações caracterizaram, na melhor das hipóteses, uma arena ora centralizada ora descoordenada e sempre opaca; na pior, desgovernada e criminosa (Ventura; Reis, 2021). Considerando a falta de ações preventivas em territórios sabidamente vulneráveis, a impressão é de que foram feitas escolhas no gerenciamento de riscos para atuar no rescaldo do impacto da pandemia sobre certas populações. As análises feitas sobre a evolução da covid, no espaço urbano do município de São Paulo, permitem discutir tais impressões.

ANÁLISES SOBRE A COVID NO ESPAÇO URBANO DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

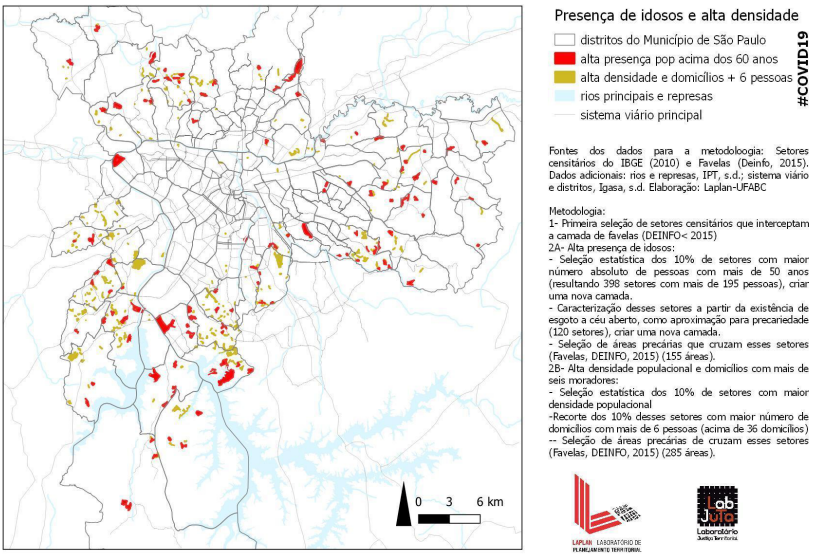
O objetivo específico da experiência de pesquisa aqui relatada era checar se os lugares em condição de vulnerabilidade social seriam os mais impactados pela covid, e compreender que organização havia para proteção destes lugares. Os aspectos especificamente relacionados à infraestrutura urbana considerados nas análises foram: carência de saneamento, presença de assentamentos precários, congestionamento domiciliar, uso do transporte público, condições de acesso a serviços de saúde. Os aspectos não relacionados diretamente à infraestrutura considerados foram: idade, distribuição das comorbidades (relativos a características da ameaça), condições da população para manter o isolamento, tipo de trabalho desempenhado. Estes aspectos foram utilizados de duas formas diferentes: inicialmente, como mapas preditivos, com o intuito de ter uma hipótese sobre quais poderiam ser os locais mais impactados pela pandemia; posteriormente, cotejados com a evolução dos casos e óbitos, na cidade de São Paulo, desagregados por distritos.

Mapas preditivos

No início da experiência, ainda em março de 2020, foram produzidos mapeamentos preditivos com o intuito de antecipar impactos e identificar quais locais poderiam estar mais expostos ao espalhamento do vírus, visando orientar lideranças ou a ação pública em estratégias preventivas.

Para essas estimativas, foram mapeados os setores precários — perímetros de favelas — e para eles mapeados dados de densidade, congestionamento domiciliar, precariedade de infraestrutura — que poderiam indicar localidades mais propensas ao contágio. De 1677 perímetros, se destacaram 285. Depois, foi feito corte de idade — porcentagem de moradores com mais de 60 anos — indicando localidades que poderiam apresentar maior risco de agravos e óbitos, e dos 1677, se destacaram 155. Na intersecção dos 2 conjuntos, se destacaram 33 perímetros, em tese, mais propensos a contágios e agravos. Os dois distritos do município de São Paulo que continham maior quantidade destes 33 perímetros críticos foram Brasilândia e Sapopemba, seguidos de Jardim Ângela e Grajaú.

Figura 1 – Mapa Preditivo.



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010); Deinfo (2015)[63].

[63] Elaboração: Laplan (2020).

Dificuldades no acompanhamento de casos e óbitos

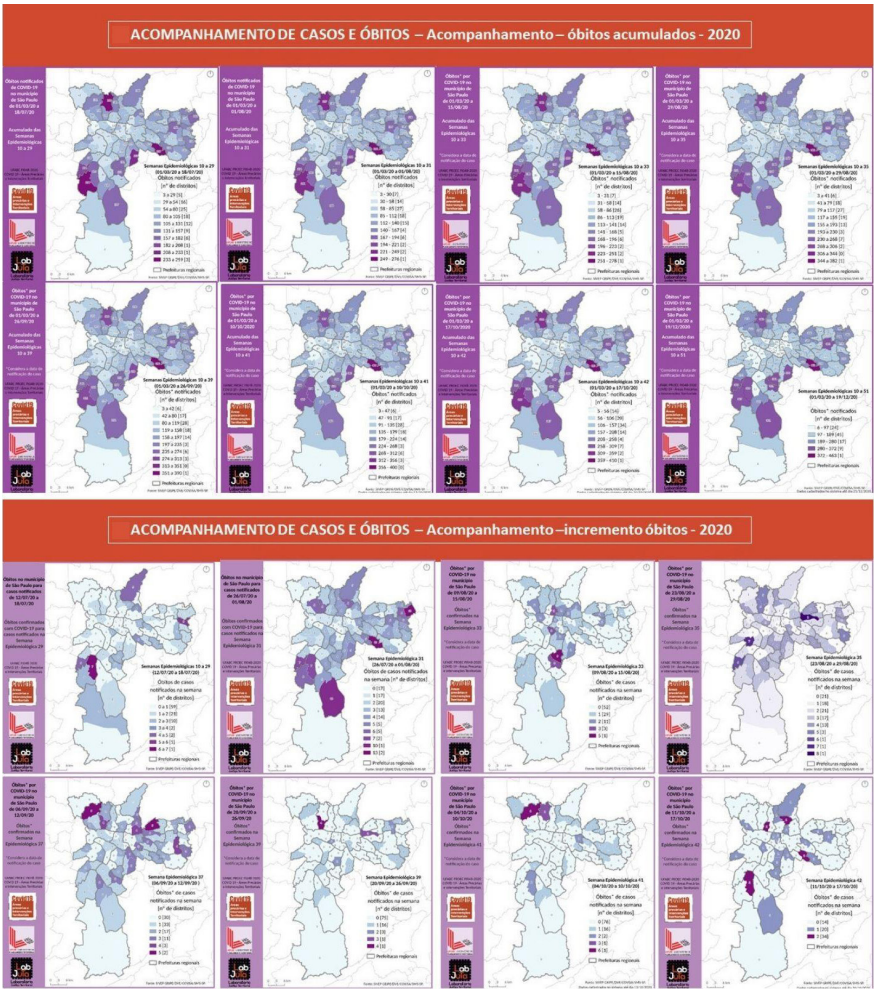
Com a divulgação dos primeiros mapas e boletins, foi possível verificar o padrão pelo qual a pandemia chegou na cidade, com maior impacto nas áreas centrais (Travassos; Moreira; Cortez, 2020), mas se espalhava com impacto de maior duração e intensidade nas periferias. E, também, que os distritos destacados nas análises preditivas eram representativos de maiores impactos.

