



PROCEDIMENTO PARA AVALIAÇÃO DA RESILIÊNCIA DO SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO FRENTE A MUDANÇAS ECONÔMICAS

Tálita Floriano dos Santos

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Engenharia de Transportes.

Orientador: Marcelino Aurélio Vieira da Silva

Rio de Janeiro
Dezembro de 2020

PROCEDIMENTO PARA AVALIAÇÃO DA RESILIÊNCIA DO SISTEMA DE
TRANSPORTE PÚBLICO FRENTE A MUDANÇAS ECONÔMICAS

Tálita Floriano dos Santos

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ COIMBRA
DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS
PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE
TRANSPORTES.

Orientador: Marcelino Aurélio Vieira da Silva

Aprovada por: Prof. Marcelino Aurélio Vieira da Silva

Prof. Licínio da Silva Portugal

Prof. Antônio Néelson Rodrigues da Silva

Prof. Vicente Aprigliano Fernandes

Prof. Ilton Curty Leal Júnior

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

DEZEMBRO DE 2020

Santos, Tálita Floriano dos.

Procedimento para avaliação da resiliência do sistema de transporte público frente a mudanças econômicas/Tálita Floriano dos Santos. – Tálita Floriano dos Santos. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2020.

XIII, 147 p.: il.; 29,7cm.

Orientador: Marcelino Aurélio Vieira da Silva

Tese (doutorado) – UFRJ/COPPE/Programa de Engenharia de Transportes, 2020.

Referências Bibliográficas: p. 115 – 124.

1. Transporte. 2. Planejamento. 3. Mobilidade Urbana
I. Silva, Marcelino Aurélio Vieira da. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, programa de Engenharia de Transportes. III. Título.

DEDICATÓRIA

Ao meu filho, Marco Antônio, por toda
compreensão durante este processo.

AGRADECIMENTOS

Ao universo por ter conspirado a favor em todo caminho até aqui.

Aos meus pais por todo incentivo a minha educação desde sempre.

Ao meu orientador, Prof. Marcelino Aurélio Vieira da Silva, pela sua brilhante orientação durante todo proceso, sem a qual não seria possível obter essa tese.

Aos membros da banca: Professor Licínio da Silva Portugal, Professor Antônio Nélon Rodrigues da Silva, Professor Vicente Aprigliano Fernandes e Professor Ilton Curty Leal Júnior pelas valiosas contribuições.

Ao CNPq pela bolsa de estudos concedidas para realizar o doutorado sanduíche na *University of Leeds* e ao Professor Greg Marsden por ter me recebido e orientado.

Aos colegas e amigos do Programa de Engenharia de Transportes que fiz durante esse processo, em especial a Gabi, Mari, Juliana, Camilla, Douglas, Igor e Filipe Ribeiro.

A minha psicóloga Suel Duarte por ter me ajudado a tornar a caminhada mais equilibrada.

A todo corpo docente e técnico do Programa de Engenharia de Transporte, em especial ao Professor Romulo Orrico e a Jane Correa.

As minhas amigas de infância que me escutam e torcem por mim desde sempre: Sheyla, Amanda, Raisa, Jéssica, Isis e Jemima.

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (D.Sc.)

PROCEDIMENTO PARA AVALIAÇÃO DA RESILIÊNCIA DO SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO FRENTE A MUDANÇAS ECONÔMICAS

Tálita Floriano dos Santos

Dezembro/2020

Orientador: Marcelino Aurélio Vieira da Silva

Programa: Engenharia de Transportes

Resiliência é a capacidade de um sistema se adaptar, persistir e transformar mediante ameaças, que podem ser externas ou internas ao sistema. Essas ameaças, caso ocorram, podem afetar o sistema de transporte público. A literatura apresenta ameaças principalmente relacionadas a desastres naturais e consequências de mudanças climáticas, como terremotos e aumento do nível do mar, respectivamente. A partir do levantamento de ameaças existentes que podem afetar a mobilidade urbana, identificou-se uma lacuna no que tange a análise do nível de resiliência e vulnerabilidade diante de ameaças de ordem econômica que podem afetar mais severamente países em desenvolvimento como o Brasil e caracterizados pela desigualdade. Dessa forma, a motivação deste trabalho é entender quais seriam as áreas mais vulneráveis e mais resilientes, caso o programa de integração de tarifas subsidiadas deixasse de existir. Assim, esta tese apresenta um procedimento para mensurar o nível de vulnerabilidade e resiliência no acesso a empregos mediante uma ameaça de ausência de integração tarifária. A cidade escolhida para aplicação foi o Rio de Janeiro, utilizando os dados dos 160 bairros. A partir da aplicação do procedimento com utilização da lógica nebulosa, a análise foi feita através do nível médio de resiliência e vulnerabilidade, separando nas 11 macrozonas da cidade. Constatou-se que os bairros concentrados em áreas centrais e com transporte de alta capacidade disponível (trem ou metrô) são as mais resilientes e menos vulneráveis. A contribuição do procedimento pode ser verificada pelo fato de analisar o nível de vulnerabilidade e resiliência do transporte público a partir da inclusão de uma ameaça que possa causar uma ruptura que impacta em mudanças de rotinas no acesso aos empregos disponíveis em uma região.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Science (D.Sc.)

