



Fundação Universidade Federal do ABC

Pró reitoria de pesquisa

Av. dos Estados, 5001, Santa Terezinha, Santo André/SP, CEP 09210-580

Bloco L, 3ºAndar, Fone (11) 3356-7617

iniciacao@ufabc.edu.br

Projeto de Iniciação Científica submetido
para avaliação no Edital: Nº 04/2022

Título do projeto: Avaliação da vulnerabilidade da infraestrutura de transporte público frente às mudanças climáticas na Região Metropolitana de São Paulo

Palavras-chave do projeto: Infraestruturas de transporte público; Mudanças climáticas; Região Metropolitana de São Paulo; Vulnerabilidade

Área do conhecimento do projeto: Ciências Sociais Aplicadas; Planejamento Regional e Urbano

Sumário

1 Resumo.....	2
2 Introdução e Justificativa	3
3 Objetivos	4
4 Metodologia	5
5 Viabilidade.....	6
6 Cronograma de atividades	6
Referências.....	7

1 Resumo

O presente projeto de pesquisa busca estudar a vulnerabilidade das redes de transporte público na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) frente as mudanças climáticas, tema ainda menos abordado do que o dos efeitos dos transportes urbanos no grave quadro de emergência climática. Incidentes climáticos extremos cada vez mais recorrentes atrelados a insuficientes e precários sistemas e estruturas incitam em perturbações na operação dos sistemas de transportes e não raras vezes inundações e alagamentos afetam drasticamente os sistemas viários – ruas e trilhos, infraestruturas e equipamentos de transportes, interrompendo trajetos, isolando passageiros, imobilizando frotas, alagando terminais e estações. Assim, tais eventos climáticos extremos afetam diretamente a mobilidade urbana, agindo como fatores de pressão nas infraestruturas e sistemas de transporte e consequentemente afetando o cotidiano da população. Analisar a vulnerabilidade das redes de infraestruturas já marcadas por vulnerabilidades (Canil, 2021), e sistemas de transporte, ou o risco de serem afetados, abrange diversos aspectos, incluindo a susceptibilidade ao dano ou fragilidade dos sistemas e a dificuldade de adaptação frente aos eventos impactantes, o que terá como resultado o agravamento do padrão de mobilidade da população, como também a piora das condições ambientais em geral. Enquanto o risco é uma potencialidade - conjunção de dinâmicas positivas ou negativas, a vulnerabilidade é tangível e pode ser mensurada (Demoraes, 2016). Este autor identificou seis aspectos principais para avaliar a vulnerabilidade de redes de transporte público - vulnerabilidade intrínseca, dependência, exposição a perigos, alternativas capacidade de controle e preparação para crises – e a cada um deles associou diferentes indicadores que permitem caracterizar o grau de fragilidade dessas redes. Além de uma revisão bibliográfica sobre as implicações das mudanças climáticas nos sistemas de transportes e mobilidade urbana, pretende-se nesta pesquisa, estudar a metodologia desenvolvida por Demoraes e, considerando o contexto da metrópole de São Paulo, avaliar se é adequada a sua aplicação, desenvolvendo e sistematizando indicadores que caracterizem os aspectos principais da vulnerabilidade das redes de transporte público da metrópole paulista. Para tanto, vai se recorrer às bases de dados disponibilizadas pela Agência de Transporte do Estado de São Paulo (ARTESP), Empresa Metropolitana de Transporte Urbano (EMTU), Companhia Paulista de Trens Metropolitanos (CPTM), Companhia do Metropolitano de São Paulo (Metrô) e empresas concessionárias que atuam na RMSP; e de sistematização de informações geográficas e cartográficas.

2 Introdução e Justificativa

A mudança do clima representa um grande desafio para o planejamento urbano e regional, visto que nosso atual padrão de urbanização colabora na produção de poluição atmosférica e acúmulo de gases de efeito estufa (GEE), especialmente gerados pelos sistemas de transportes dependentes de combustíveis fósseis. Para tanto o Plano Setorial de Transporte e de Mobilidade Urbana para Mitigação da Mudança do Clima (PSTM) foi instituído em 2013, conforme diretriz da Política Nacional de Mudanças Climáticas (Lei nº 12.187 / 2009), objetivando alterar a matriz modal dos transportes urbanos a favor do aumento da participação de sistemas eficientes de transporte público de passageiros em nossas cidades.