A sequência de mapas de acumulados, feitos a partir dos dados disponíveis nas plataformas públicas, mostram que o impacto permaneceu com maior duração e intensidade nos distritos periféricos.

Quando analisados os incrementos de óbitos ocorridos por semanas, há mais variações, mas ainda é possível observar distritos com recorrências, e que nas regiões mais periféricas ou com presença significativa de territórios precários concentraria um acúmulo maior de óbitos ao longo do tempo.

Porém, esse acompanhamento e os mapas preditivos não são suficientes para explicar qual fator ou condicionante das condições urbanas explicam as recorrências de impactos, se são fatores relacionados à condição de precariedade ou da maior exposição na cidade. Caso as informações sobre os impactos da covid fossem consistentemente disponibilizadas e com maior desagregação, se poderia desdobrar hipóteses.

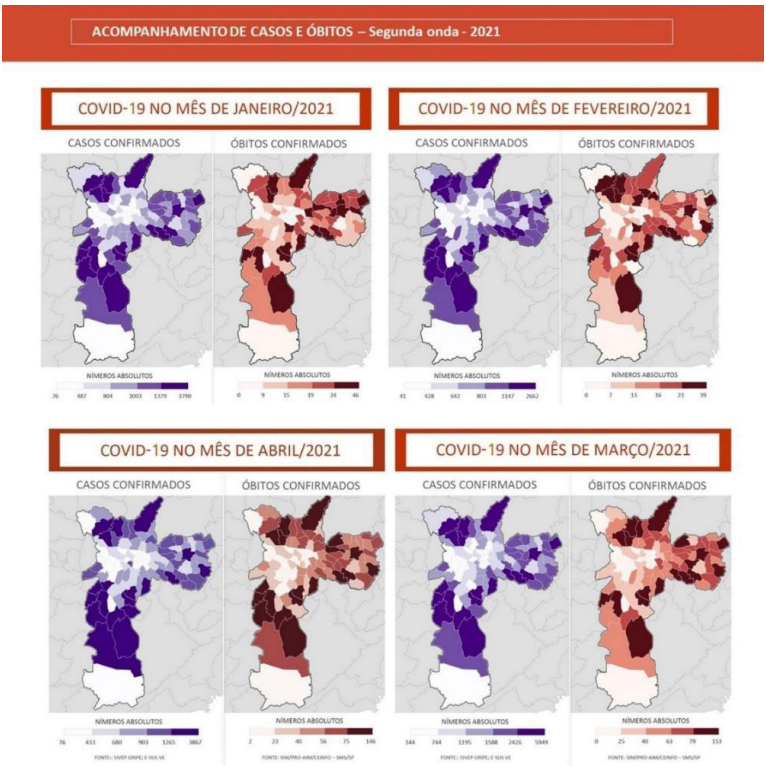
Figura 2 – Acompanhamentos de óbitos acumulados e incrementos de óbitos - MSP, 2020.



Fonte: São Paulo (Município) (2020)[64].

64 Elaboração: Laplan (2021).

Figura 3 – Acompanhamentos de casos e óbitos acumulados MSP — 2021.



Fonte: São Paulo (Município) (2020)[65].

O acompanhamento de dados da pesquisa nunca conseguiu, por exemplo, estabelecer correspondência entre os dados da plataforma estadual, da SEADE, e os dados das plataformas municipais, muito embora as fontes de casos das duas plataformas sejam as mesmas. Quando tomadas as mesmas datas na plataforma estadual e na plataforma municipal para um mesmo município, os totais de casos e óbitos são muito diferentes.

O Estado de São Paulo, desde o começo do acompanhamento, estabeleceu uma boa plataforma, no site da SEADE, ampliando a disponibilidade de informações mês a mês e mantendo a série histórica. Já o município de São Paulo, primeiro disponibilizou dados em Boletins, com mapas em pdf, que seriam mensais, mas não tinham regularidade. A forma de disponibilização dos dados entre boletins apresentava metodologia de contagem diferente, descontinuando a

[65] Elaboração: Laplan (2021).

série histórica. Em meados de junho, o município criou sua plataforma e em setembro mudou a maneira de disponibilizar os óbitos, abrindo acesso a óbitos por covid do PROAIM, que era a fonte utilizada nos Boletins e até então fechada para acesso por distrito.

Algumas datas são importantes para registrar o histórico de disponibilização dos dados. 1) No final de maio de 2020, o SUS Nacional retirou a coluna de CEP da plataforma e mudou o método de notificação. 2) Setembro de 2020, a plataforma municipal ficou suspensa por algumas semanas, quando, por pressão do consórcio de veículos de imprensa, passou a disponibilizar dados de óbitos a partir do PROAIM. 3) Em novembro de 2020, houve represamento dos dados no período eleitoral. Todos esses momentos exigiram mudanças nos procedimentos de mapeamento da pesquisa, e revelaram que as informações não eram disponibilizadas com consistência, dificultando o desenvolvimento de análises sistemáticas.

Alguns artifícios para construir análise

Frente à dificuldade de acesso a dados, alguns artifícios de construção de informações ajudaram a analisar fatores e a relação entre impactos da covid e os contextos urbanos.

Um desses artifícios surgiu da parceria extensionista com o coletivo Brigada pela Vida, formado a partir de Sapopemba. O coletivo elaborou questionário, aplicado em setembro de 2020, na comunidade das escolas públicas na cidade de São Paulo, com 70 campos de perguntas sobre a condição das famílias frente à pandemia. Os resultados foram sistematizados e mapeados pela ação de extensão, dos quais destacamos alguns cruzamentos.

Quando selecionado, no universo dos questionários, as respostas dos que tiveram covid, mais da metade disse fazer uso de transporte coletivo para trabalhar - mais de 58%. Quando selecionados, dentre os que tiveram covid, os que moravam em condição de congestionamento domiciliar, apenas 14,5% estavam nessa condição, sugerindo que a mobilidade teria relação mais forte com a covid do que o congestionamento domiciliar.