PROCEDURE FOR ASSESSING THE RESILIENCE OF THE PUBLIC TRANSPORT
SYSTEM IN FRONT OF ECONOMIC CHANGES

Tálita Floriano dos Santos

December/2020

Advisor: Marcelino Aurélio Vieira da Silva

Department: Transportation Engineering

Resilience is the ability of a system to adapt, persist and transform through threats, which can be external or internal to the system. These threats, if they occur, can affect the public transport system. The literature presents threats mainly related to natural disasters and the consequences of climate change, such as earthquakes and rising sea levels, respectively. From the survey of existing threats that can affect urban mobility, a gap was identified with regard to the analysis of the level of resilience and vulnerability in the face of threats of an economic order that can affect more severely developing countries like Brazil and characterized by inequality. Thus, the motivation of this work is to understand which areas would be the most vulnerable and most resilient, should the subsidized tariff integration program cease to exist. Thus, this thesis presents a procedure to measure the level of vulnerability and resilience in access to jobs through a threat of the absence of tariff integration. The city chosen for application was Rio de Janeiro, using data from 160 neighborhoods. From the application of the procedure with the use of fuzzy logic, the analysis was made through the average level of resilience and vulnerability, separating the 11 macrozones in the city. It was found that neighborhoods concentrated in central areas and with high-capacity transport available (train or subway) are the most resilient and least vulnerable. The contribution of the procedure can be verified by the fact that it analyzes the level of vulnerability and resilience of public transport based on the inclusion of a threat that could cause a rupture that impacts changes in routines in access to jobs available in a region.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Problema de Pesquisa	1
1.2 Hipótese de Pesquisa	4
1.3 Objetivos Geral e Específicos	4
1.4 Justificativa.....	4
1.5 Delimitação do Trabalho	8
1.6 Estrutura do trabalho.....	8
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1 REVISÃO BIBLIOMÉTRICA.....	10
2.1.1 Análise de citação	11
2.1.2 Análise de Palavras Chave.....	21
2.2 Considerações sobre a revisão sistemática e bibliométrica	23
2.3 Conceito de Resiliência	24
2.4 Risco e Vulnerabilidade.....	29
2.5 Resiliência Urbana	34
2.6 Ameaças aplicáveis a Mobilidade Urbana	39
2.6.1 Mudanças Climáticas e Desastres Naturais	41
2.6.2 Escassez de Recursos Naturais	42
2.6.3 Mudanças Econômicas	43
2.6.4 Problemas Urbanos	44
2.6.5 Ameaças sob a ótica dos relatórios governamentais.....	44
2.7 Considerações sobre o capítulo	47
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	49
3.1 Modelagem com a sistema de lógica nebulosa.....	49
3.2 Etapas do procedimento metodológico	51
3.2.1 Etapa 1: Definições Iniciais	52
3.2.2 Etapa 2: Área de Estudo e Zoneamento.....	52
3.2.3 Etapa 3: Variáveis de Entrada.....	52
3.2.4 Etapa 4: Arquitetura Lógica do Problema utilizando Lógica Nebulosa	54
3.2.5 Etapa 5: Matrizes de Vulnerabilidade e Resiliência	54
3.2.6 Etapa 6: Definição dos Critérios de Vulnerabilidade e Resiliência.....	54
3.2.7 Etapa 7: Elaboração do código de Vulnerabilidade e Resiliência	55