As diretrizes do PSTM visam não apenas equilibrar a matriz energética de transporte, mas propor padrões urbanísticos de uso misto e adensamento sustentável, e de qualificação das redes de infraestrutura de transporte público, de modo a inverter o quadro de deterioração ambiental. Afinal, as redes de infraestrutura de transportes e mobilidade urbana, especialmente as que desempenham um papel estrutural nas aglomerações urbanas e que são fundamentais para garantir os fluxos urbanos, vêm se tornando frágeis e vulneráveis quando da ocorrência de eventos extremos - chuvas cada vez mais intensas e frequentes, que afetam a operação de redes e sistemas, colapsando infraestruturas e interrompendo a circulação de pessoas e mercadorias.

Também as diretrizes do PSTM podem ser consideradas desafiadoras, visto que a insuficiência e precariedade das infraestruturas e sistemas de transportes públicos urbanos (ISTPU) que caracterizam as grandes cidades brasileiras, além de representarem disfunções e deseconomias urbanas, são fatores constituintes de variadas situações de riscos ambientais urbanos (CANIL et al., 2021). E, ao mesmo tempo em que os sistemas de transporte urbano agravam o cenário ambiental e climático, suas infraestruturas e territórios são fortemente impactados pela ocorrência de eventos extremos – chuvas intensas e recorrentes, ficando sujeitos a interrupções operacionais e colapsos estruturais, devido a situações de enchentes, alagamentos ou deslizamentos de terra. Sendo assim, a depender da resiliência e capacidade de adaptação dessas infraestruturas e sistemas é que poderá se configurar maior ou menor vulnerabilidade (CANIL, LAMPIS e SANTOS, 2020).

Preocupação nesse sentido foi apresentada no documento “Adaptação às Mudanças Climáticas na Mobilidade Urbana” (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2017), que traz o debate sobre a situação das infraestruturas de transporte urbano no espaço latino-americano, em que variações na temperatura, no volume das precipitações e do nível do mar, e a relação dessas mudanças com planos setoriais de mudanças climáticas e de enfrentamento de déficit de mobilidade urbana, estão se tornando mais críticos, comprometendo as dimensões econômicas e sociais do desenvolvimento urbano.

Ciente deste cenário preocupante, o presente projeto de pesquisa procura estudar a vulnerabilidade das redes de transporte público frente as mudanças climáticas, e as consequentes restrições à acessibilidade dos territórios, considerando os impactos causados por eventos climáticos extremos sobre a ISTPU. Para tanto, as características técnicas, operacionais e funcionais das redes e sistemas de transporte público serão analisadas quanto a suas relativas fragilidades e riscos de perda operacional e de redução de acessibilidade aos territórios.

Enquanto o risco é uma potencialidade - conjunção de dinâmicas positivas ou negativas, a vulnerabilidade é tangível e pode ser mensurada (DEMORAES, 2016). Segundo este autor é possível caracterizar aspectos que traduzem a vulnerabilidade de redes de transporte público e a eles associar indicadores de fragilidade das ISTPU, como já foi estudado para algumas

metrópoles latino-americanas - Quito, Lima e La Paz (DEMORAES, 2009, 2016). Ao tentar aplicar esta abordagem ao caso da metrópole de São Paulo, busca-se também estudar as referências e literatura do tema para as cidades brasileiras.

Afinal, estudos de vulnerabilidades social e ambiental no cenário da urbanização brasileira já são consagrados, abordando desde a construção social do risco ao desenvolvimento de políticas públicas (KOWARICK, 2009; BITTAR, 2009; PIPICANO, 2014; DIAS, 2016; CANIL *et al.*, 2019; LAMPIS *et al.*, 2020; CANIL *et al.*, 2021; TRAVASSOS *et al.*, 2021).

Demoraes (2016) propõe uma metodologia de análise das vulnerabilidades territoriais em etapas, partindo da caracterização das ISTPU conforme a função relativa nos sistemas de mobilidade urbana e de acessibilidade aos territórios, buscando identificar a distribuição espacial das fragilidades e resiliência das ISTPU. Desse modo, vulnerabilidade é definida pelo autor conforme os elementos-chave, desde a vulnerabilidade intrínseca dos sistemas, a exposição ao risco, a capacidade de controle própria do sistema e sua prevenção ao risco, até o grau de autonomia ou dependência e existência de alternativas ou redundância, que caracterizam as ISTPU, que podem ser analisadas em diferentes escalas territoriais.