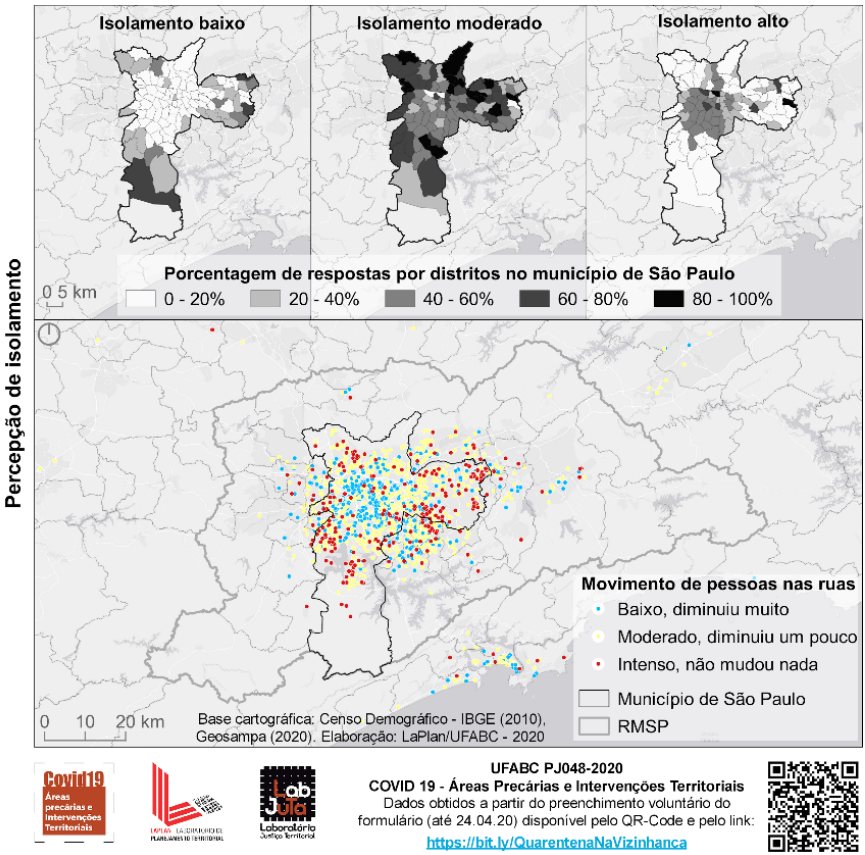
No entanto, quando se destacava o universo de respostas para o distrito de Sapopemba — que sabemos, pelos dados oficiais, ter sido muito afetado pela covid — ele não aparecia como muito representativo de casos de covid se comparado às respostas dos demais

distritos. Também não era dos distritos com maior destaque sobre utilização do transporte público. Porém, comparado aos demais distritos, se destacava nas respostas quanto ao congestionamento domiciliar. De outro lado, nos primeiros mapeamentos de dados oficiais de casos e óbitos por CEP (disponibilizados pelo SUS apenas até maio de 2020) e por algumas entrevistas realizadas na pesquisa, havia informações de que as partes mais impactadas de Sapopemba eram regiões precárias: nos bairros Sinhá e Jardim Planalto.

O acúmulo no acompanhamento dos dados levou a ponderar que, provavelmente, a informação obtida na amostra das escolas não captou no seu universo justamente situações familiares mais precárias e impactadas por covid. O contrário poderia ser verdadeiro: ao isolar respostas de famílias de menor renda e em condições de congestionamento, este fator apresentou relação com a presença de covid maior que 14,5%, mais do que em outras faixas de renda, em que a mobilidade era um fator de maior peso. Ou seja, não seria correto pensar em fatores urbanos absolutos para estabelecer a relação entre condição urbana e covid, sendo mais correto considerar que para cada estrato de renda e hábitos, os fatores urbanísticos incidem de maneira diferente na relação com a disseminação da doença.

Outro artifício utilizado para construir informações foi o mapa de percepção do isolamento. Em meados de abril de 2020, divulgamos amplamente um questionário google com respostas associadas ao CEP para recolher como se percebia a movimentação nos bairros. Divulgado em redes sociais criadas para engajar em torno das informações sobre a pandemia, na primeira quinzena tivemos 2600 respostas, com cobertura abrangente na RMSP e resultados coerentes com o que se observava na evolução de casos e óbitos e nos boletins municipais: Jardim Ângela, Brasilândia, Cidade Tiradentes e Jardim Maria Helena se mostravam como áreas com maior percepção de movimentação dos moradores; o restante do anel periférico com resultados médios; as áreas centrais e ao longo do eixo sudoeste com mais respostas de alta percepção de isolamento.

Figura 4 – Percepção de isolamento no município de São Paulo.



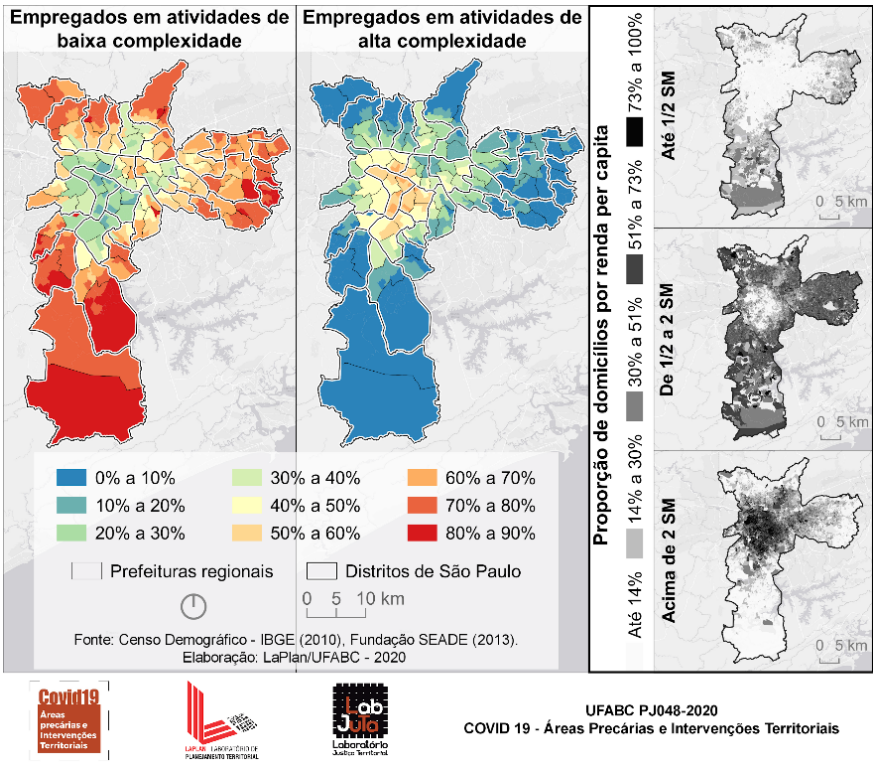
Fonte: Instituto Brasileira de Geografia e Estatística (2020); Geosampa (2020)[66].

Quando este levantamento é cotejado com mapeamento sobre o tipo de trabalho, feito a partir dos dados de ocupação da Amostra do Censo Demográfico de 2010, também sugere conclusões. Nos mapas estão representadas as composições das atividades produtivas nos distritos: há concentração de pessoas cujo trabalho é de maior complexidade e uso menos intensivo do corpo nas áreas centrais, e concentração de trabalhos de menor complexidade e uso mais intensivo do corpo (manuais) nas periferias. Quando comparados com os resultados sobre percepção de isolamento, nota-se a correspondência entre o tipo de trabalho mais intelectual e percepção mais alta de adesão ao isolamento, e tipo de trabalho mais manual, e percepção de menor isolamento.

[66] Formulário "Quarentena na Vizinhança". Elaboração: Laplan (2020).

Também é possível estabelecer correspondência com a renda: maior percepção de isolamento onde há maior renda e maior concentração de residentes cujo trabalho é mais intelectual e depende menos do corpo, ou do deslocamento do corpo pela cidade.