3.2.8	Etapa 8: Elaboração de Mapas de Vulnerabilidade e Resiliência.....	56
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	58
4.1	Etapa 1: Definição da ameaça.....	58
4.2	Etapa 2: Área de estudo e zoneamento	58
4.3	Etapa 3: Variáveis de Entrada.....	59
4.4	Etapa 4: Elaboração da Arquitetura Lógica do Problema	64
4.5	Etapa 5: Matrizes de Vulnerabilidade e Resiliência.....	68
4.6	Etapa 6: Definição de critérios de Vulnerabilidade e Resiliência.....	68
4.7	Etapa 7: Elaboração do código de vulnerabilidade e resiliência	69
4.8	Etapa 8: Elaboração de Mapas de vulnerabilidade e resiliência	70
4.8.1	Macrozona 1: Zona Portuária	72
4.8.2	Macrozona 2: Centro	75
4.8.3	Macrozona 3: Zona Sul.....	77
4.8.4	Macrozona 4: Tijuca	81
4.8.5	Macrozona 5: Zona Norte	85
4.8.6	Macrozona 6: Zona Central	89
4.8.7	Macrozona 7: Jacarepaguá.....	93
4.8.8	Macrozona 8: Extremo Oeste	96
4.8.9	Macrozona 9: Ilha do Governador	99
4.8.10	Macrozona 10: Zona Oeste.....	102
4.8.11	Macrozona 11: Barra da Tijuca	104
4.9	Análise dos resultados.....	108
4.9.1	Nível de vulnerabilidade.....	108
4.9.2	Nível de Resiliência	109
4.9.3	Considerações sobre resultados	110
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	112
5.1	Conclusões.....	112
5.2	Implicações	113
5.3	Limitações e sugestões de trabalhos futuros.....	114

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Citação de Artigos	12
Figura 2- Rede de citação de Autores.....	18
Figura 3- Rede de co-corrência de termos.....	21
Figura 4- Triângulo da Resiliência	25
Figura 5 – Efeitos da tomada de decisão na resiliência.....	27
Figura 6 - <i>Framework</i> da Cidade Resiliente.....	33
Figura 7- Esquema conceitual do Espaço urbano.....	35
Figura 8- Nível de Resiliência	37
Figura 9 - Exemplo de resiliência média	56
Figura 10 - Fluxograma da metodologia utilizada para mensurar o nível de vulnerabilidade e resiliência.....	57
Figura 11 - Bairros da cidade do Rio de Janeiro	59
Figura 12 – Plotagem da função de pertinência para a quantidade de empregos.....	60
Figura 13- Plotagem da função de pertinência para a população	60
Figura 14 - Plotagem da função de pertinência para o tempo de viagem.....	61
Figura 15 - Plotagem da função de pertinência para oportunidades intervenientes	61
Figura 16- Plotagem da função de pertinência para quantidade de empregos acessados com 1 tarifa.....	62
Figura 17- Plotagem da função de pertinência para quantidade de empregos acessados em até 60 minutos	62
Figura 18- Plotagem da função de pertinência para renda média.....	63
Figura 19- Plotagem da função de pertinência para diferença tarifária.....	63
Figura 20- Plotagem da função de pertinência para Indicador de Desenvolvimento Social....	63
Figura 21- Arquitetura do Problema baseado na Lógica Nebulosa.....	65
Figura 22 - Mapa com o nível de vulnerabilidade média da Macrozona 1	73
Figura 23 – Mapa com o nível de Resiliência média da Macrozona 1.....	74
Figura 24- Mapa com o nível de vulnerabilidade média da Macrozona 2	75
Figura 25- Mapa com o nível de Resiliência média da Macrozona 2	77
Figura 26- Mapa com o nível de vulnerabilidade média da Macrozona 3	79
Figura 27- Mapa com o nível de Resiliência média da Macrozona 3	81
Figura 28- Mapa com o nível de Vulnerabilidade média da Macrozona 4	83
Figura 29 - Mapa com o nível de Resiliência média da Macrozona 4	84
Figura 30- Mapa com o nível de Vulnerabilidade média da Macrozona 5	87
Figura 31- Mapa com o nível de Resiliência média da Macrozona 5	89
Figura 32 - Mapa com o nível de Vulnerabilidade média da Macrozona 6	91
Figura 33- Mapa com o nível de Resiliência média da Macrozona 6	93
Figura 34- Mapa com o nível de Vulnerabilidade média da Macrozona 7	94
Figura 35- Mapa com o nível de Resiliência média da Macrozona 7	95
Figura 36- Mapa com o nível de Vulnerabilidade média da Macrozona 8	97
Figura 37 - Mapa com o nível de Resiliência média da Macrozona 8	98
Figura 38- Mapa com o nível de Vulnerabilidade média da Macrozona 9	100
Figura 39- Mapa com nível de Resiliência média da Macrozona 9	101
Figura 40 - Mapa com o nível de Vulnerabilidade média da Macrozona 10	103
Figura 41 – Mapa do Nível de Resiliência da Macrozona 10	104
Figura 42- Mapa com o nível de Vulnerabilidade média da Macrozona 11	105
Figura 43- Mapa com nível de Resiliência média (Macrozona 11)	106
Figura 44 - Mapas com vulnerabilidade e resiliência médias	107

