



Federação das Indústrias do Estado da Bahia

CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM MODELAGEM
COMPUTACIONAL E TECNOLOGIA INDUSTRIAL

Projeto de Dissertação de Mestrado

**Análise da acessibilidade da primeira e última milha de
pessoas com deficiência (PcD) e idosos que utilizam o
transporte de ônibus público na cidade de São Paulo diante
de condições climáticas com a chuva**

Apresentada por: Gislaine Alves Azevedo
Orientador: Prof. Dr. Renelson R. Sampaio
Coorientador: Prof. Dr. Thiago B. Murari

Salvador 2020

GISLAINE ALVES AZEVEDO

**Análise da acessibilidade da primeira e última milha de
pessoas com deficiência (PcD) e idosos que utilizam o
transporte de ônibus público na cidade de São Paulo diante
de condições climáticas com a chuva**

Projeto de Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial, Curso de Mestrado em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial do Centro Universitário Senai Cimatec, como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial**.

Orientador: Prof. Dr. Renelson R. Sampaio

Centro Universitário Senai Cimatec

Coorientador: Prof. Dr. Thiago B. Murari

Centro Universitário Senai Cimatec

Salvador 2020

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do Centro Universitário SENAI CIMATEC

A994a Azevedo, Gislaine Alves

Análise da acessibilidade da primeira e última milha de pessoas com deficiência (PcD) e idosos que utilizam o transporte de ônibus público na cidade de São Paulo diante de condições climáticas com a chuva / Gislaine Alves Azevedo. – Salvador, 2020.

79 f. : il. color.

Orientador: Prof. Dr. Renelson Ribeiro Sampaio.

Dissertação (Mestrado em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial) – Programa de Pós-Graduação, Centro Universitário SENAI CIMATEC, Salvador, 2020.

Inclui referências.

1. Acessibilidade. 2. Pessoas com deficiência (PcD). 3. Idosos. 4. Chuva – São Paulo. 5. RhoDCCA. I. Centro Universitário SENAI CIMATEC. II. Sampaio, Renelson Ribeiro. III. Título.

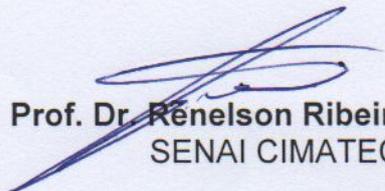
CDD: 362

CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC

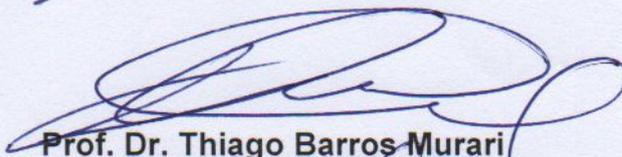
Mestrado Acadêmico em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial

A Banca Examinadora, constituída pelos professores abaixo listados, aprova a Defesa de Mestrado, intitulada “ANÁLISE DA ACESSIBILIDADE DA PRIMEIRA E ÚLTIMA MILHA DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA (PCD) E IDOSOS QUE UTILIZAM O TRANSPORTE DE ÔNIBUS PÚBLICO NA CIDADE DE SÃO PAULO DIANTE DE CONDIÇÕES CLIMÁTICAS COM A CHUVA” apresentada no dia 06 de março de 2020, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Título de Mestre em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial.

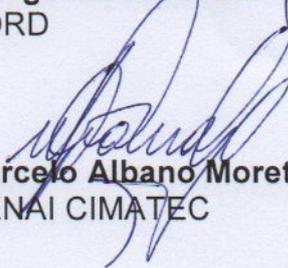
Orientador:


Prof. Dr. Renelson Ribeiro Sampaio
SENAI CIMATEC

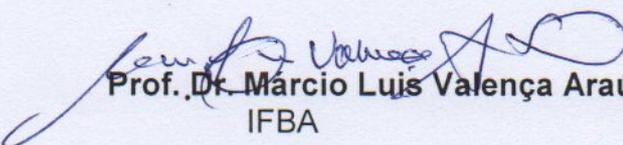
Coorientador:


Prof. Dr. Thiago Barros Murari
FORD

Membro Interno:


Prof. Dr. Marcelo Albano Moret Simões Gonçalves
SENAI CIMATEC

Membro Externo:


Prof. Dr. Marcio Luis Valença Araújo
IFBA

Nota sobre o estilo do PPGMCTI

Este projeto de dissertação de mestrado foi elaborado considerando as normas de estilo (i.e. estéticas e estruturais) propostas aprovadas pelo colegiado do Programa de Pós-graduação em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial e estão disponíveis em formato eletrônico (*download* na Página Web http://ead.fieb.org.br/portal_faculdades/dissertacoes-e-teses-mcti.html ou solicitação via e-mail à secretaria do programa) e em formato impresso somente para consulta.

Ressalta-se que o formato proposto considera diversos itens das normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), entretanto opta-se, em alguns aspectos, seguir um estilo próprio elaborado e amadurecido pelos professores do programa de pós-graduação supracitado.

Dedico este trabalho à meu irmão Rudney Alves Azevedo, que foi minha grande inspiração para a pesquisa e na vida, e à todas as Pessoas com deficiência e Idosos.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, pela força que precisei para superar os traumas e medos, pela saúde e pelo aprendizado nessa jornada em busca de contribuir com a sociedade e a conquista deste título.

Gostaria de agradecer profundamente ao meu marido Rodrigo, por toda a paciência e apoio nos momentos em que precisei dedicar tempo exclusivo e nos momentos de desabafo. Você é muito importante para o meu crescimento e na minha vida.

Aos meus pais Vanda e Aduino, por me demonstrar os caminhos a serem percorridos com uma ótima educação e o apoio em toda a minha vida acadêmica, além da minha irmã Nayara e a minha sobrinha Giovanna pela paciência e ajuda que me proporcionaram.

Ao meu orientador Prof. Dr. Renelson R. Sampaio, por aceitar minha orientação com muita paciência, equilíbrio, sabedoria e boa vontade em nossos encontros semanais, proporcionando reuniões produtivas com o grupo de pesquisa.

Ao meu coorientador Prof. Dr. Thiago B. Murari, por me impulsionar no processo de aprendizado como pesquisadora, por me transferir muito conhecimento técnico e acadêmico e por todos os momentos de apoio, orientação, conselhos, paciência e compreensão durante esse período.

Ao grupo de pesquisa por todas as contribuições e experiências compartilhadas.

Aos meus amigos do mestrado, pela experiência e informações trocadas para o cumprimento de todos os requisitos do mestrado e no desenvolvimento dessa dissertação.

Aos professores do Mestrado em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial do SENAI CIMATEC, pela disponibilidade e qualidade das aulas.

Em especial ao prof. Dr. Marcelo A. Moret, por acreditar nesse tema, no método aplicado ao tema e, principalmente no meu aprendizado com ele, pela atenção dispensada e por todas as oportunidades de apresentações desse trabalho que me proporcionaram crescimento pessoal, acadêmico e profissional.

Ao Prof. Dr. Márcio Luis Valença Araújo por integrar a banca de qualificação e defesa dessa dissertação.

Finalmente, a todos colegas de trabalho, conhecidos e colaboradores aqui não citados, que contribuíram direta ou indiretamente para o sucesso desse trabalho.

Salvador, Brasil

Gislaine Alves Azevedo

06 de Março de 2020

Resumo

A acessibilidade na primeira e última milha, para o acesso ao transporte de ônibus público, impactado pelo tocante do fator climático com o efeito dinâmico da chuva, é uma realidade atual para passageiros desse tipo de serviço. Os espaços geográficos de circulação e o grau de dificuldade no deslocamento, em especial para pessoas com deficiência (PcD) e Idosos, são percalços na utilização do transporte de ônibus público na cidade de São Paulo, no Brasil. Dessa forma, a pesquisa tem como objetivo analisar a dificuldade de acesso da primeira e última milha de PcD e Idosos que utilizam o transporte de ônibus público. A metodologia aplicada baseia-se na análise dos co-movimentos entre as séries temporais de passageiros com gratuidade e precipitação da chuva na cidade de São Paulo. Diante do exposto, o resultado encontrado indica um comportamento de correlação cruzada negativa entre a precipitação e a quantidade de passageiros, PcD e Idosos, nas linhas de ônibus analisadas. A compreensão dos locais mais impactados geograficamente auxilia em primeira instância na aplicação de políticas públicas, e/ou na aplicação de soluções para o âmbito da acessibilidade em locais mais vulneráveis à chuva.

Palavras-chave: *Acessibilidade. Pessoas com deficiência (PcD). Idosos. Chuva. RhoDCCA.*

Abstract

Accessibility in the first and last mile, for access to public bus transportation, impacted by the climatic factor with the dynamic effect of rain, is a current reality for passengers of this type of service. The geographical spaces of circulation and the degree of difficulty in displacement, especially for disabled and the elderly, are obstacles in the use of public bus transportation in the city of São Paulo, in Brazil. In this way, the research has as goal to analyze the difficulty of access the first and last mile of disabled and the elderly who use public bus transportation. The applied methodology is based on the analysis of co-movements between the time series of gratuity users and rainfall in the city of São Paulo. Given the above, the result found indicates a negative cross-correlation behavior between precipitation and the number of passengers, disabled and elderly, in the analyzed bus lines. The understanding of the most geographically impacted places helps in the first instance in the application of public policies, and / or in the application of solutions for the scope of accessibility in places most vulnerable to rain.

Keywords: *Accessibility. Disabled. Elderly. Rain. RhoDCCA.*

Sumário

1	Introdução	1
2	Fundamentação teórica	5
2.1	Mobilidade Urbana	5
2.2	Acessibilidade	7
2.2.1	Pessoas com deficiência e Idosos	11
2.3	Climatologia	16
2.3.1	Clima e o transporte Público	17
2.4	Métodos	21
2.4.1	Séries Temporais	21
2.4.2	Método DFA	23
2.4.3	Método DCCA	25
2.4.4	Coefficiente de Correlação Cruzada (ρ_{DCCA})	27
3	Materiais e Métodos	28
3.1	Abordagem metodológica	28
3.2	Etapas da Pesquisa	28
3.3	Dados	31
4	Resultados e Discussões	37
4.1	Análise experimental	37
4.2	Resultados	37
5	Considerações Finais	50
5.1	Conclusões	50
5.2	Contribuições	51
5.3	Impactos da pesquisa	51
5.4	Atividades Futuras de Pesquisa	51
A	Documentos	52
	Referências	58

Lista de Tabelas

2.1	Taxas de prevalência de incapacidade para os limites de 40 e 50 derivados dos níveis de funcionamento de vários domínios em 59 países, por nível de renda, sexo, idade, local de residência e riqueza por país.	13
2.2	Número e distribuição de pessoas com 60 anos ou mais de idade por região, em 2017 e 2050.	16
2.3	Os efeitos das mudanças climáticas no transporte.	18
4.1	Coefficiente de correlação das 30 linhas de ônibus por ordem decrescente de correlação.	44

Lista de Figuras

2.1	Número de pessoas com 60 anos ou mais de idade por grupo de desenvolvimento, de 1980 a 2050.	15
2.2	Média anual dos números das manchas solares de Wolf de 1700 a 1994.	22
2.3	Divisão dos sinais integrados de R_k e R'_k em $N - n$ caixas (com superposição) de tamanho $n = 4$, cada um contendo $n + 1$ valores.	26
3.1	Fluxograma Metodológico com as Etapas da Pesquisa.	29
3.2	Série original com o número de passageiros PcD e Idosos do transporte de ônibus público da cidade de São Paulo/SP de janeiro de 2015 a dezembro de 2017 (valores diários).	32
3.3	Série original com o número de passageiros sem mobilidade reduzida do transporte de ônibus público da cidade de São Paulo/SP de janeiro de 2015 a dezembro de 2017 (valores diários).	33
3.4	Série original com o valor da Precipitação em (mm) da cidade de São Paulo/SP de janeiro de 2015 a dezembro de 2017 (valores diários).	34
3.5	Linhas de ônibus que saem do terminal de ônibus do metrô Santana (zona norte) para outras regiões.	35
3.6	Linhas de ônibus que saem do terminal de ônibus do metrô Santana (zona norte) para a mesma região (zona norte).	36
4.1	Número de passageiros do transporte de ônibus público - PcD e Idosos da cidade de São Paulo/SP de janeiro de 2015 a dezembro de 2017 (valores diários, exceto finais de semana e feriados).	38
4.2	Precipitação em (mm) da cidade de São Paulo/SP de janeiro de 2015 a dezembro de 2017 (valores diários, exceto finais de semana e feriados).	39
4.3	(DFA) do número de passageiros PcD e Idosos do transporte de ônibus público da cidade de São Paulo/SP de janeiro de 2015 a dezembro de 2017.	40
4.4	(DFA) da Precipitação da chuva (mm) da cidade de São Paulo/SP de janeiro de 2015 a dezembro de 2017.	41
4.5	Correlação cruzada entre o números de passageiros PcD e Idosos do transporte de ônibus público (das 30 linhas analisadas) e a Precipitação da chuva (mm) na cidade de São Paulo/SP de janeiro de 2015 a dezembro de 2017.	42
4.6	Gráfico Boxplot com tendência de correlação entre passageiros PcD e Idosos (Gratuidade) x demais passageiros (Pagantes).	46
4.7	Mapa com 20 linhas que circulam na região norte da cidade representada por níveis de correlação.	47
4.8	Mapa com 10 linhas que circulam em outras regiões da cidade representada por níveis de correlação.	48
4.9	Mapa com 7 linhas mais impactadas representada por níveis de correlação.	49
A.1	Cronograma do Mestrado.	53
A.2	Mapa Conceitual do Projeto de Pesquisa.	54
A.3	RhoDCCA de todas as linhas de ônibus analisadas.	55
A.4	RhoDCCA das 20 linhas de ônibus da região norte analisadas.	56
A.5	RhoDCCA das 10 linhas de ônibus fora da região norte analisadas.	57

Lista de Siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CPTM	Companhia Paulista de Trens Metropolitanos
DCCA	Detrended Cross-Correlation Analysis
DFA	Detrended Fluctuation Analysis
DUDH	Declaração Universal dos Direitos Humanos
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
MIR de SANTANA SP	Mirante de Santana SÃO PAULO
NBR	Normas Brasileiras
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
ONU-Habitat	Agência das Nações Unidas para as Cidades
OMM	Organização Meteorológica Mundial
PcD	Pessoas com Deficiência
SPTRANS	Secretaria Municipal de Mobilidade e Transportes
$\rho DCCA$	DCCA cross-correlation coefficient

Introdução

As áreas urbanas padecem por um contínuo crescimento, o qual castiga os sistemas urbanos (BIBRI; KROGSTIE, 2017), bem como os sistemas de transporte, que impacta diretamente a facilidade de deslocamento nas cidades urbanas (FORSEY, 2017). Muitos modelos, diretrizes, metodologias, sistemas, técnicas, são derivados de estudos acadêmicos a respeito da mobilidade urbana devido à sua relevância e importância no campo do desenvolvimento e planejamento urbano (TYRINOPOULOS; ANTONIOU, 2013). Esses esforços buscam por soluções de mobilidade nas estruturas urbanas a fim de reparar uma rápida evolução da urbanização nas cidades (BIBRI; KROGSTIE, 2017).

O transporte público é uma parte do ambiente urbano, bem como a primeira e última milha, com a constante necessidade de soluções de mobilidade para uma infraestrutura eficiente baseada na mobilidade que permite atender as necessidades de deslocamento e a inclusão da população ao sistema urbano (TYRINOPOULOS; ANTONIOU, 2013). Sendo assim, a realização de um ambiente em que a cidade apresente uma mobilidade com uma infraestrutura adequada, um transporte adaptável, soluções avançadas de mobilidade, sistemas de transporte inteligentes, possibilitam o desenvolvimento social, econômico e a problemática do crescimento desordenado nos centros urbanos. Ainda que a mobilidade urbana tenha sido tratada em diversos estudos e pesquisas, uma lacuna encontrada na literatura pauta a carência por uma sociedade inclusiva em relação à acessibilidade para todos os indivíduos (FORSEY, 2017).

Com toda essa constante transformação e evolução da sociedade urbana, a expectativa de vida da população corrobora com uma transição nas relações sociais no que diz respeito às faixas etárias (ORGANIZATION, 2017), visto que em 2015 havia mais de 900 milhões de pessoas acima dos 60 anos em todo o mundo, um número superior ao de crianças com até 5 anos de idade, no entanto estima-se que em 2050 o percentual dessa população passará de 12% para 22%. Com os Idosos acima dos 80 anos, em 2015, contou-se em média 125 milhões, e em 2050 estima-se que 120 milhões estarão apenas na China e 434 milhões no restante do mundo. Segundo o (ERVATTI; BORGES; JARDIM, 2015), a população de 2010 com 19,6 milhões de pessoas com 60 anos ou mais no Brasil, deve atingir o número de 41,5 milhões em 2030 e 73,5 milhões em 2060. Estima-se que em 2030 o Brasil disporá de mais Idosos que o número de crianças entre 0 e 14 anos de idade, ou seja, uma significativa mudança na pirâmide etária do país.

Outro dado relevante de transformação da sociedade está diretamente ligado às pessoas com deficiência (PcD). De acordo com a (ORGANIZATION et al., 2011) cerca de 1 bilhão da população mundial declarou ter algum tipo de deficiência, o que representa 1 em cada 7 pessoas no mundo, dessas 80% encontram-se em países em desenvolvimento, contudo a estimativa para

2050 aponta que esse número irá subir para 6,25 bilhões de pessoas. Enquanto que no Brasil, o último censo apresentou um número de 45,6 milhões de pessoas com algum tipo de deficiência, representando 23,9%, ou seja, aproximadamente $\frac{1}{4}$ da população brasileira (ESTATÍSTICA, 2010).

A acessibilidade tem um papel importante na sociedade e é um dos maiores desafios das grandes cidades (RIBEIRO, 2019). Entre outras atuações, fazem-se necessárias políticas públicas e desenvolvimento tecnológico do setor privado para alocar com eficiência recursos em setores que necessitam de atenção especial a fim de garantir a inclusão e disponibilidade de acesso aos diversos ambientes existentes em toda a cidade. Tendo em vista um vasto sistema complexo e altamente dinâmico em meio ao ambiente urbano, a mobilidade das pessoas com deficiência (PcD) e Idosos é dificultada uma vez que não lhe é oferecido a acessibilidade necessária para o alcance dos espaços públicos e privados, em especial ao acesso até as paradas do transporte público (DIN; KARIM; SARITHA, 2009). Este é um problema não trivial e, portanto, necessita estudos aprofundados para alocar os recursos onde realmente necessitam de investimentos.

A falta de acessibilidade para a inclusão desse grupo de pessoas na integração entre os diferentes modais de transporte e a incapacidade de alcance às estruturas urbanas, dificultam a mobilidade em espaços físicos bem como a sua primeira e última milha. Segundo (SHAHEEN; GUZMAN; ZHANG, 2010), a curta distância entre a residência e o transporte público ou estações do transporte público e o local de trabalho refere-se à primeira e última milha, que podem ser longe o bastante para caminhar. Pode-se considerar assim a jornada e o acesso até o transporte de ônibus público um problema proeminente da falta de acessibilidade e a não inserção de PcD e Idosos na sociedade. Para (RUSCHER et al., 2018) a primeira e última milha podem ser atendidas por veículos motorizados bem como carros, *scooters*, motos, bicicleta, ou ainda por trajeto a pé. Contudo, pouco se preocupou até o momento com a disponibilidade e acessibilidade desses modos de transporte para PcD e Idosos. Portanto, novas políticas bem como a integração de novos conceitos e novas tecnologias são necessárias.

Muitos estudos são observados no tocante às várias formas de medir a acessibilidade, no entanto uma lacuna pode ser observada com referência a análise da possibilidade da acessibilidade ser dificultada por fatores externos. O clima é capaz de impactar os sistemas de transporte público de várias maneiras, com potencial para reduzir o número de passageiros transportados (HOFMANN; O'MAHONY, 2005), e o elemento chuva é uma das condições climáticas que atingem diretamente à todos, sobretudo aos PcD e Idosos. De acordo com (O'FLAHERTY, 2018) a acessibilidade nos sistemas de transporte pode ser afetada por diferentes fatores, assim como as variações climáticas, que devem ser consideradas em análises de períodos curtos ou longos de acúmulo de dados para pesquisas. Desse modo, condições climáticas podem influenciar na insuficiência da alcançabilidade de PcD e Idosos ao transporte de ônibus público por meio de espaços físicos, primeira e última milha, motivada pela ocorrência da chuva.

Não basta ter veículos de transporte de passageiros acessível se a mobilidade nos espaços físicos de alcance ao transporte público apresentarem problemas de acessibilidade. O enfoque em perfazer o estudo na primeira e a última milha permite analisar as regiões que possuem a mobilidade mais impactada para o acesso de PcD e Idosos. Dentro do estudo dessa rede, encontra-se a necessidade do entendimento de uma determinada área do conhecimento da acessibilidade, a compreensão das condições da estrutura da primeira e última milha. De acordo com (NUSSENZVEIG, 1999) da ótica analítica, o comportamento das partes do sistema influencia o comportamento do outro, visto que são sistemas formados por muitas unidades simples e, portanto, interligadas entre si, tornando-o dinâmico e complexo, isto é, o estado em que se encontra a estrutura dos centros urbanos pode impactar diretamente a mobilidade das pessoas, principalmente dos PcD e Idosos por possuírem sua mobilidade reduzida.

Esse estudo permeia por propósitos que estão em consonância e estão concomitantes com dois dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU), que representam o interesse e empenho conduzidos pelas autoridades globais pondo em pauta a importância na questão da inclusão perante a sociedade, por meio da mobilidade e acessibilidade de PcD e Idosos. Dessa maneira, trata-se de uma temática de profunda relevância.

A meta 10.7, desses 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU), procura facilitar a implementação de políticas de migração planejadas e bem geridas, além da mobilidade ordenada, segura, regular e responsável dos cidadãos (CARVALHO, 2019). Ao mesmo tempo em que a Meta 11.2, tem como objetivo auferir o acesso a sistemas de transportes mais seguros, sustentáveis e de baixo custo para todos, e ainda expandir o transporte público e a segurança rodoviária, em atenção total as pessoas com mobilidade reduzida, bem como PcD, Idosos, mulheres e crianças (PEREIRA et al., 2019).

A partir dos pressupostos discorridos, o problema da pesquisa visa compreender a relação entre o impacto da chuva na quantidade de PcD e Idosos que utilizam o sistema de transporte de ônibus público, para a acessibilidade na primeira e última milha na cidade de São Paulo. Para tanto, levantou-se a hipótese de que as condições climáticas, com o efeito da chuva, provocam uma diferença no número de PcD e Idosos que utilizam o transporte de ônibus público na cidade de São Paulo.

A proposição apresenta uma relevância significativa de cunho social, político e econômico. Tendo em vista que consiste em uma temática pertinente e indispensável pela comissão organizadora da Agência das Nações Unidas para as Cidades (ONU-Habitat), com a campanha de mobilidade sustentável no intuito de promover a mudança de comportamento do cidadão e o desenvolvimento sustentável urbano, para a obtenção de cidades mais promissoras e inclusivas, expandindo o transporte público aos PcD e Idosos a fim de atestar a mobilidade e acessibilidade nas cidades e entre elas, pois a inclusão garante a segurança e integridade física dessas pessoas, assegurando assim o direito de ir e vir, e ainda de usufruir os mesmos ambientes que uma pessoa sem

necessidade especial possui (SILVA, 2018), (CARVALHO, 2019), (PEREIRA et al., 2019).