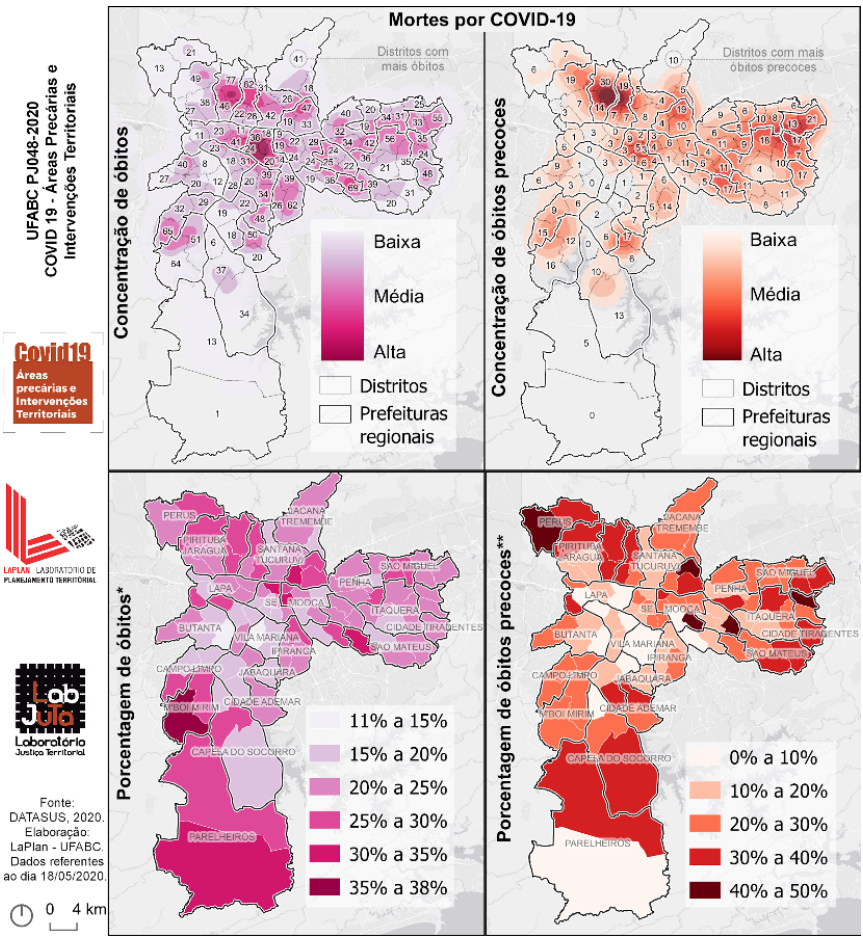
Figura 5 – Renda e proporção de empregados em atividades de baixa e alta complexidade — domicílios.



Fonte: Adaptado de Travassos; Moreira; Cortez (2020).

Outras análises feitas para as mortes, por covid, abaixo de 60 anos, buscam compreender onde estariam concentradas as mortes, por covid, relacionadas a comorbidades.

Figura 6 – Concentração e porcentagem de óbitos totais e óbitos abaixo de 60 anos por covid-19 — MSP.



Fonte: São Paulo (Município) (2020)[67].

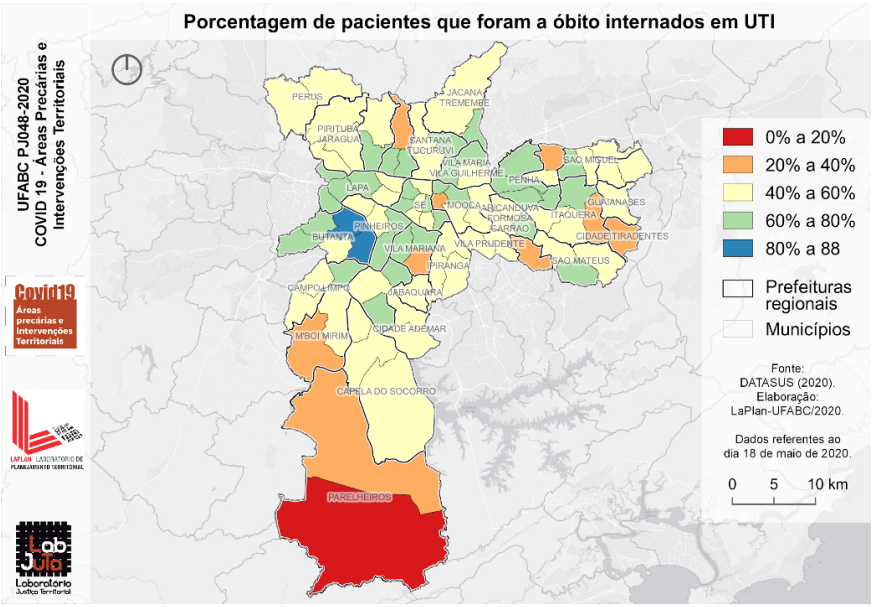
Por ser difícil mapear onde residem portadores de comorbidades, mas não tão difícil, com os dados disponíveis até maio de 2020, mapear óbitos de covid por idade, foi considerado que cardiopatias e diabetes são fatores relevantes nas mortes por covid-19 abaixo da idade crítica de 60 anos.

Os mapas (Figura 5) mostram grande concentração de óbitos na área central e em alguns distritos periféricos. Porém, quando selecionadas apenas as mortes abaixo dos 60 anos (precoces), é possível notar concentrações maiores em distritos periféricos.

[67] Elaboração: Laplan (2020).

Um último artifício de análise busca por diferenças no acesso a equipamentos hospitalares com UTI. Feito a partir dos dados disponíveis até maio de 2020 (com CEP) para pacientes hospitalizados, este mapa distingue mortes por covid-19 que tiveram e não tiveram internação em UTI. Em vermelho, laranja e amarelo, distritos com maior proporção de óbitos por covid-19 que não passaram por UTI; nos distritos em azul e verde, maior proporção de óbitos que passaram por UTI. Isso pode indicar barreiras para os moradores de certos distritos acessarem a UTI e que, para eles, o caminho ao óbito foi mais rápido.

Figura 7 – Óbitos por covid-19 em pacientes internados em UTI em relação aos óbitos totais.



Fonte: São Paulo (Município) (2020)[68].

CONCLUSÃO

As dificuldades de acesso aos dados sobre a covid, observadas ao longo da pesquisa, configuram um problema de governança de riscos, assim como as tentativas de identificar fatores e condicionantes de vulnerabilidade e falha nas respostas. A potência da abordagem

[68] Elaboração: Laplan (2020).

de gestão de riscos em medir e corrigir injustiças urbanas e diferenças socioterritoriais reside na necessária transversalidade de temas para caracterizar vulnerabilidades, exposições e respostas às crises do ambiente urbano sob qualquer ameaça. Frente às mudanças que acontecerão como consequência de mudanças climáticas, é fundamental compreender que métodos de gestão de riscos podem caracterizar um novo paradigma.

Pela visão coordenada de interfaces, urbanistas teriam muito a contribuir em abordagens transversais da gestão de riscos, praticado, até o momento, como campo extremamente fragmentado pelas especialidades dos diferentes tipos de ameaças.