A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), polo principal de uma cidade-região, também conhecida como a macrometrópole paulista, e considerada pelo IBGE como sendo a Grande Metrópole Nacional (REGIC, 2018) tem sido palco de frequentes eventos quando chuvas afetam o desempenho de sistemas (trechos do Metrô a céu aberto); interrompem os fluxos em vias e corredores com trechos alagados; e até mesmo infraestruturas viárias são colapsadas por deslizamentos. Formada por 39 municípios e concentrando cerca de 75 % do Produto Interno Bruto do estado de São Paulo (IBGE, 2018), a RMSP representa um grande nó nas ligações não apenas da metrópole como também da região sudeste brasileira. Apesar disso a RMSP se caracteriza por rede de transportes públicos insuficiente frente as demandas de sua população de mais de 20 milhões de habitantes: apenas 164 km de BRT, 97 km de metrô 245 km de trens metropolitanos.

Em um contexto de flagrante desigualdade socioespacial, a divisão modal na RMSP revela um relativo predomínio do transporte individual sobre os modos coletivos e não motorizados: 31% das viagens são realizadas em veículos particulares – carros, motos, taxis; enquanto 36% são feitas em modos coletivos – ônibus, trens e metrô; e 32% a pé, restando cerca de 1% de deslocamentos por bicicletas, conforme dados da Pesquisa OD 2017 (METRÔ, 2018). Os tempos médios de viagens por modos também são reflexo do desigual e insustentável sistema: as viagens realizadas por transporte individual, que duram em média 26 minutos, enquanto as feitas por modos coletivos duram 60 minutos em média, segundo a Pesquisa OD 2017 (METRÔ, 2018). Nesse contexto, a rede estrutural de transportes públicos, especialmente os sistemas sobre trilhos e os corredores de ônibus e uma malha de vias de maior porte – avenidas marginais, estradas, anéis - desempenham, um papel estratégico para as comunicações internas à metrópole e externas com as demais regiões do estado de São Paulo.

O estudo e aplicação da metodologia de Demoraes para o contexto da RMSP faz parte de um projeto temático, financiado pelo CNPq, que tem como objetivo estudar as redes de infraestrutura de cidades brasileiras no contexto das mudanças climáticas, observando especialmente as condições de vulnerabilidade e resiliência. Através deste projeto de pesquisa de Iniciação Científica pretende-se colaborar na sistematização de informações para o desenvolvimento de indicadores de análise da vulnerabilidade das ISTPU, buscando uma aproximação simultânea aos campos da análise territorial e de transporte e mobilidade urbana.

3 Objetivos

O objetivo geral desse projeto de Iniciação Científica é:

- Estudar a vulnerabilidade das redes, infraestruturas e sistemas de transporte público urbano na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) frente as mudanças climáticas, e as consequentes restrições de acessibilidade aos territórios.

Para tais objetivos principais, serão necessários atender aos seguintes objetivos específicos:

- Elaborar revisão bibliográfica referente ao tema, dando atenção por um lado à problemática percebida em cidades brasileiras, e por outro aos estudos de caso de aplicação da metodologia desenvolvida por Demoraes (2009, 2016).
- Sistematizar as informações relativas às infraestruturas e sistemas de transporte público urbano (ISTPU) da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), de modo a definir as redes e sistemas que serão objeto dos estudos pretendidos.
- Sistematizar informações sobre eventos extremos que representaram riscos e impactos às ISTPU na RMSP, de modo a definir o recorte temporal dos estudos pretendidos.
- Sistematizar informações operacionais relativas às ISTPU da RMSP, visando a caracterização de seus padrões de desempenho, identificação de ocorrências e excepcionalidades, vinculadas a fragilidades frente às mudanças climáticas.
- Identificar os elementos chave da ISTPU na RMSP, e a eles desenvolver indicadores, conforme as categorias indicadas por Demoraes (2016).
- Analisar os aspectos característicos de vulnerabilidade das ISTPU na RMSP e os riscos de perda operacional e de redução de acessibilidade aos territórios.