Por esses motivos é pertinente o estudo científico, por meio de métodos estatísticos com a utilização de dados que estão disponibilizados em base de dados públicos para este fim. Dessa forma, torna-se possível viabilizar aos gestores públicos e privados uma orientação a respeito da compreensão do ponto de partida para aplicar soluções de mobilidade ao público de PcD e Idosos.

O objetivo geral é realizar um estudo de correlação, utilizando as séries temporais de passageiros com gratuidade (PcD e Idosos) e precipitação da chuva, da cidade de São Paulo, objetivando oferecer parâmetros para futuros estudos no campo da mobilidade.

Os objetivos específicos são:

- Explorar os dados em banco de dados do transporte de ônibus público e do sistema climático;
- Analisar padrões consistentes e prospectar os dados para estruturar as informações;
- Determinar a correlação por meio da análise dos co-movimentos entre as séries temporais;
- Apresentar os resultados que podem sugerir as regiões com maiores dificuldade de acesso na primeira e última milha de PcD e Idosos que utilizam o transporte de ônibus público.

Com o intuito de alcançar este propósito, este documento apresenta cinco capítulos e está estruturado da seguinte forma:

- **Capítulo 1 - Introdução:** O primeiro capítulo consiste na motivação e contextualização da pesquisa de mestrado. Apresenta, portanto, a definição do problema, a justificativa e os objetivos geral e específicos;
- **Capítulo 2 - Fundamentação teórica:** Nesse capítulo é apresentado o Estado da Arte a respeito dos temas relevantes e embasadores da pesquisa em questão;
- **Capítulo 3 - Materiais e Métodos:** No terceiro capítulo aborda-se os conceitos relevantes dos modelos utilizados para séries temporais, bem como os modelos de análise de correlação cruzada aplicados na pesquisa;
- **Capítulo 4 - Resultados e discussões:** Trata-se do capítulo que apresenta os resultados encontrados e as discussões para responder a questão focal e a constatação da hipótese levantada no primeiro capítulo;
- **Capítulo 5 - Considerações Finais:** Apresenta as considerações finais a respeito dos resultados encontrados, contribuições da pesquisa e possíveis sugestões de trabalhos de pesquisa a serem desenvolvidas no futuro.

Fundamentação teórica

2.1 Mobilidade Urbana

Um dos mais soberanos desafios enfrentados pelos grandes centros urbanos brasileiros diz respeito à mobilidade urbana que precisa tanto garantir a eficiência econômica como também o bem-estar e conforto de toda a sua população (PIRES; PIRES, 2016). Em diversos estudos são apontados os trajetos em que as pessoas realizam a pé como um dos mais importantes, e que apresentam um crescimento gradativo. As calçadas, ruas e praças têm de possibilitar rotas seguras acessíveis e agradáveis com o intuito de garantir os direitos dos cidadãos em ir e vir e, portanto, o bom funcionamento da cidade. Assegurar essa mobilidade nos centros urbanos é extremamente relevante em especial para as pessoas que apresentam limitações na mobilidade bem como pessoas com deficiência (PcD) e Idosos (RIBEIRO, 2019).

A mobilidade pode ser estimulada de acordo com o planejamento e incentivo promovido na acessibilidade, esta deve servir de ferramenta eficiente à motricidade, para então assegurar a qualidade do ato de movimentar-se (MELLO; PORTUGAL, 2017). Portanto, a elaboração de um plano diretriz de proveito do transporte e do solo é essencial mediante a condição de preparação da acessibilidade (CASCETTA; CARTENÌ; MONTANINO, 2013). Pois, as atividades do cotidiano urbano podem ser facilitadas com um determinado nível de alcance a dadas origens ou, ainda, por quaisquer cidadãos de acordo com determinada localidade (LITMAN, 2017; LEVINSON, 2012).

Segundo (RIBEIRO, 2019), a mobilidade urbana está diretamente ligada à acessibilidade, elas se complementam, enquanto que o deslocamento e a circulação são determinados pela mobilidade nas cidades. A possibilidade de alcance dos locais públicos e privados são de cunho da acessibilidade via veículo particular, transporte público ou até mesmo a pé. O acesso a esses espaços deve ser favorecido e disponibilizado pelas cidades bem como a mobilidade e, portanto, a comunicação entre elas.

A política Nacional de Mobilidade Urbana assegura os princípios, objetivos e diretrizes estabelecidos pela Lei Federal 12.587, de 3 de janeiro de 2012, com o propósito de afirmar uma melhor acessibilidade e mobilidade nos municípios, não somente no espaço geográfico, mas também em modais de transporte, para normatizar e regulamentar os serviços de mobilidade urbana, além de fixar à gestão as normas de planejamento (PIRES; PIRES, 2016).

Para (PIRES; PIRES, 2016), garantir a melhor condição de acesso às conveniências e aos bens, e

ainda entender como o sistema se organiza na ocupação e na disposição do uso das cidades é reflexionar-se sobre a mobilidade urbana. Enquanto que (SILVA, 2009) compreende a mobilidade urbana como atributo das cidades de forma sistêmica, ou seja, uma ferramenta de planejamento muito além de indicadores de capacidades individuais, mas também a facilidade ou a condição de se realizar deslocamentos de pessoas ou coisas que está fortemente ligado com o estado do conjunto viário, o trânsito e os meios de transporte em geral.

Todos os grupos devem ser considerados em um tema de fundamental importância, bem como o da mobilidade urbana. Para (RIBEIRO, 2019), os grupos característicos que integram a mobilidade urbana são os motoristas, ciclistas, pedestres, passageiros do transporte público e pessoas com deficiência em geral. Nota-se uma relação de uso dos espaços diferentemente dos séculos passados para os dias de hoje, como por exemplo, as ruas serem estreitas em regiões de centros históricos, pois eram espaços que atendiam as necessidades da época. Contudo, muita coisa foi mantida e os meios de locomoção nas cidades também, no entanto essas condições não satisfazem as necessidades atuais, as distâncias a serem percorridas eram reduzidas, o uso do solo era diferente, a quantidade de pessoas era menor. Segundo (RIBEIRO, 2019), o uso do transporte público está diretamente ligado à maneira como os indivíduos se relacionam com o meio em que vivem. Isso explica que a mobilidade na cidade, além das condições de deslocamento e dos meios de transporte, aborda também as relações entre o meio e os indivíduos, ou o meio e as coisas. Por conseguinte, é de suma importância entender as questões culturais e históricas da comunidade.

No Brasil, o desenvolvimento urbano se expandiu em um processo acelerado que teve início em 1950 com um sistema de urbanização horizontal. Isso significa que as cidades se amplificaram pelo território de forma a se estenderem horizontalmente, demandando uma estrutura de serviços urbanos, como o transporte, de maneira muito rápida. Com 82% da população brasileira nos centros urbanos, novos bairros foram criados com esse intuito de atender as necessidades crescentes da urbanização acelerada, causando deslocamentos e, por consequência, periferias com conjuntos habitacionais para a população de baixa renda. Essa demanda e então a dilatação dos territórios urbanos caracterizou um aumento nas distâncias a serem percorridas dentro dos grandes centros urbanos, dificultando o sistema de transporte e toda a infraestrutura das cidades que não acompanharam o crescimento, assim verifica-se a deficiência nas condições físicas das calçadas e dos acessos das cidades brasileiras (RIBEIRO, 2019).

A razão para a necessidade de garantir essas condições de direito à cidade e à mobilidade, deve-se ao Estatuto da Cidade que estabelece normas de ordem pública e interesse social, colocando em pauta o planejamento urbano para atender a demanda de crescimento com regulamentação das infraestruturas e dos serviços públicos indispensáveis ao atendimento da nova demanda. O plano-diretriz deve atestar o deslocamento dos cidadãos e dos bens determinados pela localização das atividades no espaço urbano (ROLNIK; PINHEIRO et al., 2004).

Portanto, os Ministérios responsáveis pela Lei (CIDADE, 2001) asseguram no regimento os planos nacionais, regionais e estaduais de ordenação do território e de desenvolvimento econômico e social, além do planejamento das regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões e do planejamento municipal. Apesar de diretrizes que regulam o trânsito e planos para sua ordenação, ainda é alto o índice de acidentes e estes, por consequência, podem impactar na mobilidade do indivíduo acidentado, de acordo com o (ORGANIZATION, 2015), em 2016, 41.007 pessoas foram mortas em acidentes de trânsito, sendo 31% motociclistas, 18% pedestres e 3% ciclistas.

2.2 Acessibilidade

Um dos maiores obstáculos da acessibilidade é sustentar a igualdade para PcD em qualquer circunstância, uma vez que essa conscientização esbarra no viés da complexidade do sistema, combinando os fatores individuais e ambientais. Contudo, nota-se um alinhamento global sobre essas questões, haja vista o manifesto no Artigo 1º da Convenção das Nações Unidas sobre os Direitos das Pessoas com Deficiências por meio da declaração:

Reconhecendo que a deficiência é um conceito em evolução e que a deficiência resulta da interação entre pessoas com deficiências e barreiras atitudinais e ambientais que dificultam sua participação plena e efetiva na sociedade em igualdade de condições com os demais (NATIONS, 2006).

O Decreto 5.296, de 2004, que instituiu as Leis de Acessibilidade aos serviços de transporte coletivo (Leis 10.048 e 10.098, de 2000), considera os PcD ou pessoas com mobilidade reduzida, porém não cita os Idosos. Contudo, conceitua não só os serviços de transporte coletivo terrestre, aquaviário e aéreo, como também os atributos de veículos, terminais, estações, pontos de parada, vias principais, acessos e operação. Assim, o Estatuto do Idoso, Lei no 10.741, de 2003, não referencia a temática da acessibilidade dos meios de transporte público, pois o foco é evidenciado no quesito garantia da gratuidade para Idosos no transporte coletivo urbano, e a prioridade e segurança no embarque e desembarque. Além disso, afirma o interesse em separar os 5% das vagas em estacionamentos de estabelecimentos públicos e privados para tal público (PINHEIRO; SOUZA, 2017).

Encontram-se frequentemente áreas públicas com impasses na acessibilidade, bem como trajetos inseguros, passeios estreitos (ou inexistentes), percursos íngremes, pedestres se deparam com degraus e disputam espaço com automóveis. Muitas dessas dificuldades são constatadas em áreas de lazer de centros urbanos e históricos como, por exemplo, sítios mineradores de Minas Gerais e Goiás, Salvador e Olinda (RIBEIRO, 2019).

O termo acessibilidade é muito comum de ser utilizado, porém sua definição não é tão trivial quanto parece. A acessibilidade pode apresentar diversas concepções, como por exemplo, a medida de proximidade entre origem e destino, ou vice-versa. A acessibilidade pode ser entendida pela capacidade de ser alcançado (INGRAM, 1971).

A autonomia nos deslocamentos desejados, respeitando a legislação do Inciso III do Art. 4º da Lei nº 12.587/12, está diretamente relacionada com a facilidade disponibilizada, através da acessibilidade. Ou seja, ela pode ser compreendida pela possibilidade de se alcançar, os destinos desejados na cidade, os espaços urbanos, com autonomia e segurança, sem a necessidade de enfrentar obstáculos (PEREIRA, 2013).

A acessibilidade não diz respeito somente à condição de alcance para utilização de edificações, espaços, mobiliários e equipamentos urbanos, mas também a prática que abrange todos os aspectos da vida em sociedade, bem como o uso da moradia, saúde, trabalho, educação, cultura, lazer. Do ponto de vista social, constitui no direito ao acesso a bens e serviços para que se tenha qualidade de vida (PEREIRA, 2013).

Apesar da dificuldade em encontrar um conceito verdadeiro de acessibilidade, ela está relacionada à capacidade de um sistema de transporte, fornecer baixo custo e/ou método rápido de superação de distância entre diferentes locais (INGRAM, 1971).

Como bem referiu (INGRAM, 1971), a expressão acessibilidade é vastamente utilizada como parâmetro para aumento das cidades, localização e função das instalações necessárias e, por fim, a composição referente ao uso da terra. Essa é uma ideia frequentemente empregada em geografia humana, e aprofundada em geografia urbana. Enquanto que, pensar em variações no que diz respeito ao grau de acessibilidade, é ponderar as alterações de densidade populacional e valores da terra.

Portanto, do ponto de vista da conveniência e utilidade do meio, é substancial eliminar barreiras e adotar medidas encontradas para a complacência no acesso aos espaços, bem como o desenho universal, o qual, oferece acessibilidade no ambiente físico das cidades, ou seja, garante o respeito às diferenças entre as pessoas, com a possibilidade de projetar espaços para todos os usuários. Desse modo, deve-se levar em consideração projetos no âmbito da inserção de soluções de caráter universal, considerando as guias rebaixadas e rampas nas travessias, em substituição a degraus, calçadas com larguras adequadas para atender aos que carregam carrinhos de bebê ou, ainda, de compras e as pessoas com deficiência e restrição de mobilidade, bem como os Idosos (RIBEIRO, 2019).

Em alguns casos, é necessária atenção especial no que se refere ao projeto geográfico dos espaços, assim como o uso de pisos táteis ou piso diferenciado para inclusão de deficientes visuais, ou ainda algum tipo de ajuda técnica que poderá auxiliar nos obstáculos pontuais, que com um

projeto universal apenas, não será possível atender às necessidades de mobilidade, constituídas pela multipluralidade das pessoas (RIBEIRO, 2019).

Essas ajudas podem ser classificadas por alguns tipos de equipamentos, tecnologia desenvolvida para adaptação, instrumentos de auxílio às atividades e até mesmo produtos indispensáveis para melhorar às habilidades de pessoas com deficiência ou com sua mobilidade restrita. São fundamentais essas oportunidades que suplementam a mobilidade em diferentes perspectivas, pois colaboram para a independência parcial ou total de cada indivíduo e, portanto, favorecem a inclusão através do acesso em espaços físicos, na comunicação, em produtos e serviços como um todo (ACESSÍVEL, 2006).

No âmbito do desenho universal, é suposto que o projeto contribua para o público macro, ou seja, que atenda tanto as necessidades humanas, sem restrições de mobilidade, como também às pessoas com deficiência, Idosos, crianças e pessoas com um breve período de restrição na mobilidade. Mediante o exposto, o intuito do desenho universal é de não apenas garantir a acessibilidade, como também proporcionar a segurança, conveniência e satisfação no uso dos espaços por todas as pessoas. Para tanto os sete princípios do desenho universal sustentam a proposição de seus objetivos (ACESSÍVEL, 2006).

De acordo com (ACESSÍVEL, 2006), os sete princípios básicos do desenho universal podem ser classificados como:

- 1 - Uso análogo – cada componente deve atender às necessidades dos indivíduos e serem comercializável às pessoas com habilidades limitadas;
- 2 - Uso versátil – componentes que auxiliem uma grande maioria da diversidade dos indivíduos, preferências e habilidades;
- 3 - Uso axiomático e descomplicado – deve ser simples e prático do ponto de vista de uso, para que seja compreensível por qualquer pessoa, independente de idioma, experiência, nível de formação, ou até mesmo capacidade de concentração de cada usuário;
- 4 - Conteúdo explícito – as informações devem estar à disposição dos usuários, bem como a comunicação que deve ser eficaz, não dependendo de sua capacidade sensorial ou de condições ambientais;
- 5 - Transigência ao erro – as implicações adversas de ações involuntárias ou imprevistas e o risco devem ser minimizados;
- 6 - Redução do empenho físico – cada elemento deve trabalhar de forma eficiente e confortável, sem que seja utilizado muito esforço físico;

7 - Dimensão e área para aproximação e uso – independente de tamanho, postura ou mobilidade do usuário, cada elemento deve conceder tamanho e espaços adequados para manipulação, interação, alcance, e uso.

Algumas normas são necessárias para garantir a fidelidade na disponibilidade de espaços que atendam a multipluralidade, ou seja, atender as diferenças de todos os indivíduos tendo eles mobilidade reduzida ou não. Portanto, elas existem para que se adote, como por exemplo, os preceitos de desenho universal.

A Norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT NBR 9050/04 – Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos (ABNT, 2004) é uma das normas que atende aos preceitos citados anteriormente.

Com o objetivo de estabelecer padrões e critérios com o propósito de propiciar às pessoas com deficiência autonomia e segurança adequada de acessibilidade a espaços, equipamentos urbanos, edificações e mobiliário, a Norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT NBR 9050/04 se aplica a novos projetos e adaptações em caráter provisório ou permanente. Vale lembrar que ela caracteriza os diferentes tipos de deficiências considerados durante o processo de planejamento e implementação do projeto (ABNT, 2004).

Uma vez que a acessibilidade é a materialização de um direito, o direito à igualdade, que foi estabelecido na Declaração Universal dos Direitos Humanos (DUDH), anunciado pela ONU em 1948, e na Constituição Federal de 1988, não é apenas um tema de interesse às pessoas com mobilidade reduzida, como também de interesse de todos, pois além de se configurar como uma questão técnica é também uma questão do âmbito social, ou seja, de direito ao acesso e uso da cidade como um todo, considerando que qualquer indivíduo está suscetível a encontrar-se com dificuldade de locomoção em algum momento da vida (RIBEIRO, 2019).

É conveniente salientar que o cerne do conceito da acessibilidade diz respeito ao planejamento dos espaços geográficos da cidade, e não apenas em eliminar barreiras, buscando adaptar o que já existe. Trata-se de levar em consideração o direito das pessoas de ter acesso aos espaços urbanos com conforto, segurança e autonomia independentemente de sua condição de mobilidade (RIBEIRO, 2019).

Para (SANTOS; NUNES, 2003), a verdadeira inclusão seria possível no campo da acessibilidade, quando não somente a distribuição ponderada dos equipamentos urbanos, como também o reconhecimento dessa desigualdade, em termos das deficiências e condições que geram a dificuldade na mobilidade, fossem efetivos. Diante dessa exposição, declara a seguinte expressão:

Temos o direito de ser iguais quando a nossa diferença nos inferioriza; temos o direito de ser diferentes quando a igualdade nos descaracteriza. Daí a necessidade de uma

igualdade que reconheça as diferenças e de uma diferença que não produza, alimento ou reproduza as desigualdades (SANTOS; NUNES, 2003).

Contudo, reconhecer os obstáculos da acessibilidade é apenas o início para sanar os problemas da mobilidade. De acordo com os sete princípios do desenho universal, deve-se levar em consideração, projetos de caráter universal para atender não só o acesso aos espaços, como mencionado nas Leis de acessibilidade, como também garantir o respeito às diferenças, do ponto de vista social (NATIONS, 2006), (PINHEIRO; SOUZA, 2017), (ACESSÍVEL, 2006), (RIBEIRO, 2019), (PEREIRA, 2013).

2.2.1 Pessoas com deficiência e Idosos

Quase todos os indivíduos estarão fadados à deficiência, ou ao menos parcialmente dela, pois essa é uma condição humana que nos leva a ficar temporariamente ou permanentemente afetado em algum momento da vida, em especial aos que chegam à fase idosa, pois nessa etapa as dificuldades das funcionalidades serão mais frequentes, contudo muitos são cuidados e apoiados por seus familiares (MISHRA; GUPTA, 2006).

A situação da demografia dos PcD será mais aguda à medida que a pirâmide etária passa por um processo de transformação absorvendo ainda mais uma quantidade de pessoas com mais idade. Existe, portanto, uma questão política e moral de inclusão e apoio a esse grupo de pessoas com deficiência (LEE, 2003).

Historicamente, o tópico relacionado à deficiência está em constante transformação, esse quadro de mudança inicia-se na década de 1970 (CAMPBELL; OLIVER, 2013), (CHARLTON, 2000), com a necessidade de auto-organização devido ao questionamento acerca dos direitos humanos (QUINN; DEGENER, 2002).

Por muito tempo as pessoas com deficiência têm sido colocadas em uma condição de incapacidade por fatores ambientais e de limitação do seu corpo, no entanto não sendo reconhecidas com uma circunstância de disfunção na saúde, o que as coloca em uma posição de segregação com soluções excludentes (PARMENTER, 2008). Algumas iniciativas estão sendo tomadas para a transfiguração e garantia de igualdade baseada nos direitos humanos das pessoas com deficiência, pautadas em 2006 com a adoção da Convenção das Nações Unidas sobre os Direitos da Pessoa com Deficiência (ORGANIZATION et al., 2011).

Para orientar a implementação dos direitos da pessoa com deficiência adotada pela convenção das Nações Unidas, o relatório mundial sobre a deficiência fornece evidências e relaciona as circunstâncias de pessoas com deficiência em todo o mundo, para a promoção de sua participação social em todas as áreas de interação na sociedade (ORGANIZATION et al., 2011).

No Brasil, pessoas com deficiência (PcD) são definidas pelo Decreto nº 6.949, de 25 de agosto de 2009, promulgado pelo Art. 1º da Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência, como pessoas que enfrentam dificuldades de natureza física, mental, intelectual ou sensorial em longo prazo, as quais podem restringir integralmente ou parte da sua participação na sociedade, em contato com diversas barreiras, em condições de equidade com as demais pessoas (RIBEIRO, 2019).

O termo deficiência não é trivial, trata-se de um assunto tanto quanto complexo, dinâmico, multidimensional e contestado (CHARLTON, 2000). De acordo com (OLIVER, 1990), (BARNES, 1991), (MCCONACHIE et al., 2006) a transformação de perspectiva reproduz o modelo das pessoas com deficiência em uma visão de incapacidade da estrutura física individual para uma insuficiência social. Essa alteração de entendimento a cerca da deficiência, transfere um paradigma de cunho médico para cunho social. Tal discussão, realizada por cientistas da área da saúde e das ciências sociais, reconhece o problema da deficiência como uma barreira social e física das cidades e não do indivíduo.

No entanto, (THOMAS, 1999), (SHAKESPEARE, 2008), (FORSYTH et al., 2007) dizem que é preciso equiponderar a abordagem de aspecto da deficiência, por hora pode ser experimentada em decorrência de problemas de sua condição física, o que difere de um ponto de vista tão somente médico. Portanto, o cuidado com a abordagem equilibrada nem exclusivamente social nem exclusivamente médica deve ser apropriado.

A Tabela 2.1 mostra o resultado da Pesquisa Mundial de Saúde, uma pesquisa domiciliar presencial entre os anos de 2002 e 2004, com uma estimativa global de prevalência de incapacidade. O questionário abrangeu a saúde de indivíduos em vários domínios (ÜSTÜN et al., 2003).

A pesquisa foi realizada em cerca de 70 países, dos quais 59 países que possuíam dados sensatos foram expostos na pesquisa uma vez que representam 64% da população mundial. Os países da pesquisa foram escolhidos com base em várias considerações (ÜSTÜN et al., 2003), a saber:

- A necessidade de preencher lacunas de dados nas regiões geográficas onde os dados eram mais ausentes, como na África Subsaariana;
- Uma expansão de países que incluiriam países de alta, média e baixa renda, com foco em países de baixa e média renda;
- Inclusão de países com grandes populações adultas.