A partir da experiência que buscou exercitar tal visão, foi possível perceber que a gestão da ameaça da covid-19, em São Paulo, foi meticulosamente negligente com as áreas vulneráveis. Na gestão urbana, já é sabido onde estão as vulnerabilidades e carências na cidade e foi essa a população impactada pela doença, de forma mais intensa e duradoura com o passar do tempo. Para além do acompanhamento dos dados, entrevistas com lideranças, moradores e técnicos da gestão de saúde e defesa civil permitiram consolidar a percepção de que não promover ações de caráter preventivo direcionadas a população mais vulnerável, no tempo adequado, foi uma escolha, a de atuar no rescaldo do impacto da pandemia sobre certas populações.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT ISO 31000**: gestão de riscos: princípios e diretrizes. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

BECK, U. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. São Paulo: 34, 2011.

BRASIL. **Decreto n. 10.569, de 9 de dezembro de 2020**. Aprova a Estratégia Nacional de Segurança de Infraestruturas Críticas. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2020a. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/cCivil_03/_Ato2019-2022/2020/Decreto/D10569.htm. Acesso em: 18 nov. 2023.

BRASIL. **Decreto n. 9.573 de 22 de novembro de 2018**. Aprova a Política Nacional de Segurança de Infraestruturas Críticas. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2018. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/decreto/D9573.htm. Acesso em: 18 nov. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. [Plataforma Datasus]. **Datasus**, Brasília, DF, 2020b. Disponível em: https://datasus.saude.gov.br/informacoes-de-saude-tabnet/. Acesso em: 18 nov. 2023.

GUIDDENS, A. Risk and responsibility. **The Modern Law Review Limited**, [*S. l.*], v. 62, n. 1, jan. 1999.

MOREIRA, R. M. P. **Interfaces dos riscos urbanos na Região Metropolitana de São Paulo**. 2018. Tese (Doutorado em Habitat) — Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

SANTOS, A. M. S. P.; VASQUES, P. H. R. P. Pandemia, higienismo e saneamento básico: uma leitura da política urbana em tempos de covid-19. **Revista de Direito da Cidade**, [*S. l.*], v. 13, n. 2, p. 866–900, 2021. Disponível em: https://www.e-publicacoes.uerj.br/rdc/article/view/54651. Acesso em: 30 out. 2023.

SÃO PAULO (Município). Secretaria Municipal de Saúde da Cidade de São Paulo. [Plataforma TabNet]. **Prefeitura da Cidade de São Paulo**, São Paulo, 2020. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/saude/tabnet/. Acesso em: 18 nov. 2023.

TRAVASSOS, L. R. F. C.; MOREIRA, R. M. P. ; CORTEZ, R. S. The Virus, the disease and the inequality. **Ambiente & Sociedade**, [*S. l.*], , v. 23, p. 1, 2020.

VENTURA, D.; REIS, R. Mapeamento e análise das normas jurídicas de resposta à covid-19 no Brasil: a linha do tempo da estratégia federal de disseminação da covid-19. **Boletim Direitos na Pandemia**, São Paulo, 2021. Disponível em: https://www.conectas.org/wp/wp-content/uploads/2021/01/Boletim_Direitos-na-Pandemia_ed_10.pdf. Acesso em: s.d.

PARTE IV

ORGANIZADORES E AUTORES

ORGANIZADORES

Jeferson Tavares

Professor doutor no Instituto de Arquitetura e Urbanismo (IAU-USP), no curso de graduação e no programa de pós-graduação. Docente no curso de engenharia ambiental (EESC-USP). Líder do grupo de pesquisa Práticas de Pesquisa, Ensino e Extensão em Urbanismo (PExURB) e coordenador nacional do Laboratório de Experiências Urbanísticas (LEU). Coordenou projetos de urbanização do Ministério das Cidades nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Piauí e Santa Catarina. Possui experiência na gestão pública e na execução de planos e projetos urbanos e regionais na Região Metropolitana de São Paulo e atualmente coordena projetos extensionistas pela USP e de pesquisa pelo CNPq, que relacionam urbanismo e infraestrutura nos municípios do estado de São Paulo. É autor do livro *Projetos para Brasília: 1927-1957* (IPHAN: 2014, 506 p.) vencedor do Prêmio ANPARQ — 2016, e do livro *Planejamento Regional do Estado de São Paulo: Polos, Eixos e a Região dos Vetores Produtivos* (Annablume: 2018, 332 p.) vencedor do IV Prêmio Ana Clara Torres Ribeiro — ANPUR — 2019.

Renato Luiz Sobral Anelli

Professor de arquitetura e urbanismo no programa de pós-graduação da FAU Mackenzie e pesquisador do CNPq. Doutor em história da arquitetura e do urbanismo (FAU USP, 1995) e livre-docente em Projeto de Arquitetura e Urbanismo (EESC USP, 2001). Professor de arquitetura e do urbanismo na USP São Carlos, de 1986 até sua aposentadoria em 2021. Secretário de Obras, Transportes e Serviços Públicos de São Carlos, 2001 a 2004, coordenou o Plano de Mobilidade Urbana Ambientalmente Sustentável, implantando as primeiras infraestruturas hídricas com soluções baseadas na natureza na cidade. Desde então desenvolve o projeto de pesquisa "Redes de Infraestrutura como estratégia urbanística", com apoio CNPq. Professor visitante na Columbia University (NYC ,2016), coordenador do UNIBRAL Capes Daad USP e HafenCity University (2011–2017) e membro do laboratório Klimapolis baseado no Max Planck Institut de Hamburgo desde 2018. Atua também na área de patrimônio cultural, sendo conselheiro do Instituto Bardi Casa de Vidro desde 2006 e conselheiro do CONDEPHAAT (2019-21).

AUTORES

Alex Paiva Rampazzo

Engenheiro florestal, UnB/2011.

Ex-superintendente de gestão ambiental e territorial da Valec, atualmente consultor legislativo na CLDF.

Consultor legislativo na Câmara Legislativa do Distrito Federal (CLDF), na área de desenvolvimento urbano, rural e meio ambiente. Possui graduação em engenharia florestal pela Universidade de Brasília (UNB) e pós-graduação em direito público pela Faculdade Projeção e em gestão pública pelo IMP. Anteriormente, de 2012 a 2022, foi empregado público da Valec, atuando como gerente de meio ambiente, de 2014 até 2019, quando passou a liderar a superintendência de gestão ambiental e territorial da Valec, de 2019 até 2022. Já atuou no licenciamento ambiental de empreendimentos sob responsabilidade da Empresa de Planejamento e Logística (EPL) (2015) e em projetos de concessão ferroviária na Agência Nacional de Transportes Terrestres (2019), bem como em ações e comitês do Ministério dos Transportes, representando a Valec. Entre 2006 a 2012, trabalhou na Caesb, também como empregado público. E-mail: alex.rampazzo@cl.df.gov.br

Amir Mattar Valente

Doutor em engenharia de produção (UFSC, 1994).

Mestre em engenharia de transportes (UFRJ, 1983).

Engenheiro civil (UFSC, 1979).

Coordenador geral do LabTrans (UFSC).

Professor titular da UFSC no curso de engenharia civil e no Programa de pós-graduação em engenharia de transportes e gestão territorial, pesquisador de desenvolvimento tecnológico nível 2 do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). E-mail: amir.labtrans@gmail.com

Ana Paula Koury

Pós-doutora (Instituto de Estudos Brasileiros, 2018).

Universidade São Judas.