4 Metodologia

Partindo do objetivo geral que é estudar a vulnerabilidade das infraestruturas e sistemas de transporte público urbano frente as mudanças climáticas este projeto de pesquisa será desenvolvido de modo a compreender o contexto atual de emergência climática, onde os sistemas de transportes, ao mesmo tempo, colaboram com as causas e sofrem os efeitos da intensificação de eventos climáticos extremos.

Uma revisão bibliográfica será o ponto de partida dos estudos voltados às temáticas da vulnerabilidade e adaptação das infraestruturas e sistemas de transporte público urbano às mudanças climáticas. Essa revisão abrangerá também alguns casos em que foi aplicada a metodologia de análise desenvolvida por Demoraes (2009, 2016) e que resultaram na definição de categorias e indicadores de resiliência e vulnerabilidade das infraestruturas e sistemas de transporte público urbano (ISTPU).

Demoraes (2016) propõe em sua metodologia um processo de análise das vulnerabilidades territoriais em etapas, a partir da caracterização das redes de suporte da mobilidade urbana. O estudo proposto para a RMSP, seguindo a mesma metodologia, deverá abranger :

- Análise das redes de transporte e mobilidade urbana, de modo a identificar os trechos e elementos chave - infraestrutura estrutural, essencial e estratégica - do transporte público e mobilidade urbana.
- Caracterização das condições de vulnerabilidade, conforme os aspectos elencados por Demoraes (2016), desenvolvendo indicadores de vulnerabilidade intrínseca, dependência, exposição a perigos e possíveis perdas de operacionalidade, capacidade

de controle ou resiliência, disponibilidade de alternativas ou elementos redundantes e capacidade preventiva de riscos e crise.

- Análise de fragilidades e vulnerabilidade das redes de infraestrutura e sistemas de transportes público urbano e o estudo da distribuição espacial das fragilidades e resiliência das redes na RMSP.

O presente projeto buscará desenvolver para a RMSP tais etapas de análise, buscando sistematizar informações e indicadores conforme a disponibilidade de dados operacionais e funcionais dos sistemas de transporte público, além das informações sobre eventos extremos (intensidade e duração de chuvas, cotas de inundação etc.) e das ocorrências de interrupção e/ou colapso das infraestruturas, e isolamento ou redução de acessibilidade a territórios. Conforme essas análises, será possível observar que, os principais aspectos da vulnerabilidade não são apenas ditados pelas características da ISTPU – capacidade, função, abrangência, redundância, entre outros, mas conforme a vinculação destas ISTPU com outras infraestruturas, e o quanto a vulnerabilidade pode comprometer a acessibilidade dos territórios e dos espaços de ação dependente dos ISTPU.

Essas análises serão desenvolvidas utilizando-se os recursos de sistemas de informação geográfica e aplicativos de sistematização de informações. A pesquisa poderá resultar, além das descrições analíticas das fragilidades das ISTPU, em reflexões críticas sobre o planejamento territorial e de transportes público urbano, confrontado aos desafios da adaptação às mudanças climáticas.

5 Viabilidade

O presente projeto de pesquisa demanda a utilização de informações técnicas, operacionais relativas às ISTPU da RMSP disponíveis nas entidades que atuam na RMSP - Agência de Transporte do Estado de São Paulo (ARTESP), Empresa Metropolitana de Transporte Urbano (EMTU), Companhia Paulista de Trens Metropolitanos (CPTM), Companhia do Metropolitano de São Paulo (Metrô).

O pesquisador já dispõe de recursos técnicos, informacionais e cartográficos por ele já experimentados em sua pesquisa anterior de PDPD, bem como nos estudos realizados no âmbito de disciplina Cartografia e Geoprocessamento. Os equipamentos informacionais necessários para a realização deste projeto são amplamente disponibilizados na UFABC.

Além disso, o projeto está vinculado a um projeto temático, financiado pelo CNPq, e desse modo, terá a oportunidade de uma experiência de pesquisa em rede com pesquisadores de outras instituições de ensino superior.

6 Cronograma de atividades

1. Revisão Bibliográfica
 - a. Levantamento da bibliografia referente aos temas das infraestruturas e sistemas de transporte público urbano e a vulnerabilidade e adaptação às mudanças climáticas.
 - b. Revisão da literatura com atenção às cidades brasileiras e a RMSP
2. Sistematização de Informações visando:
 - a. Definição das redes e sistemas que serão objeto dos estudos.
 - b. Identificação dos eventos extremos que representaram riscos e impactos às ISTPU na RMSP.