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Vulnerabilidade por bairro (Macrozona 1 – Zona Portuária).....	73
Tabela 2 - Resiliência por bairro (Macrozona 1 - Zona Portuária)	74
Tabela 3- Vulnerabilidade por bairro (Macrozona 2 - Centro)	75
Tabela 4-Resiliência por bairro (Macrozona 2 - Centro)	76
Tabela 5 -Vulnerabilidade por bairro (Macrozona 3 – Zona Sul).....	78
Tabela 6- Resiliência por bairro (Macrozona 3 - Zona Sul).....	80
Tabela 7- Vulnerabilidade por bairro (Macrozona 4 - Tijuca)	82
Tabela 8- Resiliência por bairro (Macrozona 4 - Tijuca)	84
Tabela 9 - Vulnerabilidade por bairro (Macrozona 5 – Zona Norte)	86
Tabela 10 - Resiliência por bairro (Macrozona 5 – Zona Norte)	88
Tabela 11- Vulnerabilidade por bairro (Macrozona 6 – Zona Central).....	90
Tabela 12- Resiliência por bairro (Macrozona 6 – Zona Central).....	92
Tabela 13 - Vulnerabilidade por bairro (Macrozona 7 - Jacarepaguá).....	93
Tabela 14- Resiliência por bairro (Macrozona 7 - Jacarepaguá).....	95
Tabela 15 - Vulnerabilidade por bairro (Macrozona 8 – Extremo Oeste).....	96
Tabela 16- Resiliência por bairro (Macrozona 8 – Extremo Oeste).....	98
Tabela 17 - Vulnerabilidade por bairro (Macrozona 9 – Ilha do Governador)	99
Tabela 18-Resiliência média por bairro (Macrozona 9 – Ilha do Governador).....	101
Tabela 19 - Vulnerabilidade por bairro (Macrozona 10 – Zona Oeste)	102
Tabela 20- Resiliência por bairro (Macrozona 10 - Zona Oeste).....	103
Tabela 21 - Vulnerabilidade por bairro (Macrozona 11 – Barra da Tijuca).....	105
Tabela 22 - Resiliência por bairro (Macrozona 11 – Barra da Tijuca).....	106

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Critérios para Pesquisa	9
Quadro 2 - Artigos com maior número de citações ou links	12
Quadro 3 – Quantidade de autores e respectivas citações mínimas	17
Quadro 4 - Artigos com maior número de citações ou links	18
Quadro 5- Os 4R's da Resiliência	26
Quadro 6 – Conceito de Resiliência	28
Quadro 7- Conceitos de Risco	30
Quadro 8- Definição de Vulnerabilidade.....	31
Quadro 9- Conceitos associados a ameaça	40
Quadro 10 - Ameaças aplicáveis a mobilidade urbana.....	46
Quadro 11- Variáveis de Entrada	53
Quadro 12 - Descrição das variáveis de saída de cada bloco de Inferência	67
Quadro 13- Base de regras nebulosas para o Bloco de Inferência 1 para Emprego “muito baixo”	67
Quadro 14- Apresentação dos resultados de vulnerabilidade.....	71
Quadro 15- Apresentação dos resultados de resiliência	71
Quadro 16 - Macrozonas da cidade do Rio de Janeiro	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDS- Indicador de desenvolvimento social

RARJ – Regiões administrativas da cidade do Rio de Janeiro

ST - Sistema de Transporte

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo são apresentadas o problema de pesquisa, os objetivos, a justificativa; a delimitação da pesquisa e por fim, a estrutura deste trabalho.