Professora doutora do programa de pós-graduação em arquitetura e urbanismo e do mestrado em engenharia civil da Universidade São Judas. Professora do curso de graduação em arquitetura e urbanismo da Universidade São Judas e da Universidade Presbiteriana Mackenzie. Bolsista produtividade em pesquisa do CNPq nível 2 C. Pós-doutora pelo Instituto de Estudos Brasileiros. Coordena o Lab Itaim Paulista. Membro do Comitê Gestor do Laboratório Klimapolis (Max Planck Institute for Metereology/Hamburgo e IAG USP). E-mail: ana.koury@saojudas.br

André Castellani Lopes

Mestre em engenharia ambiental (UFSC, 2020).

Engenheiro de segurança do trabalho (Unisul, 2019).

Engenheiro sanitarista e ambiental (UFSC, 2017).

Experiência em licenciamento ambiental de obras lineares, no setor de transportes e em estudos de mudanças climáticas e de prevenção de desastres naturais. E-mail: andrecastellani@gmail.com

Cirilo Albino Nunes

Pós-graduando em gestão ambiental (UFPR).

Engenheiro sanitarista e ambiental (UFSC, 2022).

Vivência na avaliação de sistemas de gestão ambiental (SGA) e de planos de adaptação e mitigação de mudanças climáticas no setor de transportes, em elaboração de diagnósticos socioambientais e no apoio ao planejamento e à execução de atividades para obtenção da Certificação ISO 14001. E-mail: cirilo.an@gmail.com

Diego Cathcart

Mestre em engenharia ambiental (UFSC, 2019).

Engenheiro de segurança do trabalho (Unisul, 2017).

Engenheiro sanitarista e ambiental (UFSC, 2015).

Experiência na área de gestão socioambiental no setor de infraestrutura de transportes; em planos estratégicos nas áreas de recursos hídricos, saneamento, redução de riscos de desastres, mitigação e adaptação às mudanças climáticas; em estudos hidrológicos; e em orçamentação de estudos e programas socioambientais. E-mail: dicath@hotmail.com

Edmilson Dias de Freitas

Professor titular.

Departamento de Ciências Atmosféricas (Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas — Universidade de São Paulo).

Atua na área de geociências, com ênfase em meteorologia aplicada. Suas linhas de pesquisa envolvem o desenvolvimento de modelos atmosféricos de previsão de tempo e a aplicação destes em estudos de qualidade do ar ou impactos ambientais. É um dos pesquisadores responsáveis pelo desenvolvimento do modelo BRAMS, tendo implantado parametrizações para o tratamento de áreas urbanas (TEB) e processos fotoquímicos (SPM). A aplicação de modelos hidrológicos e de produtos derivados de satélites, principalmente para definição de características da superfície, também têm sido foco de suas pesquisas. E-mail: edmilson.freitas@iag.usp.br

Eduardo Araújo Silva

Arquiteto e urbanista, mestre em engenharia urbana (UFSCar, 2010).

Arquiteto da Universidade de São Paulo — campus São Carlos.

Arquiteto da Divisão do Espaço Físico da Universidade de São Paulo, campus São Carlos (desde 2013). Professor do Centro Universitário Central Paulista (UNICEP) (desde 2006). Sócio fundador da Teia — Casa de Criação (desde 2001). Tem experiência na área de arquitetura e urbanismo, com ênfase em sistemas e materiais construtivos e em planejamento e projeto do ambiente urbano. E-mail: eduardo.arq@usp.br

Fernando Barbelli Feitosa

Doutor em direito constitucional pela faculdade de direito da Universidade de Brasília e mestre em regulação faculdade de economia da Universidade de Brasília (CERME-CIEF/FE/UnB). Especialista em regulação da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), onde ocupa o cargo de gerente de regulação rodoviária (GERER/SUROD/ANTT) desde 2020. O autor tem especialização contratos pela Coordenadoria Geral de Especialização, Aperfeiçoamento e Extensão da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (COGEAE/PUC-SP), em serviços de transportes terrestres pelo Núcleo de Computação Eletrônica da Universidade Federal do Rio de Janeiro (NCE/UFRJ), em direito tributário pelo Instituto Brasileiro de Estudos Tributários (IBET) e em advocacia do direito negocial e imobiliário pela EBRADI/UNA. É servidor da ANTT desde 2005. Já ocupou cargo de assessor de Ministro no Superior Tribunal de Justiça (STJ — 2007/2009), de gerente técnico

de obrigações contratuais, de gerente de normas e procedimentos e de gerente de relações de consumo na Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC, 2012-2018) e de coordenador-geral de patrimônio aeroportuário na Secretaria Nacional de Aviação Civil do Ministério da Infraestrutura (SNAC/MInfra). E-mails: fernando.feitosa@antt.gov.br/feitosa.fernandob@gmail.com

Filipe Antonio Marques Falcetta

Doutor em ciências (IEE-USP, 2020).

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.

Engenheiro civil, hidrólogo e pesquisador, atua na área de recursos hídricos na área de cidades, infraestrutura e meio ambiente, realizando modelagens hidrológicas associadas a técnicas de geoprocessamento e de estatística aplicadas ao planejamento territorial, visando a avaliação e espacialização de eventos extremos de precipitação e mapeamento de áreas sujeitas a inundação em bacias urbanas. E-mail: falcetta@ipt.br

Fued Abrão Junior

DSc. engenharia de transportes (COPPE/UFRJ, 2018).

Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (Infraero).

Possui graduação em engenharia ambiental pela Universidade Federal do Tocantins (2004), mestrado em ciências do ambiente pela mesma Universidade (2006), mestrado em economia e gestão empresarial pela Universidade Cândido Mendes (2015) e doutorado em Engenharia de Transportes pela Universidade Federal do Rio de Janeiro — COPPE/UFRJ (2018). Atualmente é superintendente de meio ambiente da Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (Infraero). Tem como áreas de interesse: gestão do meio ambiente aeroportuário, mudanças do clima e resiliência de aeroportos. E-mail: fajunior@infraero.gov.br

Gabriela Sá Leitão de Mello

Mestrado (Poli USP, 2005).

Universidade Federal do ABC.

Doutoranda do Programa de pós-graduação em planejamento e gestão do território.

Professora do Instituto Mauá de Tecnologia. E-mail: gabriela.mello@ufabc.edu.br

Jeferson Tavares

Arquiteto e urbanista, desenvolveu projetos urbanísticos em assentamentos precários nas regiões Nordeste, Sudeste e Sul, coordenou políticas públicas na Região Metropolitana de São Paulo e colaborou em planos diretores urbanos e regionais em municípios paulistas. E-mail: jctavares@usp.br

José Pedro Francisconi Junior

Mestre em engenharia de transportes, Instituto Militar de Engenharia (IME, 2016).

Especialista em gerenciamento de projetos, Faculdade de Tecnologia do Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial (SENAC, 2013).

Especialista em gestão ambiental, Universidade Estadual de Maringá (UEM, 2010).

Engenheiro agrícola (UEM, 2007) e Universidad Nacional Agraria La Molina — Peru (UNALM, 2017).

Especialista ambiental em transportes no Laboratório de Transportes e Logística da Universidade Federal de Santa Catarina (LabTrans/UFSC).