As perguntas sobre as dificuldades de funcionamento eram referente à: nenhuma dificuldade, dificuldade leve, dificuldade moderada, dificuldade grave e dificuldade extrema, com um escore calculado, composto de incapacidade, entre 0 a 100, onde 0 representava "ausência de incapa-

cidade", e 100 "incapacidade completa". No entanto, um limite de 40 na escala de 0 a 100 foi definido para incluir nas estimativas de incapacidade as pessoas que enfrentam dificuldades significativas e foi estabelecido um limiar de 50 para estimar a prevalência de pessoas com dificuldades muito significativas (ORGANIZATION et al., 2011).

Tabela 2.1: Taxas de prevalência de incapacidade para os limites de 40 e 50 derivados dos níveis de funcionamento de vários domínios em 59 países, por nível de renda, sexo, idade, local de residência e riqueza por país.

Subgrupo Populacional	Limiar dos 40			Limiar dos 50		
	países de renda mais alta (erro padrão)	países de baixa renda (erro padrão)	todos os países (erro padrão)	países de renda mais alta (erro padrão)	países de baixa renda (erro padrão)	todos os países (erro padrão)
Sexo						
Masculino	9.1 (0.32)	13.8 (0.22)	12.0 (0.18)	1.0 (0.09)	1.7 (0.07)	1.4 (0.06)
Feminino	6.4 (0.27)	10.4 (0.20)	8.9 (0.16)	0.5 (0.06)	0.8 (0.04)	0.7 (0.03)
Faixas etárias						
18-49	6.4 (0.27)	10.4 (0.20)	8.9 (0.16)	0.5 (0.06)	0.8 (0.04)	0.7 (0.03)
50-59	15.9 (0.63)	23.4 (0.48)	20.6 (0.38)	1.7 (0.23)	2.7 (0.19)	2.4 (0.14)
60 ou mais	29.5 (0.66)	43.4 (0.47)	38.1 (0.38)	4.4 (0.25)	9.1 (0.27)	7.4 (0.19)
Local de Residência						
Urbano	11.3 (0.29)	16.5 (0.25)	14.6 (0.19)	1.2 (0.08)	2.2 (0.09)	2.0 (0.07)
Rural	12.3 (0.34)	18.6 (0.24)	16.4 (0.19)	1.7 (0.13)	2.6 (0.08)	2.3 (0.07)
Nível de riqueza						
Q1(mais pobre)	17.6 (0.58)	22.4 (0.36)	20.7 (0.31)	2.4 (0.22)	3.6 (0.13)	3.2 (0.11)
Q2	13.2 (0.46)	19.7 (0.31)	17.4 (0.25)	1.8 (0.19)	2.5 (0.11)	2.3 (0.10)
Q3	11.6 (0.44)	18.3 (0.30)	15.9 (0.25)	1.1 (0.14)	2.1 (0.11)	1.8 (0.09)
Q4	8.8 (0.36)	16.2 (0.27)	13.6 (0.22)	0.8 (0.08)	2.3 (0.11)	1.7 (0.08)
Q5(mais rico)	6.5 (0.35)	13.3 (0.25)	11.0 (0.20)	0.5 (0.07)	1.6 (0.09)	1.2 (0.07)
Total	11.8 (0.24)	18.0 (0.19)	15.6 (0.15)	2.0 (0.13)	2.3 (0.09)	2.2 (0.07)

Fonte: Adaptado de (ORGANIZATION et al., 2011).

A pesquisa mostra alguns resultados interessantes, de acordo com a Tabela 2.1. (ORGANIZATION et al., 2011), as taxas médias de prevalência de incapacidade são de 15,6% (cerca de 650

milhões de pessoas dos estimados e 4,2 bilhões de adultos com 18 anos ou mais em 2004) para os 59 países pesquisados, com uma diferença de 11,8% nos países de alta renda e 18,0% nos países de baixa renda. Enquanto que a taxa média de prevalência para adultos com dificuldades muito significativas foi estimada em 2,2% ou cerca de 92 milhões de pessoas em 2004.

Se os números de prevalência são extrapolados para cobrir adultos com 15 anos ou mais, cerca de 720 milhões de pessoas têm dificuldades de movimento, e cerca de 100 milhões enfrentam dificuldades muito significativas. A prevalência de incapacidade nos países de baixa renda entre as pessoas com 60 anos ou mais, por exemplo, foi de 43,4%, em comparação com 29,5% nos países de alta renda ([ORGANIZATION et al., 2011](#)).

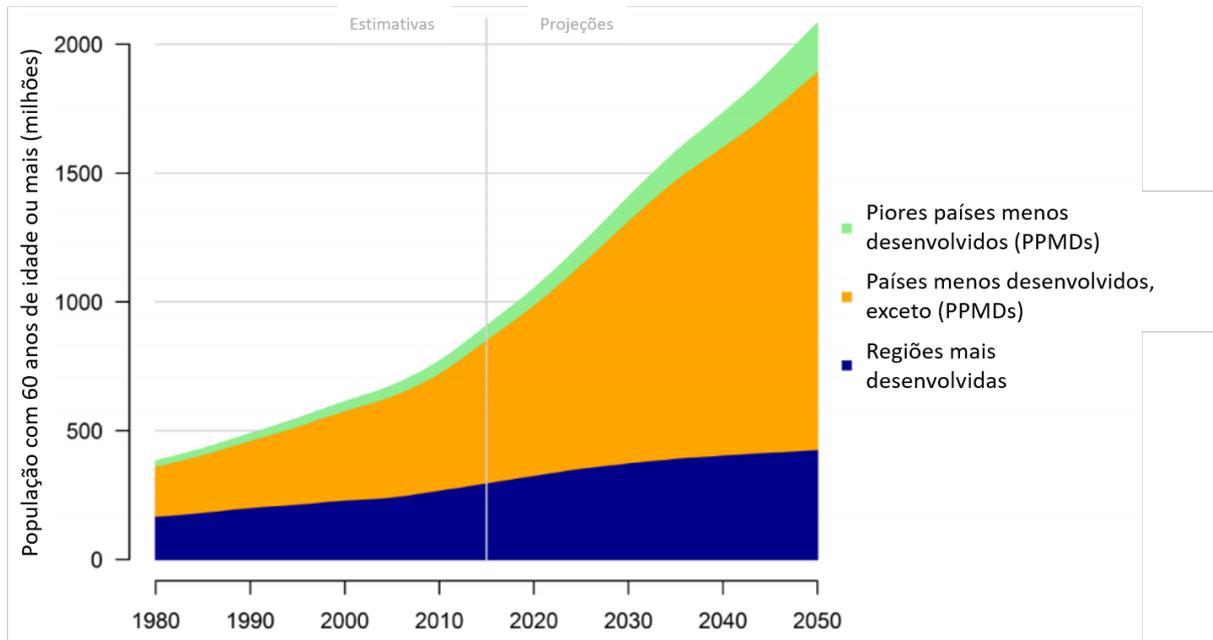
A população idosa no mundo está em constante mudança e crescimento, esse grupo está em desenvolvimento crescente em quase todos os países, e essa transformação implica em necessidades de adaptação para quase todos os setores, seja ele demandada por bens e serviços como moradia, transporte e proteção social, mercados de trabalho e financeiros, bem como estruturas familiares e laços intergeracionais ([NATIONS; AFFAIRS, 2017](#)).

Estar preparado para essa mudança é, portanto, estar comprometido em cumprir com o compromisso da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. A vertente do envelhecimento populacional é essencialmente relevante para com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) diretamente ligado à redução da desigualdade dentro e entre países, e promoção pacífica e inclusiva, emprego e assentamentos humanos sustentáveis, igualdade de gênero, erradicação da pobreza, promoção da saúde ([NATIONS; AFFAIRS, 2017](#)).

A cada ano, sente-se a necessidade de planejamento e de políticas públicas direcionadas às pessoas idosas, pois a população está envelhecendo mais e com diversas deficiências, bem como para assistência médica, infraestrutura e proteção social, habitação, emprego, entre outras ([NATIONS; AFFAIRS, 2017](#)).

A Figura 2.1 mostra uma crescente parcela da população mais velha nas regiões em desenvolvimento de forma muito mais rápida do que nas regiões desenvolvidas.

Figura 2.1: Número de pessoas com 60 anos ou mais de idade por grupo de desenvolvimento, de 1980 a 2050.



Fonte: Adaptado de (NATIONS; AFFAIRS, 2017).

Em 2017, a população global com 60 anos ou mais atingiu 962 milhões, conforme Tabela 2.2. Isso é mais que o dobro da população de 1980, quando havia 382 milhões de Idosos em todo o mundo. A previsão para 2050 é de que o número de Idosos volte a dobrar, quando se projeta atingir quase 2,1 bilhões, conforme Figura 2.1 (NATIONS; AFFAIRS, 2017).

Diante das seis principais regiões geográficas analisadas, estima-se que a população idosa cresce mais lentamente na Europa, com um aumento projetado de 35% entre 2017 e 2050, de acordo com a Tabela 2.2.

Tabela 2.2: Número e distribuição de pessoas com 60 anos ou mais de idade por região, em 2017 e 2050.

	número de pessoas com 60 anos ou mais em 2017 (milhões)	número de pessoas com 60 anos ou mais em 2050 (milhões)	variação percentual entre 2017 e 2050	Distribuição dos idosos em 2017 (porcentagem)	Distribuição dos idosos em 2050 (porcentagem)
Mundo	962.3	2080.5	116.2	100.0	100.0
Africa	68.7	225.8	228.5	7.1	10.9
Asia	549.2	1273.2	131.8	57.1	61.2
Europa	183.0	247.2	35.1	19.0	11.9
América do Norte	78.4	122.8	56.7	8.1	5.9
América Latina e Caribe	76.0	198.2	160.7	7.9	9.5
Oceânia	6.9	13.3	92.6	0.7	0.6

Fonte: Adaptado de (NATIONS; AFFAIRS, 2017).

2.3 Climatologia

De acordo com (MCCARTHY et al., 2001), diversos estudos salientaram a observação nos potenciais impactos das mudanças climáticas em todos os tipos de sistemas naturais e sociais nas últimas duas décadas.

O século XXI denotou o quanto explícito se tornaram as mudanças climáticas (SOLOMON et al., 2007) e tornaram-se indiscutível a questão dominante de nosso tempo. Potencialmente, todos os sistemas naturais e humanos correm o risco de serem afetados pelas mudanças provocadas por um novo regime climático (PARRY et al., 2007).

Para (KOETSE; RIETVELD, 2009), condições climáticas adversas e extremas influenciam no desempenho dos sistemas de transporte em geral. No entanto, as áreas mais povoadas sofrem mais esse impacto no sistema de transporte, pois uma reação em cadeia pode ser estimulada por um único evento climático.

2.3.1 *Clima e o transporte Público*

Segundo (CARTER et al., 1994), com o intuito de mitigar a inatividade nas políticas, identificaram-se, desde 1994, possíveis impactos das mudanças climáticas através de avaliações que originaram um guia sobre o que adaptar e como adaptar. Trata-se de um método formal de avaliação de impacto, destacando os prováveis custos em setores como o da agricultura e energia.

No entanto, algumas outras necessidades levaram a considerar outras áreas complexas, como o sistema de transporte, cuja sensibilidade é um produto das flutuações diárias, portanto considerando os eventos meteorológicos. (FÜSSEL; KLEIN, 2006) postulou novos marcos teóricos que pondera a mudança socioeconômica, buscando uma maior compreensão dos impactos em setores complexos, como o transporte.

Em seu artigo (JAROSZWESKI; CHAPMAN; PETTS, 2010), mostram um exemplo do impacto do clima no transporte que motivou um singular evento no Reino Unido, chamado de "quinta-feira do vento", o qual, por meio de fortes ventos, tombou quase 50 veículos de transporte de bens causando um prejuízo estimado em 50 milhões de libras, esse evento ocorreu em 18 de janeiro de 2007. A eficiência da operação dos modais de transporte como o rodoviário, ferroviário e aquático, está constantemente sujeita a riscos meteorológicos (THORNES, 1992) que podem causar diversos danos aos usuários, bem como ferimentos e mortes, por esses motivos a importância de considerar os efeitos climáticos para tornar os meios de transporte de bens e de pessoas, o mais eficiente possível (EDWARDS, 1998). Essas ameaças podem ser causadas não apenas por meio do vento, como visto no chamado de "quinta-feira do vento" (BAKER, 1993), como também através do impacto da chuva (CHANGNON, 1996); (ANDREY et al., 2003), das altas temperaturas (CHAPMAN; THORNES; WHITE, 2006); (DOBNEY et al., 2009), do gelo e da neve (CHAPMAN; THORNES, 2006).

O Programa de Impactos sobre Mudanças Climáticas e o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, são organizações de mudanças climáticas do Reino Unido que consideram os efeitos climáticos ao projetar os transportes novos ou adaptar os atuais (PARRY et al., 2007); (WALSH et al., 2007). É tão importante a avaliação do impacto das mudanças climáticas acerca do sistema de transporte que alguns estudos destacam a diversidade dos impactos em vários modais de transporte, Tabela 2.3.

De acordo com (TOL, 1998), modelos estatísticos empíricos ou modelos baseados em processos podem contribuir com a avaliação de impacto de mudanças climáticas na área do transporte estabelecendo a relação entre a expressividade de um determinado padrão meteorológico e as taxas de interrupção causadas no transporte.

Tabela 2.3: Os efeitos das mudanças climáticas no transporte.

Aumento do número de dias quentes	<ol style="list-style-type: none">1. Aumento da carga térmica em pavimentos de estradas<ol style="list-style-type: none">(a) Derretimento do asfalto(b) Irregularidade na estrada(c) Expansão / flexão de pontes(d) Maior número de explosões de pneus2. Maior flexão ferroviária3. Maior exaustão de calor da equipe de manutenção e operações4. Efeitos de altitudes de maior densidade na aviação<ol style="list-style-type: none">(a) Redução da eficiência de combustão do motor(b) É necessário um maior comprimento da pista
-----------------------------------	--

Continua na próxima página

Tabela 2.3 – Continuação

<p>Diminuição do número de dias frios</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Redução dos custos de manutenção de inverno para transporte rodoviário e ferroviário 2. Melhores condições de trabalho para o pessoal em ambientes frios 3. Problemas subsuperficial de solo que permanece congelado ao longo do ano: <ol style="list-style-type: none"> (a) Falta de confiança em estradas congeladas (b) Problemas de infraestrutura causados devido à fluidez do líquido quando a camada descongela (c) Maior sedimentação e deslizamentos de terra em encostas e aterros 4. Efeitos positivos no transporte marítimo: <ol style="list-style-type: none"> (a) Menos degelo necessário e nevoeiro congelante (b) É necessário menos quebra de gelo (c) Abertura potencial de novas passagens marítimas nas regiões polares
<p>Aumento extremo da precipitação</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Submersão na estrada e inundação do viaduto 2. Aumento de deslizamentos e escavação 3. Má visibilidade 4. Excedente de 100 anos da inundação existente

Continua na próxima página

Tabela 2.3 – Continuação

Mudanças sazonais	<ol style="list-style-type: none"> 1. Verão mais longo / invernos mais curtos significarão mudanças de: <ol style="list-style-type: none"> (a) Folhagem de outono nas ferrovias (b) Regimes de manutenção no inverno (c) Mudança nas faixas de gelo / neve 2. Redução da precipitação congelada - melhorias significativas na segurança rodoviária
Seca	<ol style="list-style-type: none"> 1. Problemas de navegação nas vias navegáveis interiores
Alteração do nível do mar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Os locais dos portos podem ser inadequados 2. Outras infra-estruturas - muitos aeroportos são construídos a 10 m acima do nível do mar 3. Problemas localizados, ex. tempestades
Eventos extremos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Maior número de tempestades tropicais? 2. Aumento dos efeitos de raios na aviação <p>Não há projeções claras disponíveis para o vento</p>

Fonte: Adaptado de (PETERSON et al., 2008).

A presunção do impacto das mudanças climáticas nos modais de transporte deu-se início no Reino Unido com alguns projetos realizados com o intuito da estabilidade dos efeitos desses impactos. Tais projetos, como os Impactos Biológicos e de Engenharia das Mudanças Climáticas nas Encostas e Sustentando o conhecimento para um clima em mudança (HUDSON, 2004), focam na estrutura já existente não considerando, então, as mudanças socioeconômicas. No entanto, vale ressaltar que esse fator é essencial na análise das operações futuras, quanto à sensibilidade às operações perante a meteorologia, ou seja, as possíveis interrupções no setor do

transporte diante do clima e os potenciais impactos econômicos (JAROSZWESKI; CHAPMAN; PETTS, 2010).

Para (JAROSZWESKI; CHAPMAN; PETTS, 2010) a possibilidade da previsibilidade está limitada a um conjunto de variáveis que dificulta o entendimento futuro. No entanto, alguns cenários que podem ser apresentados são capazes de ajudar na compreensão do impacto das mudanças climáticas que contribuem com os fatores socioeconômicos para a disponibilidade de um sistema de transporte mais ou menos vulnerável aos efeitos climáticos.

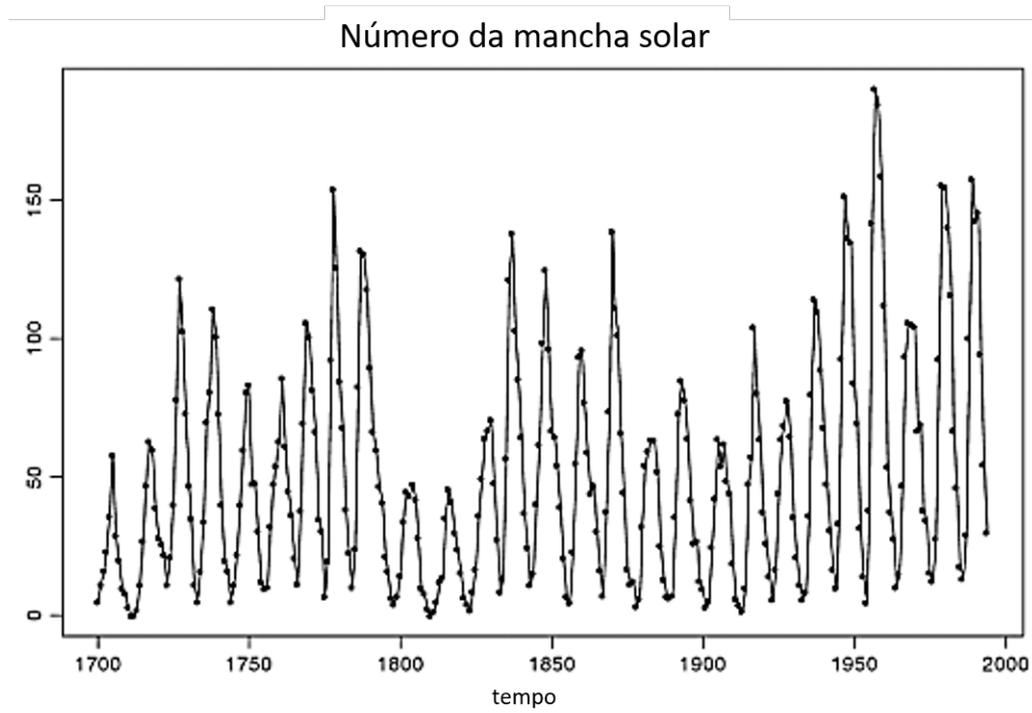
Essa perspectiva fortalece o desenvolvimento das políticas públicas e contribui para o entendimento da potencial sensibilidade de mudanças no transporte causadas pelo complexo setor climático, em que organizações e empresas da área de mobilidade possam atuar com projetos de infraestrutura e desenvolvimento de produtos mais fundamentados e assertivos, alocando investimentos em pontos de maior carência, ou seja, áreas em que o transporte é mais penalizado com o impacto causado pelas mudanças climáticas. Portanto, entender melhor os reais impactos do clima, é fundamentalmente importante para os aspectos que serão analisados no sistema (JAROSZWESKI; CHAPMAN; PETTS, 2010).

2.4 Métodos

2.4.1 Séries Temporais

Um agrupamento de observações ordenados no tempo determina a característica de uma série temporal (BISGAARD; KULAHCI, 2011), (MORETTIN; TOLOI, 2006), como mostrado, por exemplo, na Figura 2.2. Contudo essas observações estão correlacionadas, abrangendo outra característica fundamental de uma série temporal: a dependência das observações vizinhas (EHLERS, 2007). No entanto, muitos dos métodos estatísticos padrões, a partir de sinais aleatórios, não se aplicam e, portanto, fazem-se necessários diferentes métodos.

Figura 2.2: Média anual dos números das manchas solares de Wolf de 1700 a 1994.



Fonte: Adaptado de (FAN; YAO, 2008).

Além disso, podem-se considerar duas abordagens para a análise de séries temporais: a primeira na esfera do tempo utilizando-se das funções de tempo com a função de autocorrelação, a qual é representada ao longo de sua evolução por diversas relações de intervalo de tempo. Já a segunda na esfera da interpelação no âmbito da frequência, empregando a função espectral para compreender a transformação de uma série temporal em várias frequências com a combinação de senos e cossenos (WEI, 2006).

Esse conjunto de observações de uma série temporal pode ser representado por $[X(t), t \in T]$ onde T é um integrado de amostras, como por exemplo, o tempo. De acordo com (SPIEGEL; STEPHENS, 1993) uma série temporal é geralmente formada por quatro principais tipos de componentes: Tendência; Ciclo; Sazonalidade e Aleatoriedade:

- **Tendência** - não há uma definição precisa para tendência, o termo é usado de diversas formas. O termo tendência pode ser interpretado como uma mudança no nível médio da série de longo prazo (EHLERS, 2007). Esse componente pode ser determinístico, ou seja, seus valores podem ser definidos através de uma função matemática combinado por uma ou mais variáveis, bem como pode ser estocástico, ou seja, igualmente com o componente determinístico, pode também incluir o componente aleatório na representação matemática de uma série temporal;
- **Ciclo** - É representado por ondas, ou seja, oscilações em torno de uma curva ou reta de tendência

ao longo do tempo podem ou não seguir padrões em tempos similares;

- **Sazonalidade** - Compreende padrões regulares similares ou até mesmo idênticos da série temporal em um mesmo determinado período do ano. Esses ciclos normalmente estão ligados às frequências que se repetem a cada doze meses como, por exemplo, as estações climáticas do ano;
- **Aleatoriedade** - Absorve todos os resíduos da série, ou seja, atribui os desvios encontrados nas séries por eventualidades e que podem mudar o rumo da tendência e do ciclo em sua amplitude. Está vinculado apenas a um componente estocástico, e não a um determinístico.

São diversos os exemplos de aplicação de dados em séries temporais:

- Casos de doenças como a meningite, a dengue etc.;
- Em exames clínicos, bem como o eletroencefalograma, eletrocardiograma etc.;
- Muito comum na área da economia em produção industrial, taxa de desemprego, preço das ações etc.;
- Também visto em dados meteorológicos, tais como velocidade do vento, temperatura, precipitação pluviométrica, etc.