1.1 Problema de Pesquisa

O enfoque sobre o tema acessibilidade tem ganhado destaque na dinâmica social moderna devido a sua importância para o funcionamento adequado das cidades, no que se refere à capacidade das pessoas em alcançar bens, serviços e atividades, sendo esse o objetivo final da maioria dos sistemas de transporte (Litman, 2018), apresentando-se como uma questão cada vez mais crucial, pois é capaz de conceder aos indivíduos acesso aos recursos que o espaço urbano oferece (Bertolini, 2007).

A acessibilidade é um atributo necessário ao planejamento urbano pois possibilita às pessoas acessarem as atividades existentes no espaço urbano, relacionadas ao lazer, educação ou trabalho. No entanto, o planejamento urbano convencional não trata sobre ameaças globais (por exemplo, mudanças climáticas, aumento no preço do petróleo, crises financeiras e o desafio do uso do solo) que afetam o abastecimento local de alimentos, água, transportes e emprego (Sellberg, Wilkinson e Peterson, 2015). Essas ameaças podem ocorrer em qualquer espaço indistintamente. No entanto, cabe aos planejadores considerarem essas questões para que um determinado sistema possa continuar em funcionamento caso a ameaça ocorra, e assim os riscos existentes sejam mitigados ou eliminados.

Diante desse cenário, o papel do sistema de transporte está se tornando cada vez mais importante à medida que as cidades são expandidas espacialmente e, concomitantemente, ocorre o desenvolvimento de aglomerados por atividades complexas sobre seu território geográfico (Duy, Chapman e Tight, 2019).

Nessa perspectiva, entender o conceito de resiliência dos sistemas de transporte frente aos desastres naturais ou causados pelo homem é de extrema importância, não só para o sistema em si, mas também para o funcionamento efetivo de outros sistemas para os quais o transporte faz parte de sua cadeia de funções (Gaitanidou, Tsami e Bekiaris, 2017), já que interrupções no sistema de transporte aumentam o tempo de viagem e os custos, comprometem a confiança do usuário no sistema e desafiam a vitalidade econômica (Ta, Goodchild e Ivanov, 2010).

O principal desafio enfrentado pelos estudiosos em relação à resiliência urbana é o desenvolvimento de uma teoria multidisciplinar que integre uma variedade de dimensões urbanas, como infraestrutura social, econômica, cultural, ambiental, espacial e física, em uma estrutura conceitual unificada para compreender a resiliência das cidades e como se deve avançar para um estado mais resiliente (Jabareen, 2013).

Embora seja um termo frequentemente utilizado, associado a eventos que ameaçam a integridade de um sistema e que podem apresentar fases críticas e catastróficas, uma variedade de medidas tem sido proposta em publicações recentes, mas sem uma conclusão clara (Reggiani, Nijkamp e Lanzi, 2015), sendo a sua quantificação uma questão ainda crítica (Jabareen, 2013; Reggiani, 2013).

A resiliência está associada à capacidade de um sistema de persistir, adaptar e se transformar, recuperar-se e absorver impactos (Gaitanidou, Tsami e Bekiaris, 2017; Marchese *et al.*, 2018), frente a ameaças internas ou externas, apresentando-se como um conceito adequado para avaliação de sistemas complexos em que existem interações dinâmicas entre diferentes escalas e fatores – que é o caso do espaço urbano (Fernandes *et al.*, 2017) e adicionalmente estar preparado para se adaptar a mudanças inéditas e inesperadas (Ahern, 2011).

Assim, a aplicação desse conceito no espaço urbano diz respeito a vislumbrar como as cidades podem estar capacitadas em responder situações adversas ou estarem aptas a se adaptarem e a criarem novas soluções frente às ameaças.

Ao tratar do espaço urbano, os sistemas de transportes são aspectos importantes, pois fornecem apoio crítico a muitas atividades socioeconômicas. A sua interrupção pode ter impactos de grande escala na economia e na vida humana, como demonstrado em notáveis eventos – inundações na Tailândia em 2011 e o Furacão Sandy em 2012 – que afetou a Jamaica, Cuba, Bahamas, Haiti, República Dominicana, e alguns estados da costa leste dos Estados Unidos, entre eles Nova Iorque e Nova Jersey (Jaroszweski, Hooper e Chapman, 2014), e no Brasil, enchentes recorrentes em todo território nacional, que afetam o funcionamento adequado das cidades.