Experiência na estruturação de projetos de infraestrutura, incluindo o gerenciamento de empreendimentos financiados por organismos internacionais de crédito, o estabelecimento de instrumentos de gestão socioambiental — público e privado — e o desenvolvimento de estudos e de métodos de quantificação de emissão de gases de efeito estufa (GEE) e de adaptação da infraestrutura às mudanças climáticas. E-mail: francisconi.labtrans@gmail.com

Leandro Rodrigues e Silva

Doutor em projeto e planejamento (UnB, 2021).

Especialista em regulação de transportes terrestres.

Graduado em engenharia civil pela UEG, mestre em transportes pela UnB e doutor em projeto e planejamento pela UnB. É especialista em regulação da ANTT e atuou como coordenador geral de planejamento e estudos da aviação civil do MT, onde foi responsável pelo desenvolvimento e publicação do primeiro Plano Aeroviário Nacional Brasileiro. Atuou no MT, como coordenador geral de política e planejamento integrado. Atualmente, está como gerente de pesquisa e desenvolvimento logístico na Empresa de Planejamento e Logística S.A. (EPL), onde concluiu o Plano Nacional de Logística — 2035. E-mail: mscleandro@gmail.com

Luciana Schwandner Ferreira

Doutora (FAUUSP, 2019).

Pós-doutoranda (IEA USP).

Doutora pela FAUUSP (2019), possui graduação (2007) e mestrado (2012) em arquitetura e urbanismo pela mesma instituição. Foi coordenadora de projetos e obras (2009-2011) e diretora de estudos ambientais e planejamento territorial (2019-2021) da SVMA-SP. Atuou como docente das áreas de conforto ambiental e projeto de urbanismo e paisagismo da FIAM-FAAM (2012-2016) e coordenou o centro de pesquisa do Instituto Terra Luminous (2021-2022). Atualmente é pós-doutoranda do IEA USP no projeto BIOTA SÍNTESE — Núcleo de Análise e Síntese de Soluções Baseadas na Natureza. E-mail: luciana.swf@alumni.usp.br

Luciana Travassos

Arquiteta urbanista (FAU/USP, 1999); doutora em ciência ambiental, (PROCAM/USP, 2010).

Professora adjunta, Universidade Federal do ABC.

Docente dos bacharelados em planejamento territorial e ciências e humanidades e do Programa de pós-graduação em planejamento e gestão do território da Universidade Federal do ABC. É arquiteta e urbanista (1999), mestre e doutora em ciência ambiental (2005 e 2010) pela Universidade de São Paulo. Trabalha com a relação entre a produção do espaço e a natureza, com base na justiça ambiental, com foco tanto nas dinâmicas territoriais quanto nas políticas públicas. Seus dois principais objetos de pesquisa atualmente são as infraestruturas verdes e o rural metropolitano. E-mail: luciana.travassos@ufabc.edu.br

Marília Formoso Camargo

Advogada (FGV-EDESP, 2018) e administradora pública (FGV-EAESP, 2021).

Atua nas áreas de direito urbanístico e na modelagem jurídica de planos e instrumentos urbanísticos. Foi assessora jurídica da SP — Urbanismo e atualmente integra a Secretaria de Planejamento e Assuntos Estratégicos da Prefeitura de Santo André, sendo responsável pelo Departamento de Projetos Especiais e Parcerias Público-Privadas. E-mail: mariliacmargo@gmail.com

Marlon Rubio Longo

Mestre em arquitetura e urbanismo (FAUUSP, 2015).

Doutorando em arquitetura e urbanismo (FAUUSP).

Arquiteto e urbanista (EESC-USP, 2009), tem experiência na elaboração e em pesquisas de planos e projetos urbanos. Integrou equipes para revisão do zoneamento de Campinas e dos Planos Diretores de São José dos Campos e Mogi das Cruzes. Foi gerente de estruturação de projetos na SP — Urbanismo, com participação na modelagem urbanística e econômica de projetos pautados pelo Plano Diretor Estratégico de São Paulo. Integra equipe FIPE para elaboração dos Planos de Desenvolvimento Urbano Integrado nas unidades regionais do Estado de São Paulo. E-mail: marlonrl@usp.br

Michelle Simões Reboita

Doutora em meteorologia (IAG-USP, 2008).

Docente da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI).

Docente do Instituto de Recursos Naturais (IRN) da UNIFEI, orientadora do programa em meio ambiente e recursos hídricos da UNIFEI, coordenadora do grupo de pesquisa e extensão em políticas socioambientais (GPEPSA-UNIFEI-CNPQ) e pesquisadora do IRN, do Grupo de Estudos Climáticos (GrEC-USP) e do Núcleo de Apoio à Pesquisa em Mudanças Climáticas (INCLINE) da USP. É associada do *Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics* da Itália, consultora regional do *World Climate Research Programme* (WCRP) e integrante do grupo de monção das américas do WCRP. E-mail: reboita@unifei.edu.br

Natália Machado Crespo

Doutora em meteorologia (IAG-USP, 2019).

Pesquisadora de pós-doutorado do IAG/USP.

Formada em meteorologia (bacharelado) pela Universidade Federal de Santa Maria, onde atuou no Laboratório Ozônio x Radiação do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CRS/INPE). Possui mestrado e doutorado em ciências (área: meteorologia) pela Universidade de São Paulo, sendo o foco de sua pesquisa ciclones na América do Sul e redondezas e sua dinâmica. Atualmente é pesquisadora no projeto *Western South Atlantic Climate Experiment* (WeSACEx) e do Grupo de Estudos Climáticos (GrEC-USP). Tem experiência em climatologia, dinâmica da atmosfera, meteorologia sinótica e projeções climáticas. E-mail: nataliacrespo@alumni.usp.br

Nilton Évora do Rosário

Doutor (Universidade de São Paulo, 2011).

Departamento de ciências ambientais, Universidade Federal de São Paulo.

Meteorologista, atuou como pesquisador na área de modelagem e previsão da qualidade do ar no INPE. Atualmente leciona no curso de graduação em ciências ambientais e no Programa de pós-graduação em análise ambiental integrada da Universidade Federal de São Paulo. Tem experiência na área de ciências atmosféricas, com ênfase no monitoramento via sensoriamento remoto e avaliação das perturbações climáticas induzidas pelos efeitos radiativos da poluição atmosférica. E-mail: nrosario@unifesp.br

Priscila da Mota Moraes

Mestrado (PGT UFABC, 2015).

Universidade Federal do ABC.

Doutoranda do Programa de pós-graduação em planejamento e gestão do território.

Consultora em planejamento territorial, transporte e mobilidade urbana. E-mail: priscila.moraes@ufabc.edu.br

Renata Bovo Peres

Arquiteta e urbanista, doutora em engenharia urbana (UFSCar, 2012).

Professora do Departamento de ciências ambientais, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

Professora associada do Programa de pós-graduação em ciências ambientais e do curso de bacharelado em gestão e análise ambiental da UFSCar (desde 2013). Atua como consultora em planos e projetos urbanos e ambientais em diversas cidades. Tem experiência na área de planejamento urbano e ambiental, nas seguintes linhas: 1) Processos de urbanização e meio ambiente, políticas públicas e instrumentos de planejamento territorial; 2) Infraestrutura verde, sistema de espaços livres e mudanças climáticas. É docente pesquisadora do Grupo de Pesquisa SUSTENTA — Sustentabilidade e Gestão Ambiental e coordenadora do GTPU — Grupo de Trabalho de Parques Urbanos de São Carlos. E-mail: renataperes@ufscar.br

Renata Maria Pinto Moreira

Arquiteta e urbanista (FAUUSP, 2002).