Uma série pode ser classificada como estacionária quando seu comportamento se caracteriza aleatoriamente em torno de uma média constante ao longo do tempo, o que configura uma inalterabilidade em sua constância. Essa característica é menos comum dentre as séries temporais, no entanto, outra classificação é mais frequente na maioria das séries analisadas: trata-se das séries temporais que apresentam a não estacionariedade, e podem ser encontradas em séries financeiras e econômicas, com uma característica de flutuação em torno de uma média não constante, ou ainda com variância não constante (MORETTIN; TOLOI, 2006), (WEI, 2006).

2.4.2 Método DFA

O *Detrended Fluctuation Analysis* (DFA) (PENG et al., 1994), não é só um método bem estabelecido para determinar o comportamento de escala de dados com ruído na presença de tendências sem conhecer sua origem e forma, como também se trata de um método de análise de flutuações e verificação de correlações de longo alcance em séries temporais não estacionárias (KANTELHARDT et al., 2001), como, por exemplo, o número de passageiros do transporte de ônibus público em uma grande cidade, devido ao crescimento populacional e problemas que ocorrem no sistema de transporte.

Esse método já está sendo utilizado em larga escala, em diversas áreas do conhecimento, tais como:

- Mercado financeiro - (GU; HUANG, 2019); (MENSI et al., 2019); (BOUOYOUR; SELMI; WO HAR, 2018); (TIWARI; AYE; GUPTA, 2019),
- Estudo de climatologia - (ZHANG et al., 2019a); (PATTANTYÚS-ABRAHÁM; KIRÁLY; JÁNOSI, 2004); (IVANOVA; AUSLOOS, 1999),
- Saúde - (PAVLOV et al., 2018); (PISKORSKI et al., 2018); (FAYYAZ et al., 2019); (JIAO et al., 2019),
- Esporte - (FERREIRA, 2018),
- Transporte aéreo - (ZHANG et al., 2019b),
- Mercado de energia (ZHANG et al., 2019a).

Segundo (PENG et al., 1994), para realizar o cálculo DFA faz-se necessário o indicador u_i , com i variando de 1 a N (número de pontos da série). Acha-se o desvio de todo apontamento integrando $u(k)$ para obter uma série $x(k)$, e considera-se u como o valor médio de u_i . Com a série integrada, divide-se em partes iguais (n), e para cada divisão (n) deve-se calcular a raiz quadrática, para a média de $F(n)$, com a subtração $x(k)$ de $x_n(k)$ (Equação (2.1)).

$$F(n) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N [x(k) - x_n(k)]^2} \quad (2.1)$$

O cálculo de $F(n)$ deve ser feito para cada parte n e $x_n(k)$. $F(n)$ procede como sendo uma lei de potência, na categoria $F(n) \sim n^\alpha$, ou seja, encontra-se que α é o expoente de correlação de longo alcance e, a esta relação pode-se plotar em um gráfico, a linearização de $\log F(n) \times \log(n)$ determinada por uma reta com inclinação α .

De acordo com (PENG et al., 1995), o expoente α é classificado como:

- sinal anti-persistente ($0 < \alpha < 0.5$);
- ruído branco sem memória ($\alpha = 0.5$);
- sinal persistente ($0.5 < \alpha < 1$);

- tipo de ruído $1/f$ ($\alpha = 1$);
- processo sub-difusivo ($1 < \alpha < 1,5$); e
- ruído marrom ($\alpha = 1,5$).

2.4.3 Método DCCA

Com o intuito de conjecturar a presença, ou não de correlação cruzada de longo alcance entre duas séries temporais não estacionárias, o método Detrended Cross-Correlation Analysis (*DCCA*) foi desenvolvido por (PODOBNIK; STANLEY, 2008) de modo que essas séries devem possuir a mesma quantidade de pontos N , na medida em que serão calculadas através de uma função de covariância retirando tendências, representada por (F_{DCCA}^2), um método proveniente do *DFA* (ZEBENDE; SILVA; FILHO, 2013).

Em uma primeira etapa consideram-se duas séries temporais simultaneamente, x_i e x'_i , calcula-se a integral das séries:

$$R_k \equiv \sum_{i=1}^k x_i \quad (2.2)$$

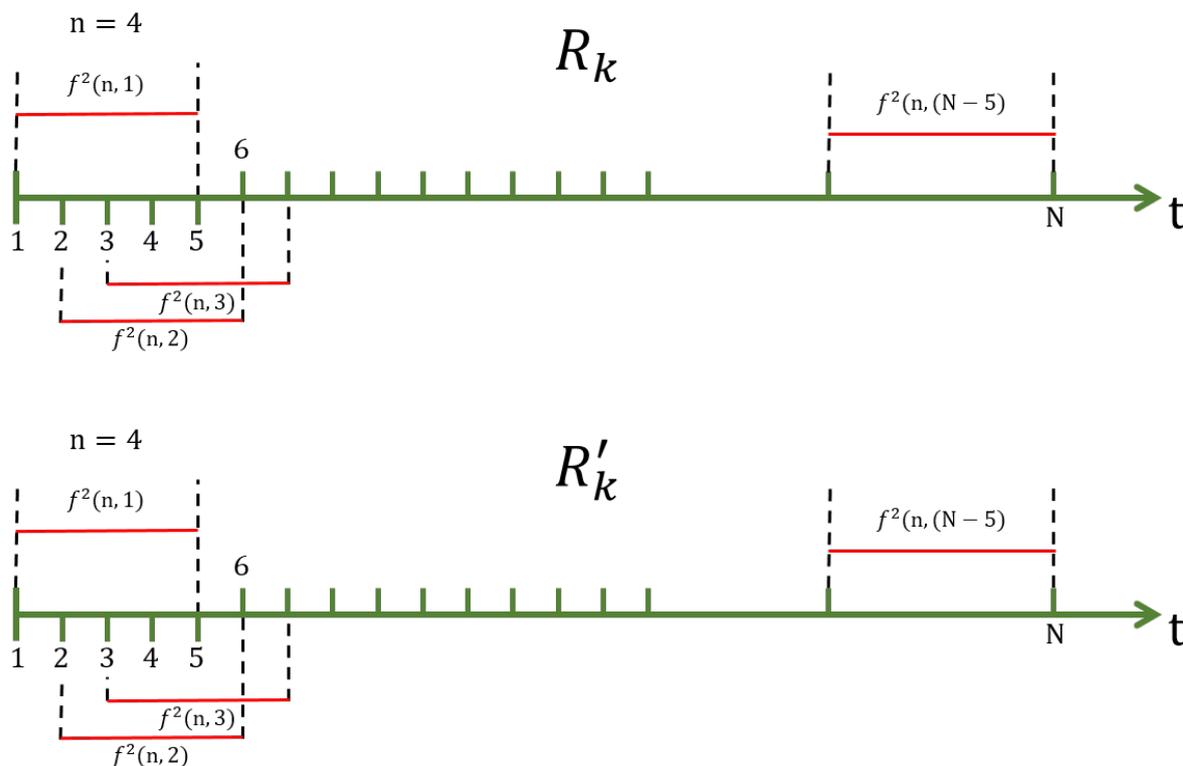
$$R'_k \equiv \sum_{i=1}^k x'_i \quad (2.3)$$

Para,

$$k = 1, 2, \dots, N \quad (2.4)$$

A (Equação (2.4)) emite como se dá a divisão dos sinais, integrados em $(N - n)$ caixas sobrepostas, contendo $n + 1$ valores Figura 2.3. Apresentamos os elementos em cada intervalo informado em i e finalizados em $i + n$.

Figura 2.3: Divisão dos sinais integrados de R_k e R'_k em $N - n$ caixas (com superposição) de tamanho $n = 4$, cada um contendo $n + 1$ valores.



Fonte: Adaptado de (FILHO, 2016).

Em um segundo passo, calcula-se a covariância dos resíduos após remover as "tendências pontuais" em cada intervalo de \widetilde{R}_k e \widetilde{R}'_k , por meio de mínimos quadrados, de acordo com a (Equação (2.5)):

$$f_{DCCA}^2(n, i) \equiv \frac{1}{n} \sum_{k=i}^{i+n} (R_k - \widetilde{R}_k)(R'_k - \widetilde{R}'_k) \quad (2.5)$$

Por fim, somando-se os "detrended" calculados em todos $N - n$ intervalos que são sobrepostos com o tamanho n conforme (Equação (2.6)):

$$F_{DCCA}(n^2) \equiv \frac{\sum_{i=1}^{N-n} f_{DCCA}^2(n, i)}{N - n} \quad (2.6)$$

A autocorrelação cruzada ocorre na condição de duas séries temporais iguais $x_i = y_i$, por conseguinte $R_k \equiv R'_k$, podendo assim, extrair a covariância pelo método DFA (PODOBNIK; STANLEY, 2008).

2.4.4 Coeficiente de Correlação Cruzada ($\rho DCCA$)

A metodologia utilizada para a pesquisa é baseada na análise do coeficiente de correlação cruzada entre duas séries temporais, que apresentam não linearidade e não estacionariedade. O método *DCCA cross-correlation coefficient* ($\rho DCCA$) (ZEBENDE, 2011) tem como objetivo quantificar o nível de correlação cruzada entre duas séries temporais com essas características.

O método é encontrado em inúmeras áreas do conhecimento, a saber:

- Mercado financeiro - (GUEDES; ZEBENDE, 2019); (GUEDES; ZEBENDE; LIMA, 2017); (SUN; LIU, 2016); (GUEDES et al., 2017); (SILVA et al., 2015);
- Saúde - (CHEN et al., 2018);
- Ambiental - (VASSOLER; ZEBENDE, 2012); (FERREIRA et al., 2018);

Segundo (ZEBENDE; SILVA; FILHO, 2013), o $\rho DCCA$ é um coeficiente adimensional utilizado para quantificar o nível de correlação cruzada entre duas séries temporais, tendo como base o *Detrended Fluctuation Analysis* (DFA) (PENG; COSTA; GOLDBERGER, 2009) e o *Detrended Cross-Correlation Analysis* (DCCA) (PODOBNIK; STANLEY, 2008). Ele é calculado como a razão entre a função de covariância retirando a tendência (F_{DCCA}^2) e a função de variação de divergência (F_{DFA}) para duas séries temporais distintas e obtidas simultaneamente (x_i e x'_i), conforme a (Equação (2.7)) dada por:

$$\rho DCCA = \frac{F_{DCCA}^2}{F_{DFA\{x_i\}} F_{DFA\{x'_i\}}}. \quad (2.7)$$

Para (ZEBENDE, 2011), o coeficiente calculado $\rho DCCA$ é classificado como:

- $\rho DCCA = 1$ - perfeita correlação cruzada positiva entre duas séries temporais;
- $\rho DCCA = 0$ - as séries temporais não apresentam correlação cruzada;
- $\rho DCCA = -1$ - perfeita anti correlação cruzada negativa entre duas séries temporais.

Materiais e Métodos

3.1 Abordagem metodológica

Do ponto de vista da forma de abordagem do problema, trata-se de uma pesquisa quantitativa, uma vez considerado os números que podem ser quantificáveis quanto aos passageiros que circulam no transporte de ônibus público perante o impacto causado pelos números que quantificam a condição climática da chuva. Com esse tratamento, utilizaram-se técnicas estatísticas de correlação com o uso do coeficiente ρ_{DCCA} , o qual possibilita a tradução dos números em níveis de correlação no sistema de transporte público no campo da mobilidade. Com tal característica, o método permite mitigar a complexidade do sistema de transporte urbano, possibilitando a orientação para localizar o meio em que demanda uma solução de problemas no sistema de transporte.

Para a pesquisa foi realizado um método de modelagem matemática que é aplicado em diversas áreas do conhecimento. No entanto, nada foi encontrado na literatura utilizando esse modelo matemático de correlação entre duas séries temporais para análise da mobilidade com número de passageiros do transporte de ônibus público e a interferência do fator climático com o número de precipitação.

3.2 Etapas da Pesquisa

A metodologia desse trabalho foi estruturada em algumas etapas, como segue abaixo e de acordo com o fluxograma metodológico, Figura 3.1:

- Realizar uma pesquisa bibliográfica no tema proposto e explorar os dados em banco de dados do transporte de ônibus público e do sistema climático;
- Realizar a leitura da pesquisa bibliográfica, analisar padrões consistentes e prospectar os dados para estruturar as informações;
- Determinar a correlação por meio da análise dos co-movimentos entre as séries temporais;
- Apresentar os resultados que podem sugerir as regiões com maiores dificuldade de acesso na primeira e última milha de PcD e Idosos que utilizam o transporte de ônibus público.

Figura 3.1: Fluxograma Metodológico com as Etapas da Pesquisa.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

A primeira etapa desse estudo apoia o desenvolvimento da pesquisa através de buscas realizadas em base de dados como a "Science Direct", "Scielo" e "Web of Science", que permitiram a leitura e compreensão de trabalhos publicados em importantes periódicos no período de 2010 até o momento, com o desempenho das pesquisas por grau de relevância e com a escolha de diferentes palavras-chave, tais como "urban mobility", "accessibility", "disabled mobility", "elderly", "disabled people", "public transport", "public transport accessibility", "reduced mobility", "location based accessibility", "measure accessibility", "first and last mile", "rain and public transport", "transport and climate change", "impact of weather", "impact of climate change", "time series", "Cross-correlation analysis", "DCCA cross-correlation coefficient".

Inicialmente, o intuito da pesquisa dirigiu-se a analisar a Cidade de Salvador na Bahia, no entanto uma barreira no quesito indisponibilidade de dados foi propulsora para que a pesquisa fosse conduzida em outra capital brasileira com a quantidade de dados necessários para a realização desse estudo. Assim sendo, São Paulo foi a capital do Brasil escolhida para sustentar a averiguação do trabalho de pesquisa realizado em virtude da disponibilidade e quantidade de dados abertos encontrados na base de dados da Prefeitura da cidade e sua escolha se fez pela experiência já obtida no transporte da capital em estudo.

Foram selecionadas informações de duas bases históricas de dados. A primeira referente ao número de passageiros que utilizam o transporte de ônibus público fornecida pela Prefeitura de São Paulo (mobilidade e transportes) (SPTRANS, 2015-2017), e a segunda base de dados climatológicos fornecidos pelo (INMET, 2015-2017), que oferece dados meteorológicos de precipitação da estação de meteorologia de Santana na região norte da cidade. Ainda nesse estágio, foi crucial ponderar quais seriam as ferramentas que poderiam auxiliar no processo de tratamento desses dados.

Portanto, de posse de 1.095 arquivos em *Excel*, com o número de passageiros do transporte de ônibus público, separados por dias no período de três (3) anos, 2015, 2016 e 2017, e mais 1 arquivo em *Excel*, com os dados da precipitação, no mesmo período, efetuou-se um algoritmo em *VBAProject Visual Basic for Application* para automatizar a tarefa de mineração desses dados em *Excel*, com a necessidade de compilar e estruturar de tal forma que todas as informações encontrem-se encadeadas para a realização da observação necessária ao longo do tempo em modelos de análise de séries temporais onde, portanto, a ordem dos dados é fundamental.

Como segunda fase, foram identificados alguns dados faltantes em alguns dias dos três anos analisados, o que poderia causar um ruído nos resultados. Portanto, como solução para o tal, considerou-se as linhas do transporte de ônibus público com no máximo até 1% dos dados inexistentes e, então, os dias 21/10/2016; 13/03/2017 e 11/08/2017 foram excluídas de todas as linhas examinadas para garantir equidade na análise. E as linhas com mais de 1% de ausência de informação não foram consideradas na análise. Uma segunda característica observada nos dados foram as linhas de ônibus que circulavam apenas na madrugada ou em finais de semana e feriados, essas foram excluídas das análises, com o propósito de manter uma consistência nos resultados, uma vez observado a redução da frequência de passageiros e/ou o número de ônibus em circulação durante esses períodos.

No terceiro estágio para obter a correlação almejada na pesquisa, selecionou-se um método bem estabelecido para o estudo de correlação cruzada entre duas séries temporais não lineares e não estacionárias, a partir dos dados encontrados e tratados com a finalidade de analisar a dificuldade de acesso da primeira e última milha de PcD e Idosos que utilizam o transporte de ônibus público, por meio da análise dos co-movimentos entre as séries temporais de número de passageiros PcD e Idosos e precipitação da chuva na cidade de São Paulo. O método *DCCA cross-correlation coefficient* (ρ_{DCCA}) (ZEBENDE, 2011), foi empregado com intuito de conhecer o quanto correlacionado estão ambas as séries temporais.

A etapa final consistiu em encontrar os resultados que podem apresentar as regiões com maiores dificuldade de acesso na primeira e última milha de PcD e Idosos que utilizam o transporte de ônibus público.

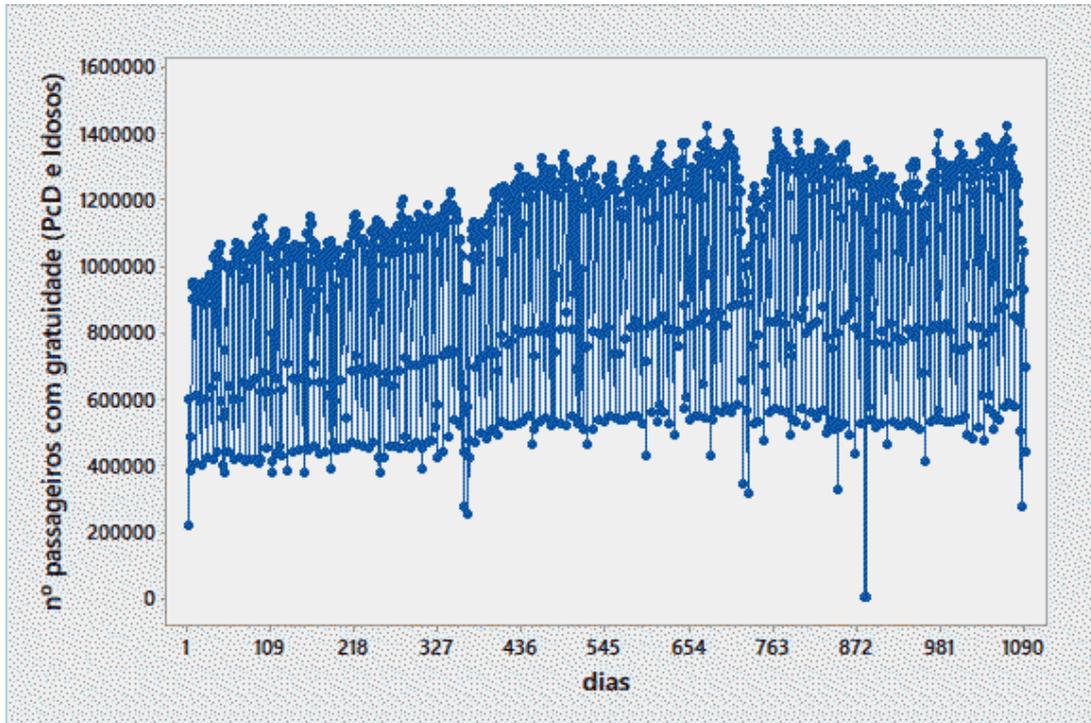
3.3 *Dados*

Os dados obtidos por meio da instituição do transporte de ônibus público, Prefeitura de São Paulo - Secretaria Municipal de Mobilidade e Transportes (SPTRANS, 2015-2017), que disponibiliza dados abertos do bilhete eletrônico, compreende todas as linhas de ônibus que circulam na cidade de São Paulo, plotados nas Figuras 3.2 e 3.3, organizados em arquivos de *Excel*, sendo um para cada dia do ano. Uma vez analisado os anos de 2015, 2016 e 2017, encontrou-se 1.096 arquivos, considerando 2016 como ano bissexto. Com uma média de 1.390 linhas de ônibus em cada arquivo, organizados por tipo de concessão, por área, por empresa de atuação, e por linhas de ônibus em circulação.

Cada arquivo dispunha de dados de passageiros pagantes, em colunas separadas por: passageiros pagantes em dinheiro, pagantes com o bilhete único comum, pagantes com bilhete único estudante, pagantes com bilhete único vale-transporte (pelo empregador), pagantes integração metrô e trens da Companhia Paulista de Trens Metropolitanos (CPTM) e, por fim, todas essas colunas somadas em uma única coluna.

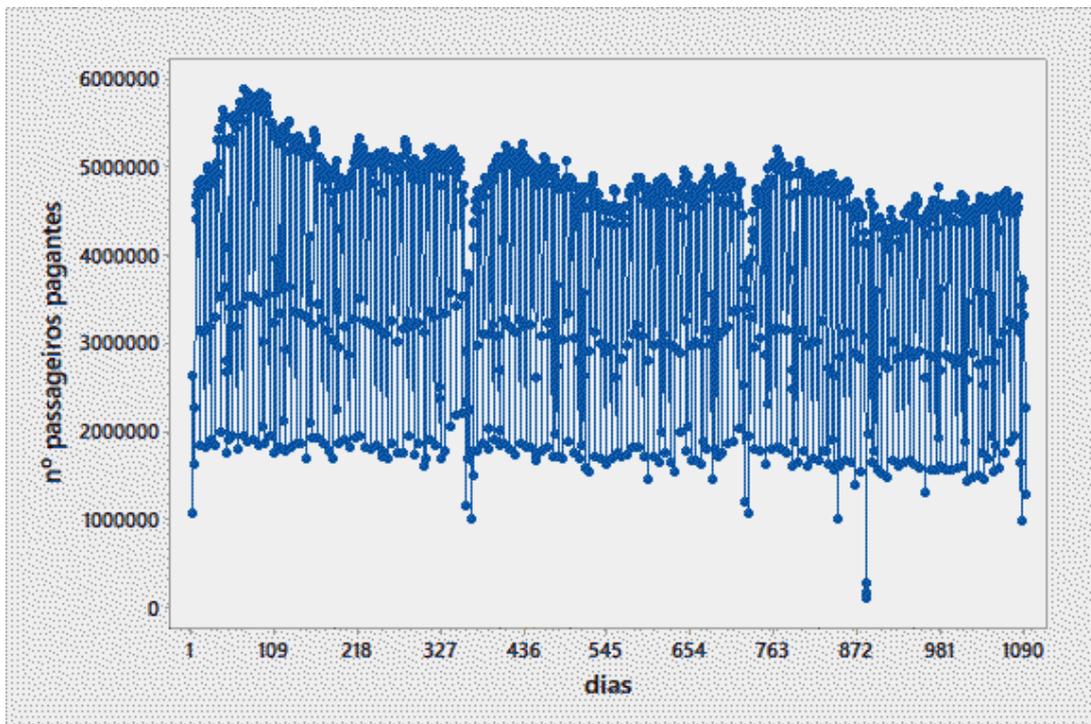
Outras duas colunas encontradas no arquivo, consistem em: passageiros com gratuidade estudante e com gratuidade (PcD e Idosos). Esse último é o foco de pesquisa e, portanto, selecionou-se apenas a coluna de passageiros com gratuidade (PcD e Idosos) para análise exploratória dos dados, conforme Figura 3.2.

Figura 3.2: Série original com o número de passageiros PcD e Idosos do transporte de ônibus público da cidade de São Paulo/SP de janeiro de 2015 a dezembro de 2017 (valores diários).



Fonte: Elaborado pelo Autor.