- c. Caracterização dos impactos a que as ISTPU foram submetidas, ocorrências e configuração de vulnerabilidades.
3. Elaboração de indicadores de caracterização das vulnerabilidades das ISTPU na RMSP - riscos de perda operacional e redução de acessibilidade aos territórios.
4. Elaboração de relatórios e material de divulgação - relatórios parcial, final e pôster.

Tabela 1 – Cronograma de atividades previstas

Etapa	Mês											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
1.a.												
1.b.												
2.a.												
2.b.												
2.c.												
3												
4.												

Referências

- BITTAR, O.Y. Infraestrutura, meio físico e mudanças climáticas: novos desafios ao litoral do estado de São Paulo. **IF Sér. Reg.**, n.40, p.11-15, 2009.
- BRASIL. Congresso. Senado. **Lei Nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012**: Política Nacional de Mobilidade Urbana. Brasília, 3 jan. 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm. Acesso em: 15 jan. 2022.
- BRASIL. **Lei nº 12.187**, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional de Mudanças Climáticas – PNMCM.
- BRASIL. **Lei nº 12.587**, de 3 de janeiro de 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana - PNMU.
- BRASIL. Ministério dos Transportes e Ministério das Cidades. **Plano Setorial de Transporte e de Mobilidade Urbana para Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima (PSTM)**. Brasília, 2013.
- BRASIL. Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana. **Estudo Técnico Adaptação às Mudanças Climáticas na Mobilidade Urbana**. Ministério das Cidades, ITDP Brasil, INPE. 2017.
- CANIL, K.; MYAMOTO, M. M.; FIGUEIRA, R. M.; TOMBETA, L. R. Gestão de riscos e desastres e a articulação com o Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado: ações para uma governança da Região Metropolitana de São Paulo. In: **Encontro nacional Anpur**, 18, 2019, Natal. Anais..., Natal: Anpur, 2019.
- CANIL, K.; LAMPIS, A.; SANTOS, K. L. Vulnerabilidade e a construção social do risco: uma contribuição para o planejamento na Macrometrópole Paulista. **Cadernos Metrôpole**, v.22, p.397-416, 2020.

- CANIL, K. et al. (2021) Vulnerabilidades, Riscos E Justiça Ambiental Em Escala Macro Metropolitana. **Mercator** (Fortaleza) 20, 2021.
- DEMORAES, F. Approche géographique des vulnérabilités et des inégalités à travers les mobilités quotidiennes dans les métropoles d'Amérique latine. **ESO Travaux et Documents, Espaces et Sociétés** - UMR 6590, 2016, pp. 7-20.
- DEMORAES, F. De l'intérêt d'une étude sur la vulnérabilité des réseaux routiers et de transport pour la compréhension des vulnérabilités territoriales – Le cas du District Métropolitain de Quito (Équateur), **Cybergeo: European Journal of Geography** [En línea], Informes temáticos, documento 446, Publicado el 31 marzo 2009.
- DIAS, M. C. (2016) **A Vulnerabilidade Às Inundações E A Capacidade De Resposta Do Transporte Público Da Cidade De Belém**. Dissertação. Belém: UFPA.
- IBGE, **REGIC: 2018**. Coordenação de Geografia. Rio de Janeiro: IBGE, 2018
- LAMPIS, A.; CAMPELLO, P. T.; JACOBI, P. R.; LEONEL, A. L. A produção de riscos e desastres na América Latina em um contexto de emergência climática. **O Social em Questão**, v.48, p.75-92, 2020.
- KOWARICK, L. **Viver em risco: sobre a vulnerabilidade socioeconômica e civil**. São Paulo: Editora 34, 2009.
- METRÔ, COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO. Pesquisa Origem Destino 2017. São Paulo: METRÔ, 2018.
- PIPICANO, E. F. M.; TACO, P. W. G. **Análise Da Vulnerabilidade Da Rede De Transporte De Sistemas Brt**. Universidade de Brasília – UnB Programa de Pós – Graduação em Transportes – PPGT, 2014.
- TRAVASSOS, L.; TORRES, P. H. C.; DI GIULIO, G. G.; JACOBI, P. R. Why do extreme events still kill in the São Paulo Macro Metropolis Region? Chronicle of a death foretold in the global south, **International Journal of Urban Sustainable Development**, 13:1, 1-16, 2021.