Docente da Universidade Federal do ABC (UFABC).

Graduada pela faculdade de arquitetura e urbanismo da Universidade de São Paulo. Mestre em planejamento urbano e regional pela faculdade de arquitetura e urbanismo da Universidade de São Paulo. Doutora na área de habitat pela faculdade. Docente da subárea de planejamento urbano do curso de engenharia ambiental e urbana da Universidade Federal do ABC. E-mail: renata.moreira@ufabc.edu.br

Rita Yuri Ynoue

Doutora (IAG-USP, 2004).

Departamento de ciências atmosféricas (IAG-USP).

Possui graduação (1992), mestrado (1999) e doutorado (2004) em meteorologia pelo Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo. Atualmente é professora doutora da Universidade de São Paulo. Tem experiência na área de geociências, com ênfase em 1) química da atmosfera, atuando principalmente em: poluição urbana, modelagem fotoquímica e de emissões de poluentes atmosféricos, vegetação e gases de efeito estufa, e 2) meteorologia sinótica, atuando em modelagem numérica. É codiretora do Laboratório Klimapolis desde 2019. E-mail: rita.ynoue@iag.usp.br

Silvana Zioni

Doutorado (FAU USP, 2009).

Universidade Federal do ABC.

Professora associada do centro de engenharia, modelagem e ciências sociais aplicadas e do Programa de pós-graduação em planejamento e gestão do território. E-mail: silvana.zioni@ufabc.edu.br

Tânia Cristina de Menezes Caldas

D.Sc. engenharia de transportes (COPPE/UFRJ).

M.Sc. planejamento urbano e regional (IPPUR/UFRJ).

Arquiteta (Universidade Santa Úrsula).

Pesquisadora do Programa de Engenharia Urbana (PEU/POLI/UFRJ).

Membro da equipe técnica do Grupo de Estudos de Ruído Aeroportuário (GERA) da UFRJ.

Trabalhou no Instituto de Aviação Civil-IAC, de 1987 a 1998, na divisão de relacionamento urbano e proteção ambiental, com foco na integração dos aeroportos ao planejamento de uso do solo dos municípios e na estruturação do Núcleo de Estudos Ambientais daquele Instituto. Entre 1998 e 2008, atuou na Infraero como gerente de meio ambiente, na superintendência regional do Rio de Janeiro. De 2008 a 2017, foi gerente de planejamento de integração urbana da rede Infraero e assessora da diretoria de operações da empresa. Atualmente é pesquisadora do Programa de Engenharia Urbana e do Grupo de Estudos de Ruído Aeroportuário (GERA), da UFRJ. E-mail: tcmcaldas@gmail.com

Tércio Ambrizzi

Doutor em meteorologia (Universidade de Reading, 1993).

Docente da Universidade de São Paulo (USP).

Docente do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG) da USP, orientador do programa em meteorologia da USP, coordenador da área geociências da CAPES, do Grupo de Estudos Climáticos (GrEC-USP) e do Núcleo de Apoio à Pesquisa em Mudanças Climáticas (INCLINE) da USP. É membro do *Joint Scientific Committee* do *World Climate Research Programme* (WCRP) e membro titular da Academia Brasileira de Ciências (ABC). E-mail: tercio.ambrizzi@iag.usp.br

Tito Livio Pereira Queiroz e Silva

Mestre em transportes (UnB, 2002).

Especialista em regulação de transportes terrestres.

Graduado em engenharia civil pela UFRN, especialista em regulação de serviços de transportes terrestres pela UFRJ e mestre em transportes pela UnB. É especialista em regulação da ANTT, onde trabalhou com transporte de cargas e passageiros, como gerente e superintendente. Foi coordenador na Secretaria de Aviação Civil da Presidência da República (SAC). Atualmente, está como diretor de política e planejamento integrado do Ministério dos Transportes, tendo participado do desenvolvimento do Planejamento Integrado de Transportes (PIT) e do Plano Nacional de Transportes — PNL 2035. E-mail: tito.queiroz@gmail.com

Vicente Correia Lima Neto

Mestre em transportes (UnB, 2006).

Técnico de planejamento e pesquisa no Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea).

Arquiteto e urbanista pela UFRN. Mestre em transportes pela Universidade de Brasília, e doutorando em arquitetura e urbanismo pela mesma instituição. É servidor do Ipea, tendo atuado como subsecretário de planejamento e política urbana do Governo do Distrito Federal entre os anos de 2015 e 2021. Atualmente, se encontra como coordenador-geral de política e planejamento integrado do Ministério dos Transportes. E-mail: vicente.neto@transportes.gov.br

Vinicio Rossi Sugui

Mestre em meio ambiente urbano e industrial (Universidade Federal do Paraná, 2016). Engenheiro ambiental graduado nas Faculdades Oswaldo Cruz, com especialização em perícia, auditoria e gestão ambiental e engenharia de segurança do trabalho. Mestre em meio ambiente urbano e industrial pela Universidade Federal do Paraná em parceria com o Senai-PR e Universidade de Stuttgart. MBA executivo em ESG e Impact (Trevisan Escola de Negócios). Experiência de 14 anos na elaboração e implantação de projetos e programas ambientais; gestão ambiental; sustentabilidade; emissões atmosféricas; mudanças climáticas; licenciamento ambiental e projetos de créditos de carbono. E-mail: vinicio.r.s@gmail.com

São inegáveis as ocorrências de eventos extremos causados pelas mudanças climáticas que impactam sobre as infraestruturas. Por outro lado, também são de amplo conhecimento alguns esforços para evitar os riscos, mitigar os danos, criar condições resilientes para enfrentar essas transformações e proporcionar adaptabilidade às infraestruturas. Essas reflexões estão neste livro com o objetivo de oferecer ao leitor uma aproximação inicial ao assunto para colaborar no seu entendimento crítico e desfazer interpretações superficiais. Os textos reúnem pesquisadores, acadêmicos e gestores públicos que apresentam experiências e estudos consolidados sobre as mudanças climáticas e suas relações com as infraestruturas. Resultado de um ciclo de disciplinas acadêmicas realizadas entre 2018 e 2021 no Instituto de Arquitetura e Urbanismo da USP e em parceria com o Ministério dos Transportes, o livro converge visões de diferentes áreas de conhecimento num diálogo multidisciplinar. Alternando escalas, setores e funções, os capítulos oferecem um panorama do debate atual sobre infraestrutura e mudanças climáticas, e posiciona algumas pautas e agendas necessárias para a academia e gestão pública. O objetivo é ampliar o repertório sobre o tema e propiciar um ambiente de debates e integração de esforços. Afinal, é preciso discutirmos quais as alternativas para um processo de adaptação das infraestruturas frente às mudanças climáticas.

USP
iau usp
MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES
GOVERNO FEDERAL BRASIL UNIÃO E RECONSTRUÇÃO
ciamclima cidades, infraestruturas e adaptação às mudanças do clima
CNPq
KLIMAPOLIS GERMANY - BRAZIL
Mack Pesquisa