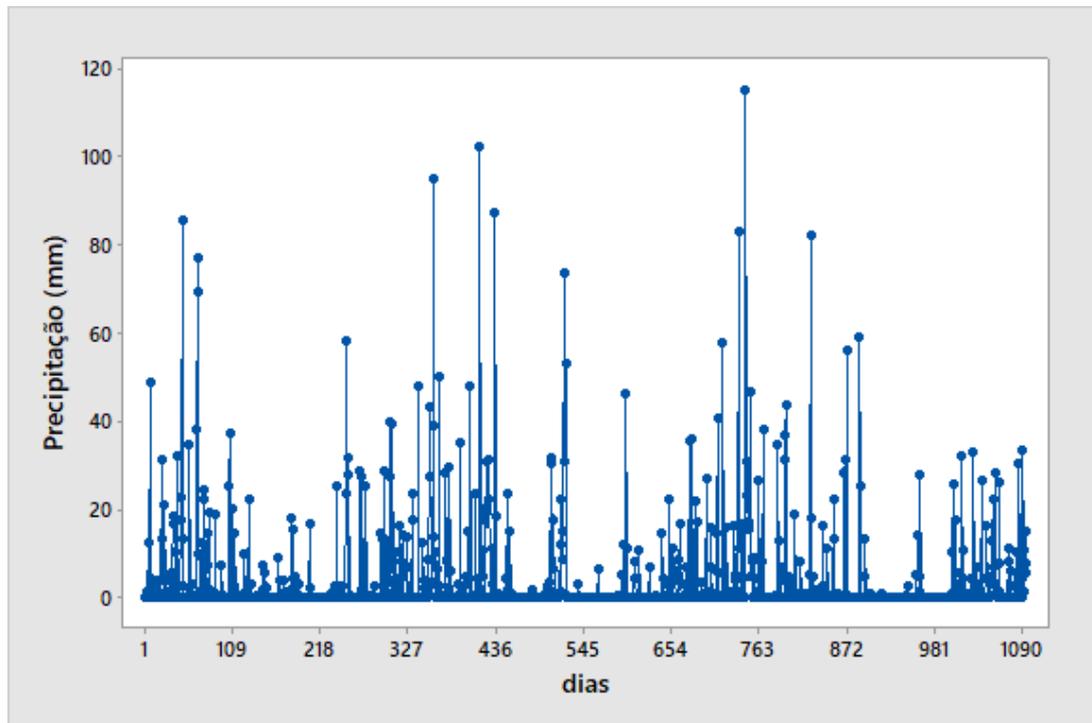
Figura 3.3: Série original com o número de passageiros sem mobilidade reduzida do transporte de ônibus público da cidade de São Paulo/SP de janeiro de 2015 a dezembro de 2017 (valores diários).



Fonte: Elaborado pelo Autor.

O segundo dado adquirido, através do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) Mirante de Santana SÃO PAULO (MIR de SANTANA SP) pela Organização Meteorológica Mundial (OMM: 83781) ((INMET), 2015-2017), que também apresenta dados abertos diariamente, bem como a precipitação em unidade de (mm), a temperatura mínima e máxima em ($^{\circ}\text{C}$), a insolação em (horas), a evaporação do piche em (mm), a temperatura compensada média em ($^{\circ}\text{C}$), a humidade relativa média em (%) e a velocidade média do vento em (mps), é também determinante para o tamanho da amostra do primeiro dado, com a utilização do dado da chuva, precipitação em (mm) plotados na Figura 3.4. Assim, foi possível então determinar quais seriam as linhas de ônibus selecionadas para a pesquisa e, portanto, as que saem do terminal de ônibus do metrô Santana, com proximidade do centro meteorológico, Mirante de Santana SÃO PAULO (MIR de SANTANA SP), para uma maior precisão das informações.

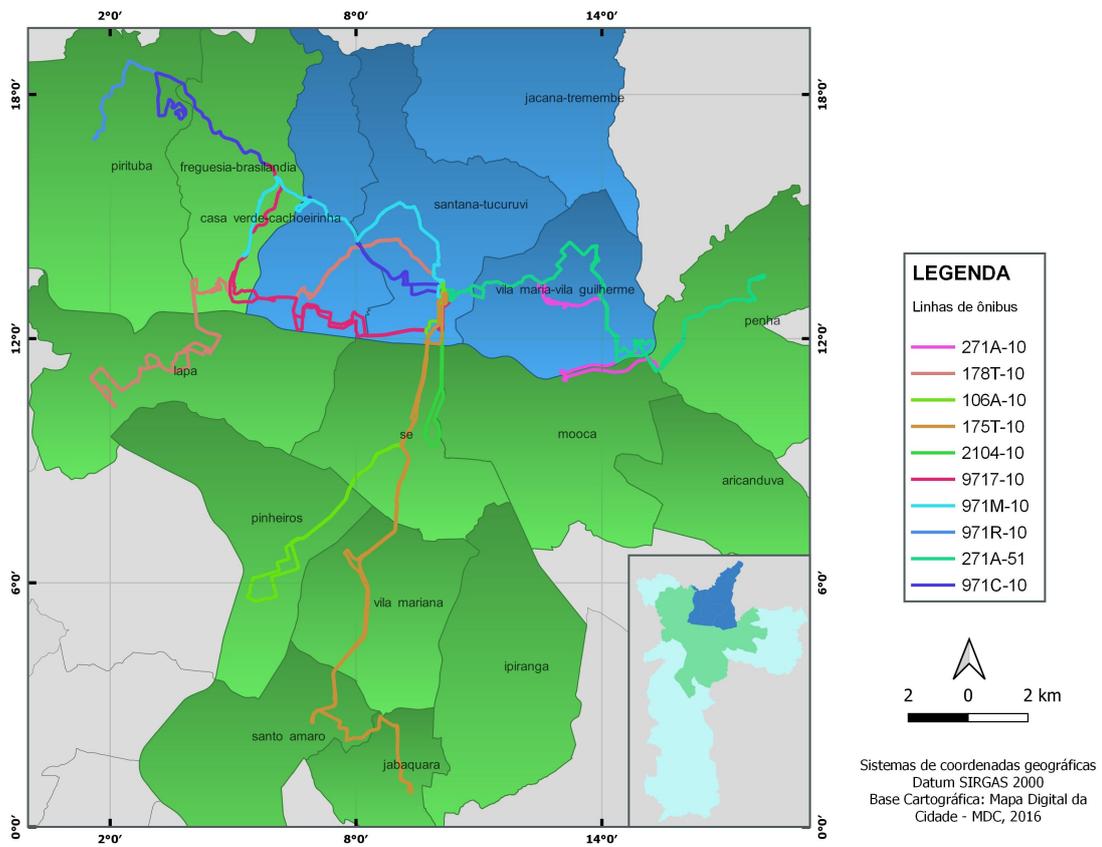
Figura 3.4: Série original com o valor da Precipitação em (mm) da cidade de São Paulo/SP de janeiro de 2015 a dezembro de 2017 (valores diários).



Fonte: Elaborado pelo Autor.

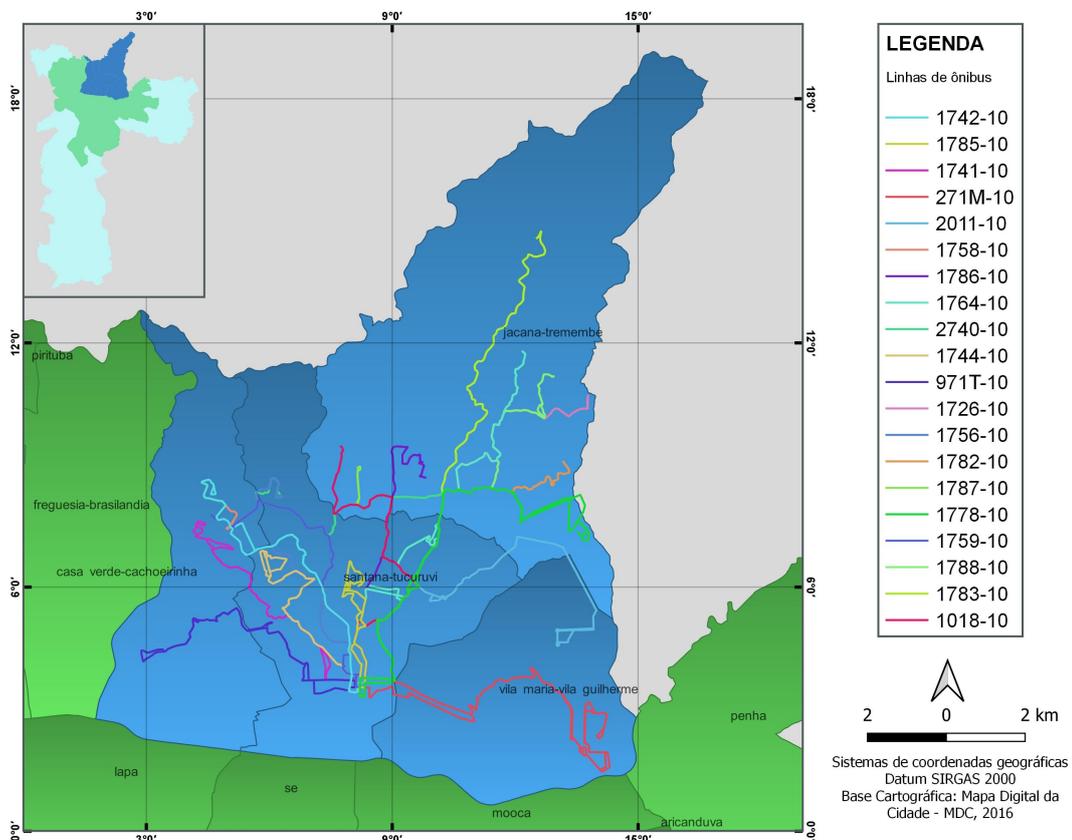
Desse modo, foram selecionados e, por conseguinte, analisados e explorados os dados de 30 linhas de ônibus que saem do terminal de ônibus do metrô Santana. Dessas 30 linhas analisadas, 10 tinham como destino final outras regiões da cidade, que não a região Norte como, por exemplo, para a zona Leste, zona Oeste ou zona Sul, conforme Figura 3.5. E 20 linhas com destino final de seus pontos na própria região Norte da cidade, conforme Figura 3.6.

Figura 3.5: Linhas de ônibus que saem do terminal de ônibus do metrô Santana (zona norte) para outras regiões.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 3.6: Linhas de ônibus que saem do terminal de ônibus do metrô Santana (zona norte) para a mesma região (zona norte).



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Assim, foi coletado dados dos bilhetes eletrônicos, com o número de passageiros PcD e Idosos que circulam nas linhas do transporte de ônibus público diariamente, de trinta roteiros que saem do terminal de ônibus do metrô Santana na zona Norte da cidade de São Paulo, e dados do fator climático como a precipitação, índice pluviométrico em mm, do sistema meteorológico na estação de meteorologia de Santana, também na zona Norte e com a mesma frequência.

O método empregado *DCCA cross-correlation coefficient* (ρ_{DCCA}) (ZEBENDE; SILVA; FILHO, 2013), trata-se de um coeficiente adimensional utilizado para quantificar o nível de correlação cruzada entre essas duas séries temporais não estacionárias citadas no parágrafo anterior, tendo como base os outros dois métodos *Detrended Fluctuation Analysis* (DFA) (PENG; COSTA; GOLDBERGER, 2009) e o *Detrended Cross-Correlation Analysis* (DCCA) (PODOBNIK; STANLEY, 2008), que estimam a existência ou não de correlação cruzada de longo alcance entre as séries temporais em diferentes escalas de tempo n , o qual será analisado no período de 2015 a 2017, levando em consideração todos os dias, exceto os finais de semana e feriado como já foi mencionado anteriormente.

Resultados e Discussões

4.1 *Análise experimental*

Com os dados estruturados, observou-se uma oportunidade de utilização do método *DFA* para a observação da autocorrelação das séries temporais originais com o número de passageiros que utilizam o transporte de ônibus público e a precipitação da chuva (*mm*).

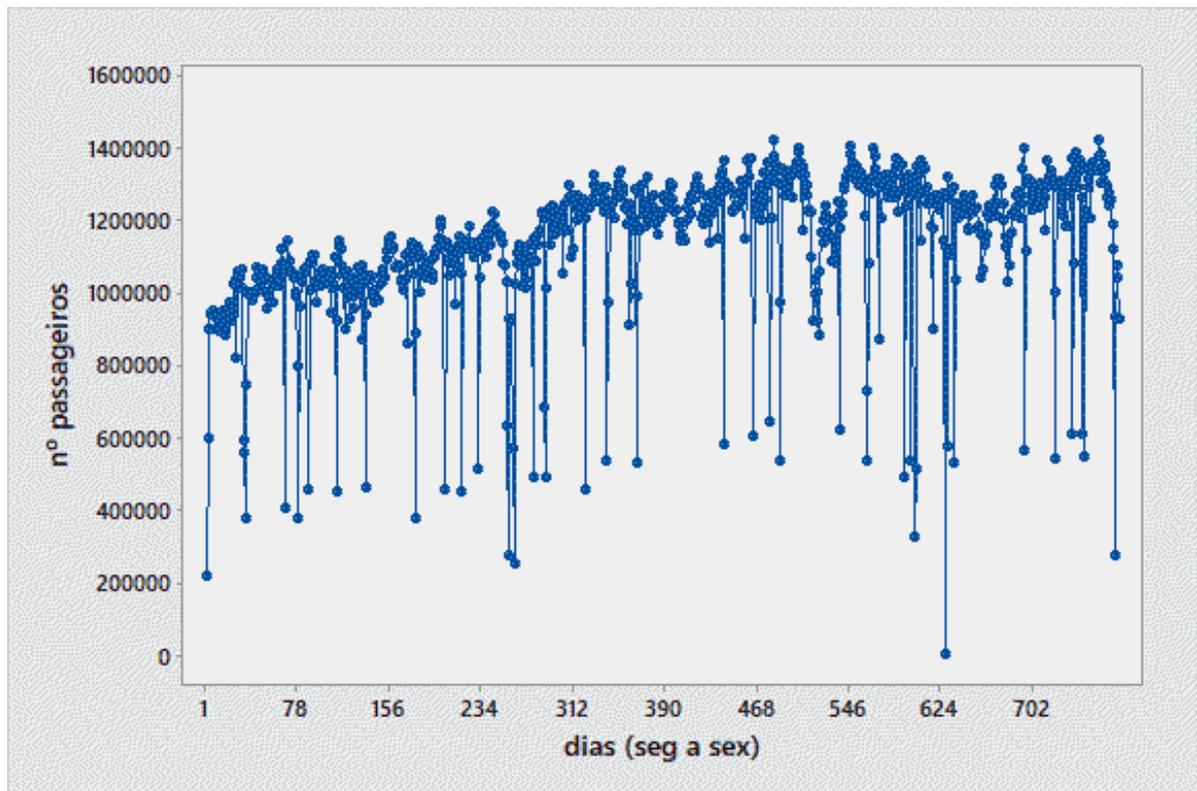
No entanto, essa análise tornou-se apenas uma experiência durante o processo de pesquisa, pois os resultados encontrados, apesar de apresentarem uma indicação do comportamento persistente, não trouxe uma sustentação para atender ao objetivo da pesquisa.

Assim, a análise se encaminhou para a aplicação do método do coeficiente ρ_{DCCA} , o qual nos trouxe uma possibilidade de validar a hipótese levantada no início da pesquisa.

4.2 *Resultados*

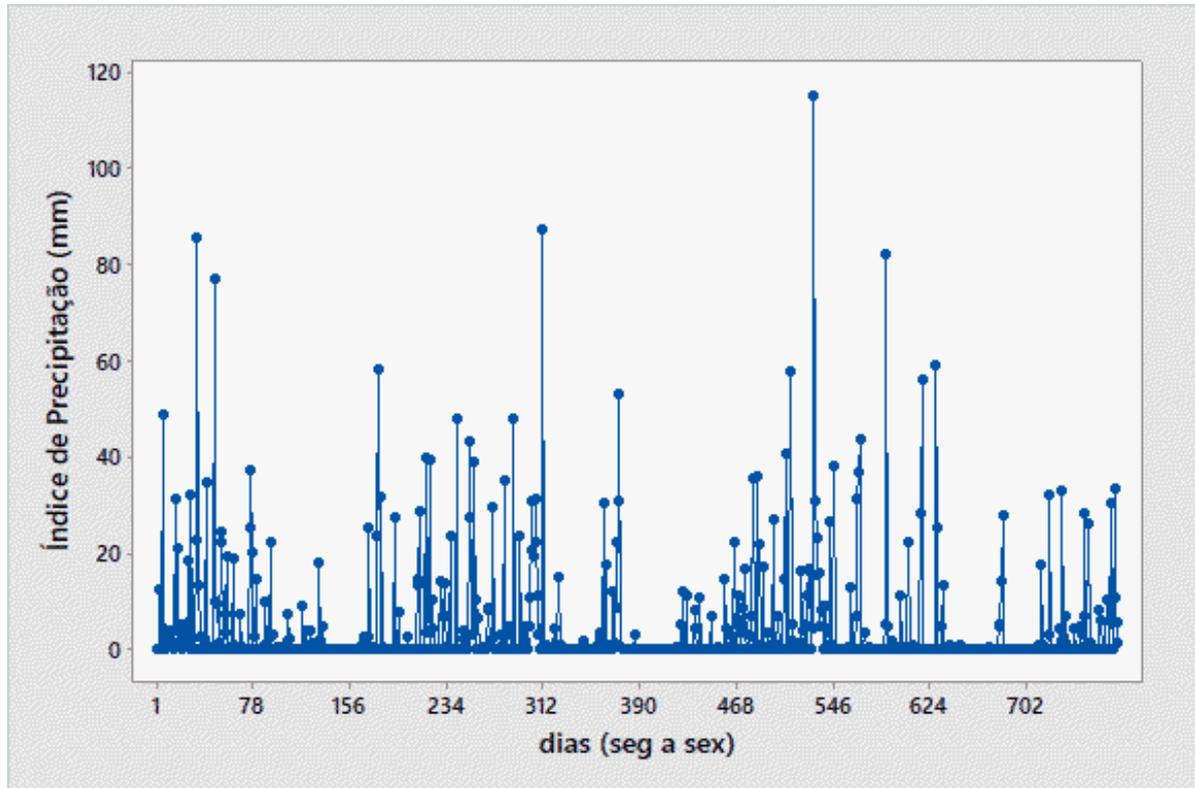
As Figuras 4.1 e 4.2 respectivamente, apresentam as séries temporais dos números de passageiros do transporte de ônibus público e a precipitação da chuva (*mm*), coletadas diariamente. Essas séries foram utilizadas para a aplicação do método de correlação. Com o resultado da série apresentado na Figura 4.1, é possível identificar uma tendência de crescimento ao longo do tempo no número de passageiros PcD e Idosos que circulam no transporte de ônibus público da série temporal, constatando a mudança no crescimento da população de PcD e Idosos, mostrados no primeiro capítulo desse estudo.

Figura 4.1: Número de passageiros do transporte de ônibus público - PcD e Idosos da cidade de São Paulo/SP de janeiro de 2015 a dezembro de 2017 (valores diários, exceto finais de semana e feriados).



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 4.2: Precipitação em (mm) da cidade de São Paulo/SP de janeiro de 2015 a dezembro de 2017 (valores diários, exceto finais de semana e feriados).



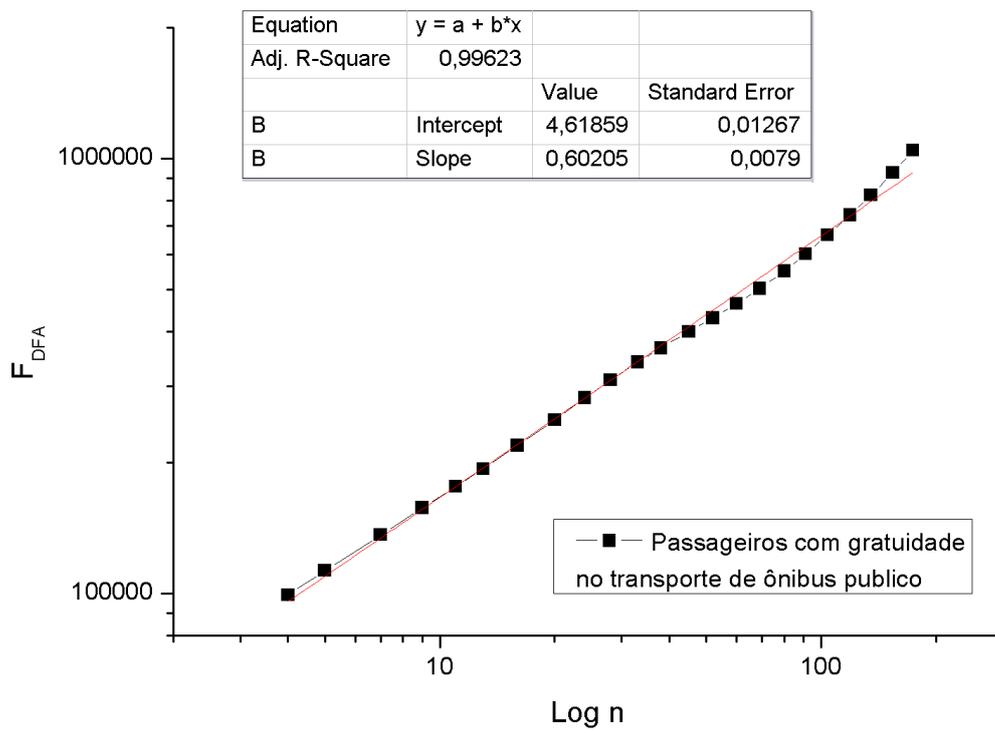
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Com o intuito de melhor compreender as séries temporais apresentadas nas Figuras 4.1 e 4.2, utilizou-se a correlação de longo alcance, através do método *DFA* com o número de passageiros PcD e Idosos que utilizam o transporte de ônibus público da cidade de São Paulo e a precipitação da chuva (*mm*) na cidade de São Paulo, Figuras 4.3 e 4.4. Os resultados apresentados permitem avaliar o expoente (α), e para interpretar os comportamentos das séries analisadas, devem-se considerar as situações abaixo, conforme citado anteriormente:

- sinal anti-persistente ($0 < \alpha < 0.5$);
- ruído branco sem memória ($\alpha = 0.5$);
- sinal persistente ($0.5 < \alpha < 1$);
- tipo de ruído $1/f$ ($\alpha = 1$);
- processo sub-difusivo ($1 < \alpha < 1.5$); e
- ruído marrom ($\alpha = 1.5$).

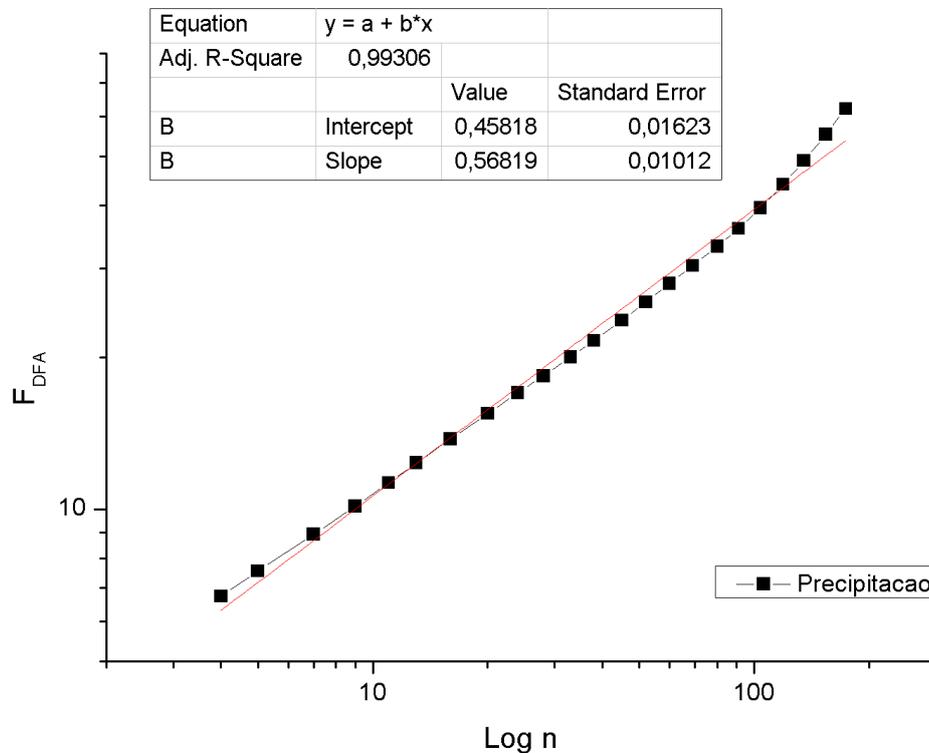
Portanto, observando a Figura 4.3 é possível identificar um comportamento com sinal persistente com ($\alpha > 0.5$). Ou seja, o resultado mostra o valor de 0.6 do (α) com erro de 0.0079, enquanto que na Figura 4.4, o comportamento é o mesmo, com o valor de 0.57 do (α) e um erro de 0.0101. Sendo assim, os valores das séries sugerem uma correlação de longo alcance individualmente com o mesmo comportamento persistente nos indicadores apresentados, ou seja, uma vez que o expoente (α) é > 0.5 , o comportamento de uma série passada tende a continuar no futuro.

Figura 4.3: (DFA) do número de passageiros PcD e Idosos do transporte de ônibus público da cidade de São Paulo/SP de janeiro de 2015 a dezembro de 2017.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

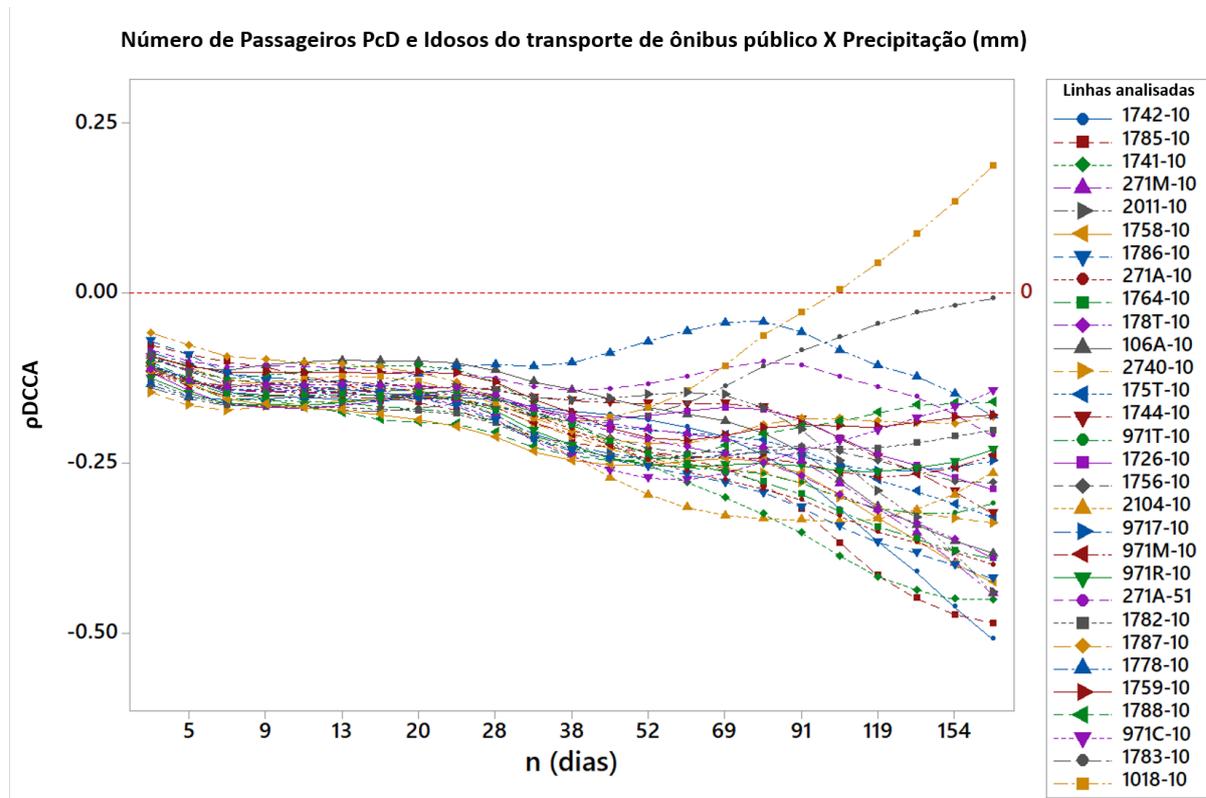
Figura 4.4: (DFA) da Precipitação da chuva (mm) da cidade de São Paulo/SP de janeiro de 2015 a dezembro de 2017.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Visando atender o objetivo desse estudo, ou seja, relizar um estudo de correlação utilizando as séries temporais de passageiros com gratuidade (PcD e Idosos) e precipitação da chuva, da cidade de São Paulo, objetivando oferecer parâmetros para futuros estudos no campo da mobilidade, medimos a correlação através do método $\rho DCCA$. As análises demonstraram tendências bem parecidas, em 29 das 30 linhas estudadas na cidade de São Paulo, apresentou-se um comportamento bem semelhante de anticorrelação cruzada entre as séries históricas de número de passageiros PcD e Idosos que utilizam o transporte de ônibus público e o da precipitação da chuva (mm).

Figura 4.5: Correlação cruzada entre o números de passageiros PcD e Idosos do transporte de ônibus público (das 30 linhas analisadas) e a Precipitação da chuva (mm) na cidade de São Paulo/SP de janeiro de 2015 a dezembro de 2017.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Como já citado, para interpretar o coeficiente $\rho DCCA$, deve-se considerar as situações abaixo:

- $\rho DCCA = 1$ - perfeita correlação cruzada;
- $\rho DCCA = 0$ - não apresentam correlação cruzada;
- $\rho DCCA = -1$ - perfeita anticorrelação cruzada.

Ao longo do tempo e no intervalo analisado, as séries temporais podem demonstrar comportamentos distintos. Quando observado comportamentos com padrão bem definido, a análise torna-se bem interessante. O valor das 29 linhas analisadas por meio do coeficiente $\rho DCCA$ foi entre -0.50843 e -0.00757 . No entanto, uma das 30 linhas analisadas apresentou um comportamento oposto das demais, com um valor de coeficiente $\rho DCCA$ positivo igual a 0.18664 . Isso indica uma propensão das linhas ao comportamento anticorrelacionado, conforme Figura 4.5

Os resultados do coeficiente $\rho DCCA$ demonstraram que para o público de PcD e Idosos, em 29 das 30 linhas de ônibus analisadas, ou seja, quase todas as localidades estudadas, possuem um

comportamento de anticorrelação cruzada entre as séries históricas de número de passageiros PcD e Idosos que utilizam o transporte de ônibus público e a precipitação da chuva.

A Tabela 4.1 expressa todos os valores dos coeficientes por ordem decrescente e suas respectivas linhas de ônibus associadas à origem e ao destino. Todos os valores expostos na Tabela 4.1 encontram-se na janela de $N=174$, pois são procedentes de um resultado com maior confiabilidade uma vez que são consideradas as séries de observações feitas ao longo do tempo e, conseqüentemente, o método se mostra bem estabelecido nessas condições. Portanto, a partir da Tabela 4.1 encontram-se os níveis de correlação no intervalo de maior amplitude, o que nos apresentam valores mais autênticos visto que a partir do $N=38$ obtêm-se um início do efetivo comportamento de cada linha e do conjunto entre elas, conforme observado na Figura 4.5.

Sendo assim, com o intuito de confirmar a hipótese levantada de que as condições climáticas, com o efeito da chuva, provocam uma diferença no número de PcD e Idosos que utilizam o transporte de ônibus público na cidade de São Paulo, os resultados apresentados pelo coeficiente ρ_{DCCA} mostraram que o nível de correlação entre as séries temporais indicam o impacto da chuva na quantidade de PcD e Idosos que utilizam o sistema de transporte de ônibus público, para a acessibilidade na primeira e última milha, uma vez que 29 linhas de ônibus analisadas apresentaram uma correlação negativa.

Contudo, das 30 linhas analisadas, as 29 que apresentaram um coeficiente de correlação negativa indicam que o público de passageiros com mobilidade reduzida enfrenta uma maior dificuldade no acesso ao transporte de ônibus público em sua primeira e última milha com a incidência da chuva. Em outras palavras, os resultados encontrados para todas as regiões analisadas na cidade de São Paulo, demonstram que quanto maior a incidência da chuva, menor o número de passageiros que circulam no transporte de ônibus público da cidade.

Curiosamente, em uma das linhas de ônibus o resultado do ρ_{DCCA} indica uma correlação cruzada positiva, que conjectura com um comportamento contrário às demais linhas do transporte de ônibus público. Especificamente, para essa linha que apresentou uma correlação cruzada positiva, o resultado sugere que com o aumento da chuva na cidade, compreenderá também em um aumento no número de passageiros PcD e Idosos que circulam nessa linha. Outros estudos são necessários para compreender o comportamento isolado dessa curva.

Tabela 4.1: Coeficiente de correlação das 30 linhas de ônibus por ordem decrescente de correlação.

Coeficiente de correlação (ρ_{DCCA})	Linhas de ônibus analisadas por ordem decrescente de correlação		Região	
			DE	PARA
N=174 dias				
-0.50843	1742-10	Jd. Antártica / Metrô Sant.	Norte	Norte
-0.48579	1785-10	VI. Aurora / Metrô Sant.	Norte	Norte
-0.45074	1741-10	VI. Dionisia / Metrô Sant.	Norte	Norte
-0.44158	271M-10	Pq. Novo Mundo / Metrô Sant.	Norte	Norte
-0.44006	2011-10	VI. Sabrina / Metrô Sant.	Norte	Norte
-0.42468	1758-10	Jd. Antartica / Metrô Sant.	Norte	Norte
-0.41915	1786-10	VI. Albertina / Metrô Sant.	Norte	Norte
-0.39905	271A-10	Term. Penha / Metrô Sant.	Norte	Nordeste
-0.38998	1764-10	Jd. Corisco / Metrô Sant.	Norte	Norte
-0.38971	178T-10	Metrô Sant. / Ceasa	Norte	Centro Sudoeste
-0.38275	106A-10	Metrô Sant. / Itaim Bibi	Norte	Centro Sudoeste
-0.33835	2740-10	Pedra Branca / Metrô Sant.	Norte	Norte
-0.32924	175T-10	Metrô Sant. / Metrô Jabaquara	Norte	Sul
-0.32381	1744-10	Lauzane Paulista / Metrô Sant.	Norte	Norte
-0.30984	971T-10	VI. Sta. Maria / Metrô Sant.	Norte	Norte
-0.28880	1726-10	Cem. Pq. dos Pinheiros / Metrô Sant.	Norte	Norte
-0.27930	1756-10	Pedra Branca / Metrô Sant.	Norte	Norte
-0.26416	2104-10	Metrô Sant. / Term. Pq. D. Pedro II	Norte	Centro
-0.24668	9717-10	Jd. Almanara / Metrô Sant.	Norte	Nordeste
-0.23863	971M-10	VI. Penteado / Metrô Sant.	Norte	Nordeste
-0.23015	971R-10	CPTM Jaraguá / Metrô Sant.	Norte	Nordeste
-0.20965	271A-51	Cangaíba / Metrô Sant.	Norte	Nordeste
-0.20174	1782-10	VI. Nova Galvão / Metrô Sant.	Norte	Norte
-0.18213	1787-10	VI. Marieta / Metrô Sant.	Norte	Norte
-0.18019	1778-10	Jd. Cabuçu / Metrô Sant.	Norte	Norte
-0.17975	1759-10	Jd. Pery / Metrô Sant.	Norte	Norte
-0.16078	1788-10	Jd. Fontális / Metrô Sant.	Norte	Norte
-0.14394	971C-10	Cohab Brasilândia / Metrô Sant.	Norte	Nordeste
-0.00757	1783-10	Cachoeira / Metrô Sant.	Norte	Norte
0.18664	1018-10	VI. Rosa / Metrô Sant.	Norte	Norte

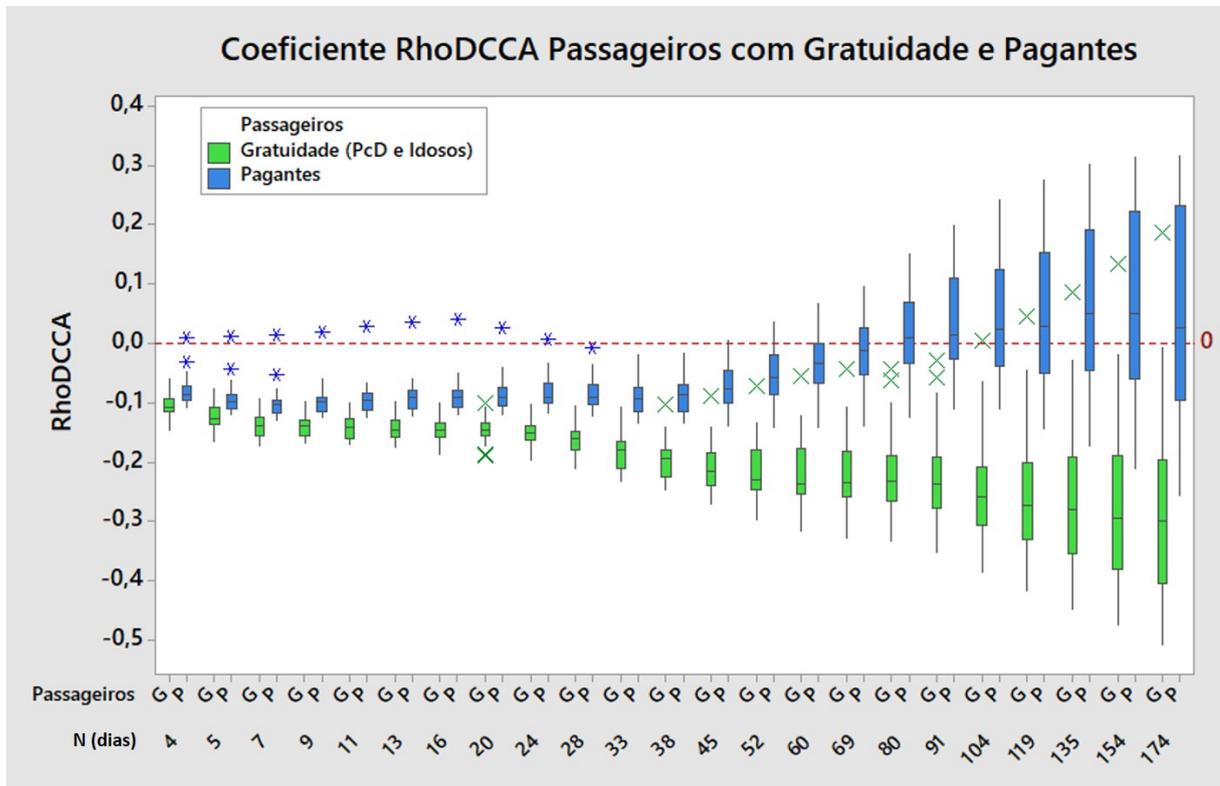
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Conforme apresentado na Tabela 4.1, os valores dos coeficientes mostraram uma correlação negativa. Por outro lado, se olharmos na Figura 4.6, observamos que com os passageiros que não possuem mobilidade reduzida, ou seja, com o grupo dos demais passageiros extraídos da base de dados como Pagantes, o comportamento é exatamente o contrário, constatando uma grande influência do impacto da chuva para os PcD e Idosos. A Figura 4.6 revalida o comportamento dos passageiros com a não mobilidade reduzida, ou seja, os passageiros Pagantes e corrobora com a compreensão de que com o aumento da chuva é evidenciado o aumento do número desses passageiros no transporte de ônibus público, de acordo com a tendência para valores mais positivos apresentados no gráfico. No entanto, o oposto é observado no comportamento com tendência para valores mais negativos em passageiros com mobilidade reduzida, ou seja, com Gratuidade (PcD e Idosos).

Ainda assim, a Figura 4.6 apresenta um comportamento de correlação negativa para ambos os grupos de passageiros pagantes e com gratuidade (PcD e Idosos), no período entre os $N=4$ e $N=28$, embora os valores sejam diferentes, isto é, os conjuntos mostram-se disjuntos quando observado que a partir de $N=7$ o terceiro quartil do grupo de passageiros com Gratuidade é praticamente o mesmo valor do primeiro quartil do grupo de passageiros Pagantes, a partir desse N as diferenças entre os quartis superior dos passageiros com Gratuidade e o inferior dos passageiros Pagantes começa a aumentar, ou melhor, a se distanciar ao longo do tempo salientando a oposição de comportamentos entre os dois grupos apresentados e o impacto causado, na ocorrência da chuva, com maior ênfase para os PcD e Idosos.

Nota-se ainda alguns "outliers" do grupo de passageiros Pagantes com valores acima e muito próximo de 0 e as médias entre os dois grupos de passageiros apresentaram diferentes características ao longo dos "N's". Alguns "outliers" são perceptíveis para o grupo de passageiros com Gratuidade (PcD e Idosos) convergindo a partir do $N=38$, com uma tendência a valores positivos, apresentando um comportamento parecido com o do grupo de passageiros Pagantes. Esses "outliers" podem explicar o comportamento da Linha de ônibus 1018 – 10, apresentada na Figura 4.5, com uma particularidade em seus resultados de correlação positiva a partir do $N=38$, e essa é uma análise que deve ser realizada em trabalhos futuros com a intenção de compreender a causa desse comportamento diferenciado dos demais.

Figura 4.6: Gráfico Boxplot com tendência de correlação entre passageiros PcD e Idosos (Gratuidade) x demais passageiros (Pagantes).

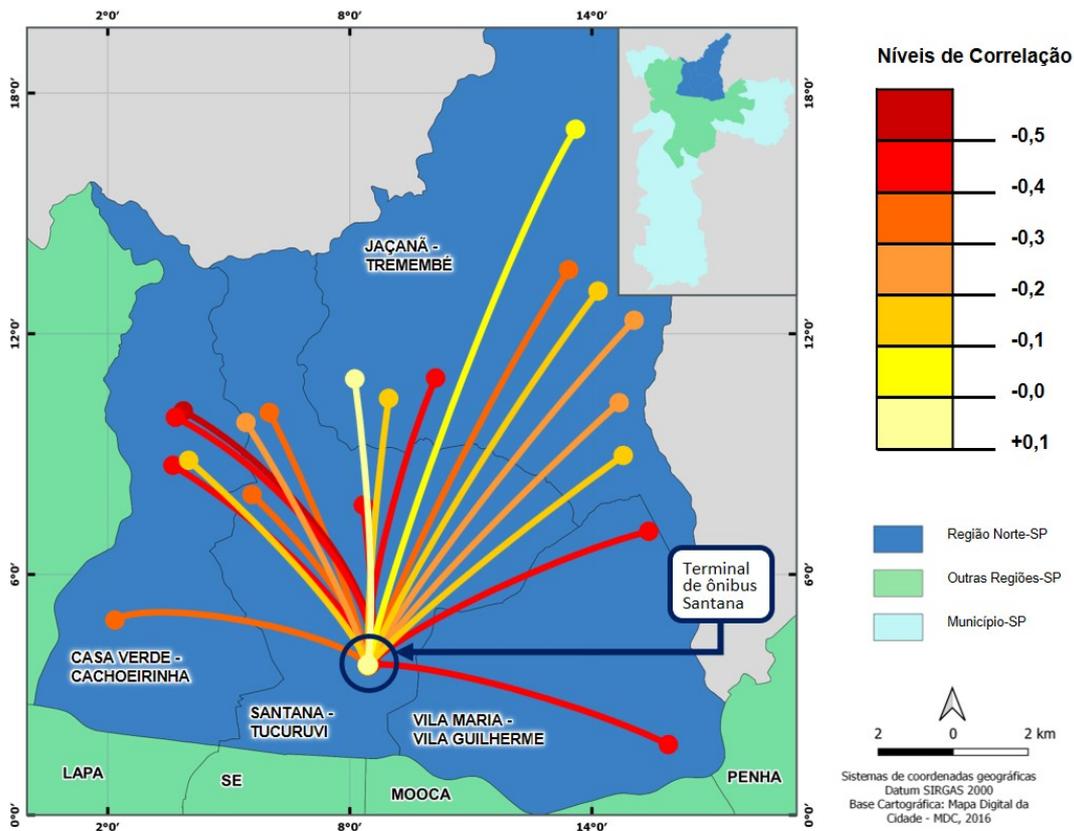


Fonte: Elaborado pelo Autor.

A Figura 4.7 ilustra graficamente as 20 linhas de ônibus que foram analisadas através do método de correlação ρ_{DCCA} , com o intuito de identificar a correlação dessas 20 linhas, com origem no terminal de ônibus do metrô Santana e destino para diversos locais da região norte da cidade, e a precipitação da chuva (mm) na cidade de São Paulo. Assim, foram apresentados, em formato de mapa, os níveis de correlação para cada linha analisada, bem como foram mostrados na Tabela 4.1.

Observando a Figura 4.7, verifica-se uma quantidade de linhas de ônibus do transporte público com um nível de correlação mais afetado pela chuva, na extensão norte do bairro da Casa Verde - Cachoeirinha, com 3 linhas de ônibus em níveis de correlação entre $-0,4$ e $-0,6$. Essa avaliação geográfica possibilita gerar um estado de urgência na necessidade de atender as condições de acessibilidade para PcD e Idosos na regiões mais afetadas.

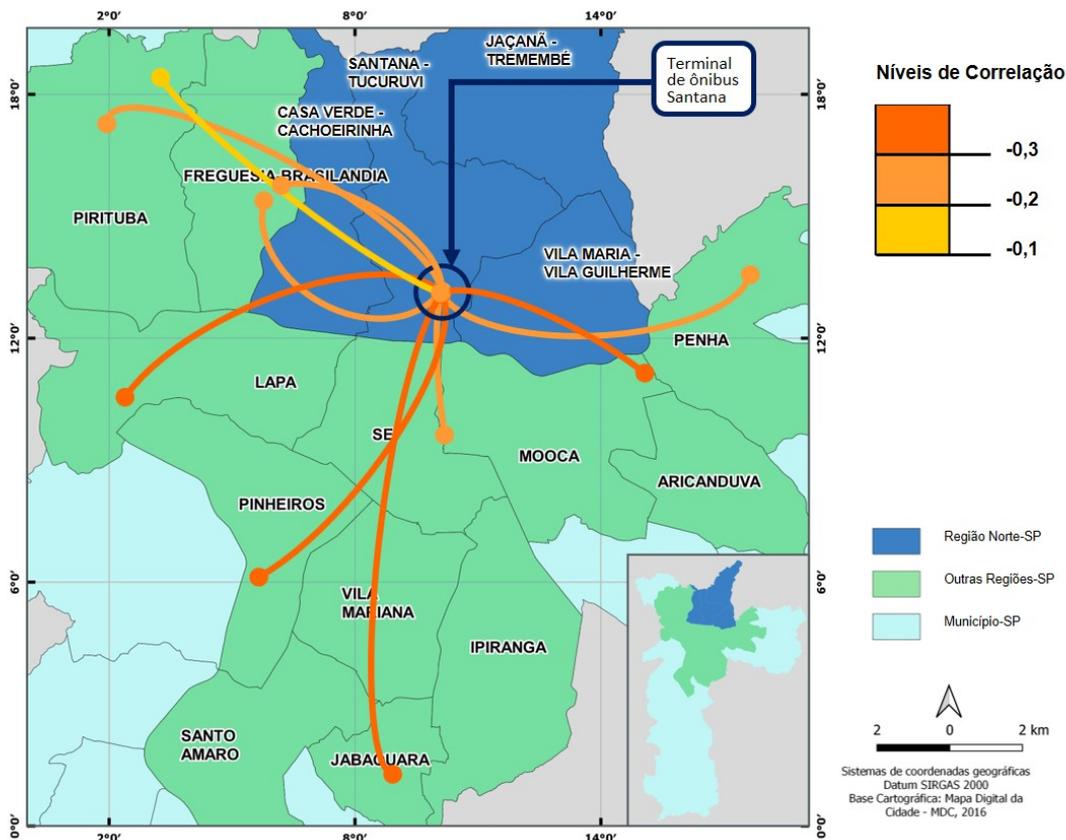
Figura 4.7: Mapa com 20 linhas que circulam na região norte da cidade representada por níveis de correlação.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Ainda assim, a Figura 4.8 ilustra graficamente as 10 linhas de ônibus que foram analisadas através do mesmo método de correlação ρ_{DCCA} , com origem no terminal de ônibus do metrô Santana e destino para diversos locais fora da região norte da cidade, e a precipitação da chuva (mm) na cidade de São Paulo. Nesse mapa, percebe-se um nível menos afetado nas linhas que circulam em outras regiões fora da zona Norte de São Paulo. No entanto, os valores apresentados são de correlação negativa com um menor nível de correlação, divergindo entre $-0,1$ e $-0,4$.

Figura 4.8: Mapa com 10 linhas que circulam em outras regiões da cidade representada por níveis de correlação.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

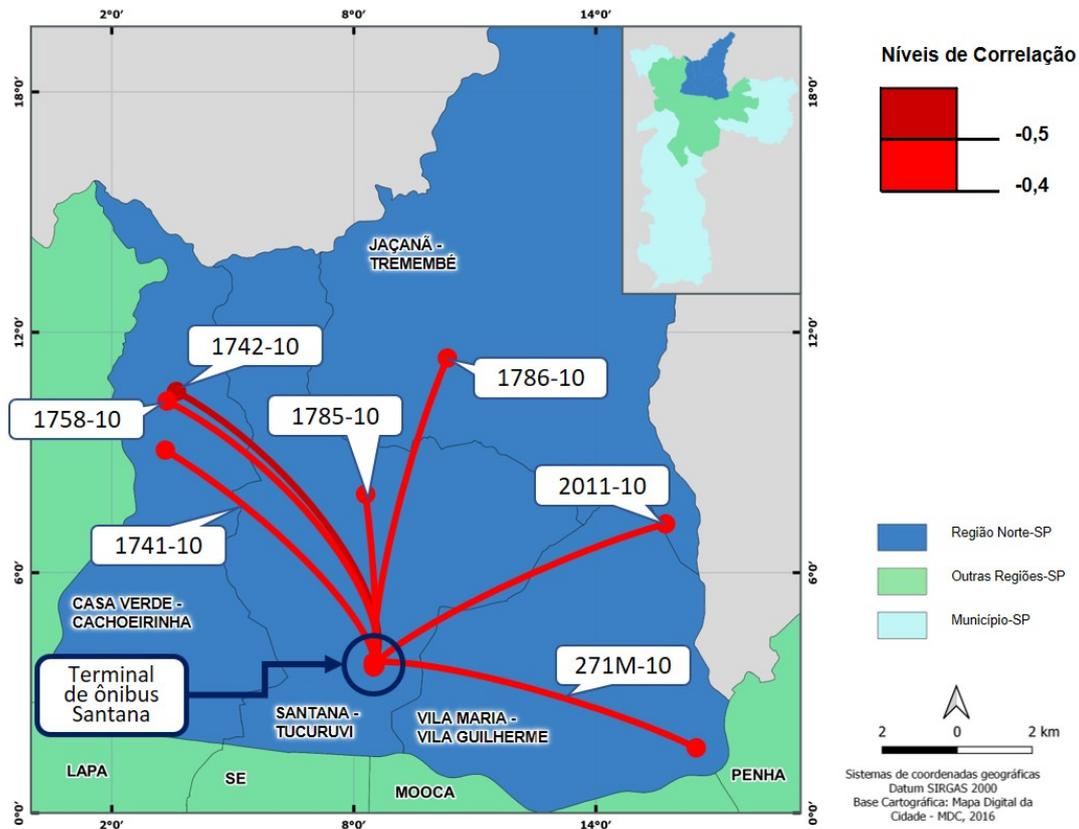
Sendo assim, a Figura 4.9 ilustra graficamente as 7 linhas de ônibus que apresentaram os piores indicadores de impacto no número de passageiros que utilizam o transporte de ônibus público com a ocorrência da chuva, na cidade de São Paulo. Das 7 linhas mostradas na Figura 4.9, observamos a linha de ônibus 1742 – 10, com o nível de correlação entre $-0,5$ e $-0,6$ e, portanto, o Bairro Casa Verde - Cachoeirinha o mais impactado com 3 linhas de níveis mais elevados negativamente de correlação com a chuva.

A região Norte é uma das regiões periféricas da cidade de São Paulo, vale lembrar que essas linhas que apresentaram maiores impactos causados pela chuva encontram-se nessa região mais suburbana. Por outro lado, as linhas que vão para as outras regiões da cidade como, por exemplo, para o centro da cidade, apresentaram uma anticorrelação com menor intensidade.

Esse resultado sugere uma dificuldade no acesso ao transporte bem como na primeira e última milha dos PcD e Idosos que se deslocam na cidade e, em especial, nessas regiões analisadas. Portanto, é importante salientar, a indicação para o atendimento de regiões ou bairros em situações de maiores dificuldades na mobilidade urbana para PcD e Idosos por meio do método

de pesquisa constatado nesse estudo.

Figura 4.9: Mapa com 7 linhas mais impactadas representada por níveis de correlação.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Essa foi uma experiência inédita realizada com o objetivo de correlacionar o número de acesso de passageiros PcD e Idosos no transporte de ônibus público com as condições climáticas causadas pela chuva e entender qual seria o impacto nessa correlação com o intuito de oferecer parâmetros para futuros estudos no campo da mobilidade. O ineditismo se deu pelo fato de não encontrarmos esse modelo de pesquisa na literatura, utilizando o método de correlação cruzada por meio do coeficiente ρ_{DCCA} .

No entanto, o exposto modelo apresentado se mostrou muito eficiente nos resultados apresentados e em sua aplicação. Em primeiro lugar, as deliberações apontadas através da metodologia aplicada pactuaram com a hipótese levantada no início da pesquisa, ou seja, o comportamento similar para a grande parte dos dados analisados mostra a eficiência e importância do método usado.

Considerações Finais

As análises realizadas em todas as séries, utilizando o coeficiente para quantificar o nível de correlação cruzada, exprimiram comportamentos similares entre as séries, os quais em sua maioria são compostos por correlações cruzadas negativas. Contudo, foi encontrada também uma única correlação cruzada positiva que necessita de maiores estudos para compreender o comportamento apresentado.

Quando comparado os resultados com dados paralelamente indicados em uma breve análise para os passageiros que não possuem mobilidade reduzida, valida a verdadeira dificuldade encontrada pelo grupo de PcD e Idosos em mobilidade urbana, especialmente no uso do transporte de ônibus público da região analisada.

Por fim, a pesquisa de fundamental relevância apresenta uma método que pode ser aplicado em diversas cidades urbanas no Brasil e no mundo, uma vez que disponibilizados os dados para aplicação do método.

Contudo, pode-se atestar que, de acordo com a hipótese, as condições climáticas, com o efeito da chuva, provocam uma diferença no número de PcD e Idosos que utilizam o transporte de ônibus público na cidade de São Paulo.

5.1 Conclusões

Em conclusão, esse estudo acompanha uma das preocupações e sua importância a cerca da inclusão social, política e econômica das Pessoas com Deficiência e dos Idosos no que se refere ao mesmo direito de mobilidade urbana das pessoas que não apresentam uma mobilidade reduzida. Os grupos destacados deveriam ter acesso sem nenhuma dificuldade de movimentação em todos ambientes e transportes dos centros urbanos, compactuando com os objetivos gerais das Organizações das Nações Unidas que prediz a importância da remoção das barreiras para a mobilidade, considerando o aumento rápido e em curto prazo desses grupos de pessoas nos próximos anos.

Portanto, esse resultado sugere uma importante necessidade em aplicação de políticas públicas para melhorar a circulação de PcD e Idosos no transporte em sua primeira e última milha, principalmente em dias de chuva, para garantir a igualdade e o direito de mobilidade urbana sem que seja necessário enfrentar obstáculos no acesso das cidades urbanas e entre elas.

5.2 Contribuições

O desafio de encontrar soluções nessa área de mobilidade traduz a real necessidade encontrada em cidades urbanas que precisam melhorar seus acessos e, portanto, incluir todos os cidadãos dentro do seu ecossistema sem que precisem enfrentar obstáculos na mobilidade.

Assim, o estudo pode contribuir orientando e conduzindo as elucidações em regiões com maiores dificuldades na mobilidade, ou seja, priorizando o entendimento das áreas com mais necessidades em soluções de mobilidade. Essa pesquisa corrobora com o fortalecimento em planejamentos urbanos no acesso geográfico de regiões com um grau de dificuldade elevado, possibilitando o estímulo à inclusão na mobilidade em áreas urbanas de PcD e Idosos. A compreensão dos locais mais impactados geograficamente auxilia, em primeira instância, na aplicação de políticas públicas, e/ou na aplicação de soluções para o âmbito da acessibilidade em locais mais vulneráveis à chuva.

A pesquisa contribui com a aplicação do método em uma área do conhecimento ainda não explorada nesse formato, com possibilidades de novas pesquisas e modelos matemáticos aplicados com esse mesmo intuito. E, ainda, com a possibilidade de utilização do modelo para análise em outras regiões metropolitanas do Brasil e, possivelmente, do mundo desde que os dados estejam disponíveis para o estudo.

5.3 Impactos da pesquisa

Os resultados visam mostrar aos gestores das empresas privadas e aos formuladores de políticas públicas onde direcionar os investimentos em acessibilidade e/ou em redes e serviços de transporte público, uma vez que o estudo sugere a localização de um possível problema. Portanto, exibe um potencial impacto social e econômico, quando da aplicação dos resultados dessa proposta em atividades associadas à indústria e/ou setores públicos.

5.4 Atividades Futuras de Pesquisa

Posto isso, os valores encontrados por meio do método $\rho DCCA$ sinaliza a localização de um potencial problema dentro da perspectiva do estudo em que está sendo analisado, não apontando então a causa do problema, porém o seu grau de dificuldade encontrado na região analisada. Assim, é possível como trabalhos futuros realizar a análise de causas para a mobilidade na primeira e última milha com PcD e Idosos utilizando-se de outros métodos.

Passageiros	Linhas do Transporte de	RhoDCCA (N - dias)																						
		4	5	7	9	11	13	16	20	24	28	33	38	45	52	60	69	80	91	104	119	135	154	174
Pagantes Gratuidade (P&G e idosos)	1. 1728-10 CEM. PO. DOS PINHEIROS / METRÔ SANTANA	-0,08615	-0,10433	-0,11547	-0,11359	-0,11343	-0,11185	-0,11152	-0,10342	-0,09357	-0,08893	-0,08314	-0,06762	-0,03526	0,00184	0,04099	0,08093	0,12102	0,14763	0,17029	0,20128	0,23877	0,27057	0,28802
Pagantes Gratuidade (P&G e idosos)	2. 1741-10 VL. DIONÍSIA / METRÔ SANTANA	-0,08164	-0,09435	-0,09824	-0,09027	-0,08378	-0,07706	-0,06949	-0,05864	-0,06216	-0,06216	-0,07462	-0,08153	-0,086	-0,08569	-0,08442	-0,08242	-0,08184	-0,08665	-0,10127	-0,10871	-0,1087	-0,1087	-0,11423
Pagantes Gratuidade (P&G e idosos)	3. 1742-10 JD. ANTÁRTICA / METRÔ SANTANA	-0,10047	-0,11086	-0,11168	-0,11054	-0,10608	-0,10247	-0,10319	-0,10119	-0,09568	-0,09287	-0,08925	-0,07943	-0,05894	-0,0394	-0,02243	-0,00792	0,00229	-4,29E-04	-0,01461	-0,03382	-0,05446	-0,08469	
Pagantes Gratuidade (P&G e idosos)	4. 1744-10 LAUZANE PAULISTA / METRÔ SANTANA	-0,08761	-0,09938	-0,10114	-0,09241	-0,08832	-0,0848	-0,08491	-0,08216	-0,07566	-0,07132	-0,06682	-0,05583	-0,03683	-0,01891	-0,00386	7,21E-03	0,0107	0,00145	-0,01548	-0,02857	-0,03506	-0,0583	
Pagantes Gratuidade (P&G e idosos)	5. 1756-10 PEDRA BRANCA / METRÔ SANTANA	-0,08193	-0,09258	-0,09225	-0,08831	-0,07933	-0,07618	-0,0764	-0,07217	-0,06787	-0,07151	-0,0815	-0,08591	-0,08817	-0,08157	-0,06157	-0,04618	-0,04128	-0,05128	-0,05506	-0,06456	-0,07761		
Pagantes Gratuidade (P&G e idosos)	6. 1758-10 JD. ANTÁRTICA / METRÔ SANTANA	-0,10243	-0,11847	-0,12829	-0,12374	-0,11965	-0,11581	-0,117	-0,11708	-0,11612	-0,11889	-0,12312	-1,18E-01	-0,10085	-0,0773	-0,05093	-0,0274	-0,01258	-0,01618	-0,03574	-0,06156	-0,09199		
Pagantes Gratuidade (P&G e idosos)	7. 1758-10 JD. PERU / METRÔ SANTANA	-0,07164	-0,08444	-0,08421	-0,07387	-0,06709	-0,05892	-0,05094	-0,04039	-0,03333	-3,63E-02	-0,04574	-0,04936	-0,0459	-0,03367	-0,01343	0,0167	0,05571	0,08677	0,11526	0,14967	0,18699	0,21553	
Pagantes Gratuidade (P&G e idosos)	8. 1764-10 JD. CORISCO / METRÔ SANTANA	-0,08914	-0,09935	-0,10152	-0,09239	-0,086	-0,08024	-0,07657	-0,07502	-0,06802	-0,05701	-0,05242	-0,03978	-0,01609	0,01099	0,04206	0,07754	0,11703	0,14544	0,16982	0,19456	0,2215	0,24094	
Pagantes Gratuidade (P&G e idosos)	9. 1778-10 JD. CABUÇU / METRÔ SANTANA	-0,09213	-0,10153	-0,1006	-0,09174	-0,08664	-0,08156	-0,07621	-0,06574	-0,05465	-0,04736	-0,03908	-0,0237	0,00515	0,03573	0,06646	0,09608	0,11954	0,1255	0,1204	0,11779	0,12133	0,11217	
Pagantes Gratuidade (P&G e idosos)	10. 1782-10 VL. NOVA GALVÃO / METRÔ SANTANA	-0,09197	-0,10545	-0,10706	-0,1079E-02	-0,0936	-0,08961	-0,08775	-0,08548	-0,08113	-0,07932	-0,09263	-0,0745	-0,04831	-0,01581	0,00225	0,0689	0,10456	0,13231	0,15957	0,18963	0,21396	0,21875	
Pagantes Gratuidade (P&G e idosos)	11. 1783-10 CACHOEIRA / METRÔ SANTANA	-0,10346	-0,118E-01	-0,12831	-0,12497	-0,12359	-0,12103	-0,12014	-0,11856	-0,10933	-0,09793	-0,09167	-0,07526	-0,04401	-0,00608	0,039118	0,09074	0,15113	0,19976	0,24103	0,27557	0,30043	0,31277	
Pagantes Gratuidade (P&G e idosos)	12. 1788-10 JD. FONTÁLIS / METRÔ SANTANA	-0,09949	-0,11459	-0,12232	-0,12079	-0,12136	-0,12061	-0,12046	-0,11419	-0,10586	-0,10203	-0,09787	-0,08549	-0,05848	-0,02716	0,01016	0,05379	0,10505	0,14583	0,18415	0,22541	0,26495	0,2953	
Pagantes Gratuidade (P&G e idosos)	13. 2011-10 VL. SABRINA / METRÔ SANTANA	-0,09088	-0,10815	-0,11933	-0,11726	-0,11783	-0,11754	-0,11807	-0,11009	-0,09863	-0,09108	-0,08374	-0,06957	-0,04472	-0,0185	0,00888	0,03223	0,04575	0,04286	0,02872	0,01406	8,07E-04	-0,03142	
Pagantes Gratuidade (P&G e idosos)	14. 371M-10 PO. NOVO MUNDO / METRÔ SANTANA	-0,09222	0,0107	0,01416	0,02018	0,02827	0,03675	0,04109	0,02717	0,00682	-0,008	-0,01961	-0,01734	-0,00714	-0,01076	-0,00548	0,03394	0,07391	0,1177	0,15664	0,199	0,23761	0,28579	
Pagantes Gratuidade (P&G e idosos)	15. 2740-10 PEDRA BRANCA / METRÔ SANTANA	-0,10713	-0,11915	-0,12367	-0,11611	-0,11188	-0,10817	-0,10651	-0,10075	-0,09419	-0,09301	-0,09381	-0,08751	-0,0724	-0,05417	-0,03543	-0,0164	7,40E-05	0,00333	-0,00174	-0,00342	-8,92E-04	-0,01238	
Pagantes Gratuidade (P&G e idosos)	16. 971T-10 VL. STA. MARIA / METRÔ SANTANA	-0,09505	-0,11031	-0,11429	-0,10356	-0,09767	-0,09405	-0,09483	-0,09269	-0,08877	-0,09009	-0,09427	-0,08972	-0,07471	-0,05498	-0,03075	-0,00431	0,02191	0,03708	0,04689	0,06003	0,07777	0,09103	
Pagantes Gratuidade (P&G e idosos)	17. 1018-10 VL. ROSA / METRÔ SANTANA	-0,08116	-0,09258	-0,09674	-0,09002	-0,08477	-0,08133	-0,08411	-0,09115	-0,10125	-0,11554	-0,1293	-0,1426	-0,11307	-0,09392	-0,06562	0,02436	0,06425	0,10287	0,14905	0,19662	0,24592	0,29762	
Pagantes Gratuidade (P&G e idosos)	18. 1785-10 VL. AURORA / METRÔ SANTANA	-0,03126	-0,04214	-0,05394	-0,06041	-0,0703	-0,07866	-0,09272	-0,10167	-0,10212	-0,10206	-0,09837	-0,08139	-0,05555	-0,02362	-0,00669	0,00932	0,01186	-0,00759	-0,04825	-0,09424	-0,13309	-0,18429	
Pagantes Gratuidade (P&G e idosos)	19. 1786-10 VL. ALBERTINA / METRÔ SANTANA	-0,06469	-0,08312	-0,08636	-0,11535	-0,11925	-0,11868	-0,11661	-0,11658	-0,12256	-0,1236	-0,1055	-0,08923	-0,07341	-0,0556	-0,03164	-0,01374	0,0051	0,03068	0,06327	0,08892	0,11309	0,14925	
Pagantes Gratuidade (P&G e idosos)	20. 1787-10 VL. MARIETA / METRÔ SANTANA	-0,04655	-0,06257	-0,077	-0,0788	-0,08003	-0,08013	-0,08469	-0,08989	-0,09657	-0,10855	-0,12197	-0,12246	-0,11239	-0,09743	-0,07899	-0,05209	-0,01732	0,00492	0,01676	0,02359	0,03708	0,04357	

Notas Autoadvisivas

Figura A.4: RhoDCCA das 20 linhas de ônibus da região norte analisadas.

Passageiros	Linhas do Transporte de Ônibus Público																							
	RhoDCCA (N. dias)																							
	4	5	7	9	11	13	16	20	24	28	33	38	45	52	60	69	80	91	104	119	135	154	174	
21. 1757-10 METRÔ SANTANA / METRÔ JABAQUARA	-0,08471	-0,10161	-0,11355	-0,11196	-0,11297	-0,11427	-0,11847	-0,11913	-0,11612	-0,11716	-0,12002	-0,11481	-0,10134	-0,08618	-0,07004	-0,05291	-0,03636	-0,02951	-0,02396	-0,03037	-0,02394	-0,03809	-0,06127	
22. 106A-10 METRÔ SANTANA / ITAIM/BIBI	-0,07938	-0,09482	-0,1017	-0,09376	-0,0893	-0,08627	-0,08712	-0,08627	-0,08376	-0,08627	-0,09213	-0,09076	-0,08448	-0,07675	-0,06759	-0,06048	-0,06251	-0,07926	-0,1095	-0,14349	-0,17354	-0,21124	-0,23651	
23. 1787-10 METRÔ SANTANA / CEASA	-0,07732	-0,09306	-0,10348	-0,09896	-0,09613	-0,09337	-0,09374	-0,09174	-0,08831	-0,08995	-0,09499	-0,09235	-0,08176	-0,06834	-0,05428	-0,04274	-0,0387	-0,04901	-0,07111	-0,09335	-0,1127	-0,15034	-0,21101	
24. 210A-10 METRÔ SANTANA / F. Q. D. PEDRO II (SE)	-0,07004	-0,08752	-0,10147	-0,1024	-0,10373	-0,10259	-0,10248	-0,09978	-0,09987	-0,10823	-0,12348	-0,13363	-0,13991	-0,14096	-0,14472	-0,13899	-0,1253	-0,11095	-0,09505	-0,0726	-0,04407	-0,01658	-0,00585	
25. 271A-51 CANGAIBA / METRÔ SANTANA	-0,07345	-0,08474	-0,09907	-0,09346	-0,09141	-0,07936	-0,08006	-0,07425	-0,06377	-0,0579	-0,05259	-0,03882	-0,01775	0,01773	0,04767	0,07679	0,10258	0,11114	0,1066	0,09993	0,09104	0,05804	-0,00215	
26. 271A-10 TERM. PENHA / METRÔ SANTANA	-0,09491	-0,10886	-0,11058	-0,10164	-0,09541	-0,08828	-0,08533	-0,07908	-0,07494	-0,07895	-0,08812	-0,08981	-0,08624	-0,07811	-0,06507	-0,04832	-0,03162	-0,02432	-0,02402	-0,02259	-0,017	-0,01978	-0,04223	
27. 9717-10 ID. ALMANARA / METRÔ SANTANA	-0,0541	-0,06883	-0,08352	-0,09084	-0,09424	-0,09532	-0,10204	-0,10894	-0,1136	-0,12216	-0,13402	-0,13414	-0,12737	-0,11805	-0,1046	-0,08722	-0,06797	-0,05878	-0,05538	-0,05056	-0,04043	-0,02831	-0,01835	
28. 971C-10 COHAB BRASILÂNDIA / METRÔ SANTANA	-0,08787	-0,1043	-0,11908	-0,12333	-0,12711	-0,12982	-0,13725	-0,14645	-0,15866	-0,17926	-0,20785	-0,24428	-0,28652	-0,24775	-0,24299	-0,238	-0,23412	-0,24025	-0,25343	-0,2619	-0,26114	-0,25629	-0,24668	
29. 971M-10 VIL. PENTEADO / METRÔ SANTANA	-0,09377	-0,11581	-0,13453	-0,1372	-0,13952	-0,14139	-0,14659	-0,15275	-0,1633	-0,1846	-0,21659	-0,24013	-0,2605	-0,27218	-0,27465	-0,266	-0,2487	-0,23238	-0,21813	-0,20146	-0,18361	-0,16755	-0,14394	
30. 971R-10 OPTM JARAGUÁ / METRÔ SANTANA	-0,10052	-0,11887	-0,12644	-0,11929	-0,11395	-0,10766	-0,10283	-0,09867	-0,09545	-0,10136	-0,11254	-0,11454	-0,10655	-0,09048	-0,06656	-0,03726	-0,00368	0,02187	0,04728	0,08037	0,11652	0,14745	0,17716	
	-0,12556	-0,14741	-0,16831	-0,16444	-0,15468	-0,16102	-0,15589	-0,1504	-0,15506	-0,17267	-0,20169	-0,22433	-0,24334	-0,25384	-0,25588	-0,25284	-0,25047	-0,25413	-0,26158	-0,26298	-0,25746	-0,24835	-0,23015	

Figura A.5: RhoDCCA das 10 linhas de ônibus fora da região norte analisadas.

Referências Bibliográficas

- ABNT, A. B. D. N. T. **NBR 9050: acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. [S.l.]: ABNT, 2004. [2.2](#)
- ACESSÍVEL, B. Programa brasileiro de acessibilidade urbana. **Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana. Ministério das Cidades. Brasília**, 2006. [2.2](#)
- ANDREY, J. et al. Weather as a chronic hazard for road transportation in canadian cities. **Natural Hazards**, Springer, v. 28, n. 2-3, p. 319–343, 2003. [2.3.1](#)
- BAKER, C. The behaviour of road vehicles in unsteady cross winds. **Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics**, Elsevier, v. 49, n. 1-3, p. 439–448, 1993. [2.3.1](#)
- BARNES, C. **Disabled people in Britain and discrimination: A case for anti-discrimination legislation**. [S.l.]: C. Hurst & Co. Publishers, 1991. [2.2.1](#)
- BIBRI, S. E.; KROGSTIE, J. Smart sustainable cities of the future: An extensive interdisciplinary literature review. **Sustainable cities and society**, Elsevier, v. 31, p. 183–212, 2017. [1](#)
- BISGAARD, S.; KULAHCI, M. **Time series analysis and forecasting by example**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2011. [2.4.1](#)
- BOUOYIYOUR, J.; SELMI, R.; WO HAR, M. E. Are islamic stock markets efficient? a multifractal detrended fluctuation analysis. **Finance Research Letters**, Elsevier, v. 26, p. 100–105, 2018. [2.4.2](#)
- CAMPBELL, J.; OLIVER, M. **Disability politics: understanding our past, changing our future**. [S.l.]: Routledge, 2013. [2.2.1](#)
- CARTER, T. et al. Ippc technical guidelines for assessing climate change impacts and adaptations with a summary for policy makers and a technical summary. **National Institute for Environmental Studies, Japan**, 1994. [2.3.1](#)
- CARVALHO, S. S. d. Ods 10: Reduzir a desigualdade dentro dos países e entre eles. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), 2019. [1](#)
- CASCETTA, E.; CARTENÌ, A.; MONTANINO, M. A new measure of accessibility based on perceived opportunities. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, Elsevier, v. 87, p. 117–132, 2013. [2.1](#)
- CHANGNON, S. A. Effects of summer precipitation on urban transportation. **Climatic Change**, Springer, v. 32, n. 4, p. 481–494, 1996. [2.3.1](#)
- CHAPMAN, L.; THORNES, J. A geomatics-based road surface temperature prediction model. **Science of the Total Environment**, Elsevier, v. 360, n. 1-3, p. 68–80, 2006. [2.3.1](#)
- CHAPMAN, L.; THORNES, J.; WHITE, S. Thermal imaging of railways to identify track sections prone to buckling. **Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit**, SAGE Publications Sage UK: London, England, v. 220, n. 3, p. 317–327, 2006. [2.3.1](#)

CHARLTON, J. I. **Nothing about us without us: Disability oppression and empowerment.** [S.l.]: Univ of California Press, 2000. [2.2.1](#)

CHEN, Y. et al. Dcca cross-correlation coefficients reveals the change of both synchronization and oscillation in eeg of alzheimer disease patients. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, Elsevier, v. 490, p. 171–184, 2018. [2.4.4](#)

CIDADE, E. da. Lei n. 10.257, de 10 de julho de 2001. **Regulamenta os artigos**, v. 182, 2001. [2.1](#)

DIN, M. M.; KARIM, M.; SARITHA, P. The aspect of walking accessibility in the development of gis-based transit system modelling in kuala lumpur. **International Journal of Digital Earth**, 2009. [1](#)

DOBNEY, K. et al. Quantifying the effects of high summer temperatures due to climate change on buckling and rail related delays in south-east united kingdom. **Meteorological Applications: A journal of forecasting, practical applications, training techniques and modelling**, Wiley Online Library, v. 16, n. 2, p. 245–251, 2009. [2.3.1](#)

EDWARDS, J. B. The relationship between road accident severity and recorded weather. **Journal of Safety Research**, Elsevier, v. 29, n. 4, p. 249–262, 1998. [2.3.1](#)

EHLERS, R. S. Análise de séries temporais. **Universidade Federal do Paraná**, 2007. [2.4.1](#), [2.4.1](#)

ERVATTI, L.; BORGES, G. M.; JARDIM, A. de P. **Mudança demográfica no Brasil no início do século XXI: subsídios para as projeções da população.** [S.l.]: IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2015. [1](#)

ESTATÍSTICA, B. I. B. de Geografia e. **Censo demográfico 2010. Características gerais da população, religião e pessoas com deficiência.** [S.l.]: IBGE Rio de Janeiro, 2010. [1](#)

FAN, J.; YAO, Q. **Nonlinear time series: nonparametric and parametric methods.** [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2008. [2.2](#)

FAYYAZ, Z. et al. Multifractal detrended fluctuation analysis of continuous neural time series in primate visual cortex. **Journal of neuroscience methods**, Elsevier, v. 312, p. 84–92, 2019. [2.4.2](#)

FERREIRA, P. What detrended fluctuation analysis can tell us about nba results. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, Elsevier, v. 500, p. 92–96, 2018. [2.4.2](#)

FERREIRA, P. et al. Are renewable energy stocks a possibility to diversify portfolios considering an environmentally friendly approach? the view of dcca correlation coefficient. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, Elsevier, v. 512, p. 675–681, 2018. [2.4.4](#)

FILHO, A. M. d. S. Correlação de longo alcance em indicadores de criminalidade de salvador/ba: Dfa e dcca. brasil, 2016. [2.3](#)

FORSEY, M. Education in a mobile modernity. **Geographical Research**, Wiley Online Library, v. 55, n. 1, p. 58–69, 2017. [1](#)

FORSYTH, R. et al. Participation of young severely disabled children is influenced by their intrinsic impairments and environment. **Developmental Medicine & Child Neurology**, Wiley Online Library, v. 49, n. 5, p. 345–349, 2007. [2.2.1](#)

FÜSSEL, H.-M.; KLEIN, R. J. Climate change vulnerability assessments: an evolution of conceptual thinking. **Climatic change**, Springer, v. 75, n. 3, p. 301–329, 2006. [2.3.1](#)

GU, D.; HUANG, J. Multifractal detrended fluctuation analysis on high-frequency szse in chinese stock market. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, Elsevier, v. 521, p. 225–235, 2019. [2.4.2](#)

GUEDES, E. et al. Dcca cross-correlation in blue-chips companies: A view of the 2008 financial crisis in the eurozone. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, Elsevier, v. 479, p. 38–47, 2017. [2.4.4](#)

GUEDES, E.; ZEBENDE, G. Dcca cross-correlation coefficient with sliding windows approach. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, Elsevier, v. 527, p. 121286, 2019. [2.4.4](#)

GUEDES, E. F.; ZEBENDE, G. F.; LIMA, I. C. da C. Quantificação dos efeitos do câmbio na produção da indústria de transformação baiana: uma abordagem via coeficiente de correlação cruzada pdcca. **Conjuntura & Planejamento**, n. 192, p. 75–89, 2017. [2.4.4](#)

HOFMANN, M.; O'MAHONY, M. The impact of adverse weather conditions on urban bus performance measures. In: IEEE. **Proceedings. 2005 IEEE Intelligent Transportation Systems, 2005**. [S.l.], 2005. p. 84–89. [1](#)

HUDSON, L. Highways asset management case study. **UK Climate Impacts Programme**, 2004. [2.3.1](#)

INGRAM, D. R. The concept of accessibility: a search for an operational form. **Regional studies**, Taylor & Francis, v. 5, n. 2, p. 101–107, 1971. [2.2](#)

(INMET), I. N. de M. **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa**. [S.l.]: Estação Meteorológica SÃO PAULO MIR de SANTANA SP (OMM: 83781), 2015–2017. [3.2](#), [3.3](#)

IVANOVA, K.; AUSLOOS, M. Application of the detrended fluctuation analysis (dfa) method for describing cloud breaking. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, Elsevier, v. 274, n. 1-2, p. 349–354, 1999. [2.4.2](#)

JAROSZWESKI, D.; CHAPMAN, L.; PETTS, J. Assessing the potential impact of climate change on transportation: the need for an interdisciplinary approach. **Journal of Transport Geography**, v. 18, n. 2, 2010. [2.3.1](#), [2.3.1](#)

JIAO, D. et al. The chaotic characteristics detection based on multifractal detrended fluctuation analysis of the elderly 12-lead ecg signals. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, Elsevier, p. 123234, 2019. [2.4.2](#)

KANTELHARDT, J. W. et al. Detecting long-range correlations with detrended fluctuation analysis. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, Elsevier, v. 295, n. 3-4, p. 441–454, 2001. [2.4.2](#)

KOETSE, M. J.; RIETVELD, P. The impact of climate change and weather on transport: An overview of empirical findings. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, Elsevier, v. 14, n. 3, p. 205–221, 2009. [2.3](#)

LEE, R. The demographic transition: three centuries of fundamental change. **Journal of economic perspectives**, v. 17, n. 4, p. 167–190, 2003. [2.2.1](#)

LEVINSON, D. Network structure and city size. **PloS one**, Public Library of Science, v. 7, n. 1, p. e29721, 2012. [2.1](#)

- LITMAN, T. **Evaluating accessibility for transport planning: measuring people's ability to reach desired goods and activities**. [S.l.]: Victoria Transport Policy Institute, 2017. [2.1](#)
- MCCARTHY, J. J. et al. **Climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability: contribution of Working Group II to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. [S.l.]: Cambridge University Press, 2001. v. 2. [2.3](#)
- MCCONACHIE, H. et al. Participation of disabled children: how should it be characterised and measured? **Disability and rehabilitation**, Taylor & Francis, v. 28, n. 18, p. 1157–1164, 2006. [2.2.1](#)
- MELLO, A.; PORTUGAL, L. Um procedimento baseado na acessibilidade para a concepção de planos estratégicos de mobilidade urbana: O caso do Brasil. **EURE (Santiago)**, Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Arquitectura, Diseño y . . . , v. 43, n. 128, p. 99–125, 2017. [2.1](#)
- MENSI, W. et al. Intraday downward/upward multifractality and long memory in bitcoin and ethereum markets: An asymmetric multifractal detrended fluctuation analysis. **Finance Research Letters**, Elsevier, v. 31, p. 19–25, 2019. [2.4.2](#)
- MISHRA, A. K.; GUPTA, R. Disability index: A measure of deprivation among disabled. **Economic and political weekly**, JSTOR, p. 4026–4029, 2006. [2.2.1](#)
- MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. Análise de séries temporais. In: **Análise de séries temporais**. [S.l.: s.n.], 2006. [2.4.1](#), [2.4.1](#)
- NATIONS, D. o. E. U.; AFFAIRS, S. **World population ageing 2017: highlights**. [S.l.]: United Nations New York, 2017. [2.2.1](#), [2.1](#), [2.2.1](#), [2.2](#)
- NATIONS, U. Convention on the rights of persons with disabilities (crpd), u. **New York: Division for Social Policy and Development Disability**, p. 1–31, 2006. [2.2](#)
- NUSSENZVEIG, H. M. Introdução à complexidade. **Complexidade e caos. Rio de Janeiro: UFRJ/COPEA**, p. 9–26, 1999. [1](#)
- O'FLAHERTY, C. A. **Transport planning and traffic engineering**. [S.l.]: CRC Press, 2018. [1](#)
- OLIVER, M. **Politics of disablement**. [S.l.]: Macmillan International Higher Education, 1990. [2.2.1](#)
- ORGANIZATION, W. H. **Global status report on road safety 2015**. [S.l.]: World Health Organization, 2015. [2.1](#)
- ORGANIZATION, W. H. **World health statistics 2017: monitoring health for the SDGs sustainable development goals**. [S.l.]: World Health Organization, 2017. [1](#)
- ORGANIZATION, W. H. et al. **World report on disability 2011**. [S.l.]: World Health Organization, 2011. [1](#), [2.2.1](#), [2.1](#), [2.2.1](#)
- PARMENTER, T. R. The present, past and future of the study of intellectual disability: challenges in developing countries. **salud pública de México**, v. 50, n. S2, p. 124–131, 2008. [2.2.1](#)
- PARRY, M. et al. **Climate change 2007-impacts, adaptation and vulnerability: Working group II contribution to the fourth assessment report of the IPCC**. [S.l.]: Cambridge University Press, 2007. v. 4. [2.3](#), [2.3.1](#)

PATTANTYÚS-ABRAHÁM, M.; KIRÁLY, A.; JÁNOSI, I. M. Nonuniversal atmospheric persistence: Different scaling of daily minimum and maximum temperatures. **Physical Review E**, APS, v. 69, n. 2, p. 021110, 2004. [2.4.2](#)

PAVLOV, A. et al. Detrended fluctuation analysis of eeg patterns associated with real and imaginary arm movements. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, Elsevier, v. 509, p. 777–782, 2018. [2.4.2](#)

PENG, C.-K. et al. Statistical properties of dna sequences. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, Elsevier, v. 221, n. 1-3, p. 180–192, 1995. [2.4.2](#)

PENG, C.-K. et al. Mosaic organization of dna nucleotides. **Physical review e**, APS, v. 49, n. 2, p. 1685, 1994. [2.4.2](#)

PENG, C.-K.; COSTA, M.; GOLDBERGER, A. L. Adaptive data analysis of complex fluctuations in physiologic time series. **Advances in adaptive data analysis**, World Scientific, v. 1, n. 01, p. 61–70, 2009. [2.4.4](#), [3.3](#)

PEREIRA, M. L. Acessibilidade arquitetônica para cadeirantes na rede estadual e municipal de educação em mineiro. Universidade Federal de Goiás, 2013. [2.2](#)

PEREIRA, R. H. M. et al. Ods 11: Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis: o que mostra o retrato do brasil? Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), 2019. [1](#)

PETERSON, T. C. et al. Climate variability and change with implications for transportation. **Transportation Research Board**, v. 90, 2008. [2.3](#)

PINHEIRO, A.; SOUZA, A. Brasil 2050: desafios de uma nação que envelhece. **Brasília (DF): Edições Câmara**, 2017. [2.2](#)

PIRES, A. C. M.; PIRES, L. R. G. M. Mobilidade urbana: desafios e sustentabilidade. **São Paulo: Ponto e Linha**, 2016. [2.1](#)

PISKORSKI, J. et al. Properties of asymmetric detrended fluctuation analysis in the time series of rr intervals. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, Elsevier, v. 491, p. 347–360, 2018. [2.4.2](#)

PODOBNIK, B.; STANLEY, H. E. Detrended cross-correlation analysis: a new method for analyzing two nonstationary time series. **Physical review letters**, APS, v. 100, n. 8, p. 084102, 2008. [2.4.3](#), [2.4.3](#), [2.4.4](#), [3.3](#)

QUINN, G.; DEGENER, T. A survey of international, comparative and regional disability law reform. **Disability rights law and policy-international and national perspectives**. Ardsley, **Transnational**, 2002. [2.2.1](#)

RIBEIRO, S. B. Mobilidade e acessibilidade urbana em centros históricos, caderno técnico 9, organização, iphan, 2014 p. 24. http://portal.iphan.gov.br/uploads/publicacao/Cad-Tec9_CadernoAcessibilidade_m.pdf. Acesso em 14/08/2019, v. 7, p. 25, 2019. [1](#), [2.1](#), [2.2](#), [2.2.1](#)

ROLNIK, R.; PINHEIRO, O. M. et al. Plano diretor participativo: guia para elaboração pelos municípios e cidadãos. MCID, 2004. [2.1](#)

- RUSCHER, S. et al. Intermodal transport systems as a chance to enhance first mile and last mile mobility of older adults and persons with disabilities: position paper on action areas for accessible urban and suburban transport. In: SCITEPRESS. **ICT4AWE 2018, Funchal, Portugal, 22-23 March 2018**. [S.l.], 2018. p. 200–208. 1
- SANTOS, B. de S.; NUNES, J. A. Introdução: para ampliar o cânone do reconhecimento, da diferença e da igualdade. **Reconhecer para libertar. Os caminhos do cosmopolitismo multicultural**, Civilização Brasileira Rio de Janeiro, RJ, 2003. 2.2
- SHAHEEN, S. A.; GUZMAN, S.; ZHANG, H. Bikesharing in europe, the americas, and asia: past, present, and future. **Transportation Research Record**, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 2143, n. 1, p. 159–167, 2010. 1
- SHAKESPEARE, T. Disability rights and wrongs. **Beyond Discip**, v. 4, n. 2, p. 45, 2008. 2.2.1
- SILVA, C. O. d. Cidades concebidas para o automóvel: mobilidade urbana nos planos diretores posteriores ao estatuto da cidade. 2009. 2.1
- SILVA, E. R. A. d. C. Agenda 2030: Ods-metas nacionais dos objetivos de desenvolvimento sustentável. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), 2018. 1
- SILVA, M. F. da et al. Quantifying cross-correlation between ibovespa and brazilian blue-chips: The dcca approach. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, Elsevier, v. 424, p. 124–129, 2015. 2.4.4
- SOLOMON, S. et al. **Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge, United Kingdom and New York, NY**. [S.l.]: USA: Cambridge University Press, 2007. 2.3
- SPIEGEL, M. R.; STEPHENS, L. J. Estatística. coleção schaum. **3ª Edição, Editora Afiliada, São Paulo**, 1993. 2.4.1
- SPTRANS. **Prefeitura de São Paulo Banco de dados - Secretaria da Mobilidade e Transporte - Passageiros Transportados nos Ônibus do Transporte Público**. 2015–2017. Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/transportes/institucional/sptrans/aceso_a_informacao/index.php?p=228269>. Acesso em: 07 jun. 2018. 3.2, 3.3
- SUN, X.; LIU, Z. Optimal portfolio strategy with cross-correlation matrix composed by dcca coefficients: Evidence from the chinese stock market. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, Elsevier, v. 444, p. 667–679, 2016. 2.4.4
- THOMAS, C. **Female forms: Experiencing and understanding disability**. [S.l.]: McGraw-Hill Education (UK), 1999. 2.2.1
- THORNES, J. E. The impact of weather and climate on transport in the uk. **Progress in Physical Geography**, Sage Publications Sage CA: Thousand Oaks, CA, v. 16, n. 2, p. 187–208, 1992. 2.3.1
- TIWARI, A. K.; AYE, G. C.; GUPTA, R. Stock market efficiency analysis using long spans of data: A multifractal detrended fluctuation approach. **Finance Research Letters**, Elsevier, v. 28, p. 398–411, 2019. 2.4.2
- TOL, R. S. Socio-economic scenarios. In: **Handbook on Methods of Climate Change Impact Assessment and Adaptation Strategies**. [S.l.]: UN Env. Progr. and Inst. for Env. Studies/VU, 1998. p. 2–1. 2.3.1

- TYRINOPOULOS, Y.; ANTONIOU, C. Factors affecting modal choice in urban mobility. **European Transport Research Review**, Springer, v. 5, n. 1, p. 27–39, 2013. [1](#)
- ÜSTÜN, T. B. et al. The world health surveys. **Health systems performance assessment: debates, methods and empiricism**. Geneva, **World Health Organization**, v. 797, 2003. [2.2.1](#)
- VASSOLER, R.; ZEBENDE, G. Dcca cross-correlation coefficient apply in time series of air temperature and air relative humidity. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, Elsevier, v. 391, n. 7, p. 2438–2443, 2012. [2.4.4](#)
- WALSH, C. L. et al. Building knowledge for a changing climate: collaborative research to understand and adapt to the impacts of climate change on infrastructure, the built environment and utilities. Newcastle University, 2007. [2.3.1](#)
- WEI, W. W. Time series analysis. In: **The Oxford Handbook of Quantitative Methods in Psychology: Vol. 2**. [S.l.: s.n.], 2006. [2.4.1](#)
- ZEBENDE, G.; SILVA, M. D.; FILHO, A. M. Dcca cross-correlation coefficient differentiation: Theoretical and practical approaches. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, Elsevier, v. 392, n. 8, p. 1756–1761, 2013. [2.4.3](#), [2.4.4](#), [3.3](#)
- ZEBENDE, G. F. Dcca cross-correlation coefficient: quantifying level of cross-correlation. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, Elsevier, v. 390, n. 4, p. 614–618, 2011. [2.4.4](#), [2.4.4](#), [3.2](#)
- ZHANG, C. et al. Coupling detrended fluctuation analysis of the relationship between pm2.5 concentration and weather elements. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, Elsevier, p. 121757, 2019. [2.4.2](#)
- ZHANG, X. et al. Multifractal detrended fluctuation analysis on air traffic flow time series: A single airport case. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, Elsevier, p. 121790, 2019. [2.4.2](#)