No entanto, a sociedade não está vulnerável apenas aos riscos climáticos e ambientais, mas também vem se tornando, gradativamente, mais vulnerável a mudanças de ordem econômica (Ajibade, 2017), conforme mencionados na literatura (Boschetti *et al.*, 2017; Sellberg, Wilkinson e Peterson, 2015; Sharifi e Yamagata, 2016) que acarretam no aumento do desemprego e da desigualdade social.

Essa desigualdade que se reproduz espacialmente em particular na periferia, que envolve maiores distâncias e custos nos deslocamentos para atender as necessidades básicas e cotidianas, faz com que economias emergentes como o estejam mais suscetíveis a esses desafios e ameaças que interferem no padrão de acessibilidade. Neste caso, a acessibilidade apresenta-se como uma característica necessária para estudar e verificar a resiliência de uma rede (Kim e Song, 2018), sendo o conceito de resiliência considerado um atributo vital que caracteriza-se pela capacidade dos sistemas em lidar com estresses (ameaças) (Langridge, Christian-Smith e Lohse, 2006). De forma geral, tais ameaças afetam as camadas mais pobres da população.

O rápido processo de urbanização vivenciado no Brasil nos últimos 60 anos contribuiu para a consolidação de desigualdades socioeconômicas na ocupação do espaço urbano em que, via de regra, classes sociais mais baixas ocupam as áreas periféricas mais segregadas, nas quais o transporte público assume papel central (IPEA, 2011).

Dessa forma, um dos objetivos das políticas de transporte equitativas consiste em melhorar o acesso das pessoas a destinos-chave como emprego, saúde e oportunidades educacionais; além disso, que essas políticas possam priorizar a melhoria da acessibilidade para grupos desfavorecidos, como pessoas idosas, deficientes e de baixa renda, que geralmente são mais dependentes do transporte público (Pereira *et al.*, 2019).

A parte da população que vive nas periferias e favelas muitas vezes não tem acesso a um sistema de transporte adequado, necessitando realizar mais de um transbordo para desfrutar das oportunidades que o espaço urbano oferece, como por exemplo, o acesso aos empregos. Com essa necessidade, a integração tarifária torna-se um elemento indispensável, já que permite ao usuário do transporte público realizar transbordos pagando uma única tarifa ou tarifas diferenciadas e dessa forma acessar os empregos que a cidade oferece. Essas condições são cruciais para promoção da acessibilidade, diante da forma que se construiu o espaço urbano no território nacional.

Sob essa perspectiva, o conceito de resiliência permite identificar a capacidade de uma cidade se adequar às mudanças de ordem econômica, como uma ausência de integração tarifária e como essas mudanças podem afetar a população em acessar os empregos.

A literatura, apesar de apresentar trabalhos sobre resiliência e vulnerabilidade nos sistemas de transportes, majoritariamente aborda ameaças ligadas a desastres, mudanças climáticas ou problemas técnicos do sistema. Embora estudos com essa temática sejam importantes, ainda não é nítida uma discussão aprofundada sobre os conceitos relacionados às questões econômicas e às aplicações em economias emergentes, no que tange à acessibilidade.

Há trabalhos que focam na quantificação do nível de resiliência voltado para a mobilidade urbana, mas focam na escassez ou ausência de combustíveis fósseis (Fernandes *et al.*, 2019; Martins, Rodrigues da Silva e Pinto, 2019). Assim, esta pesquisa baseia-se na seguinte pergunta para o problema de pesquisa voltado para uma problemática de mudanças de ordem econômica: *Como mensurar o nível de vulnerabilidade e resiliência do sistema de transporte público de uma cidade caso a integração tarifária deixasse de existir?*

1.2 Hipótese de Pesquisa

Com base na literatura, constata-se a escassez de trabalhos que mensurem a vulnerabilidade e a resiliência, mais especificamente com aspectos ligados às mudanças econômicas. Por isso, apresenta-se a hipótese principal e as secundárias para este trabalho.

A hipótese principal apresentada é:

- É possível mensurar a vulnerabilidade e a resiliência do sistema de transporte público com base em indicadores de acessibilidade

As hipóteses secundárias apresentadas são:

- Ao ocorrer mudanças econômicas em uma cidade brasileira, as regiões mais periféricas serão as mais afetadas;
- As regiões mais vulneráveis às ameaças de ordem econômica apresentam os menores índices de resiliência.

1.3 Objetivos Geral e Específicos

O objetivo geral desta pesquisa é elaborar um procedimento para mensurar o nível de vulnerabilidade e resiliência no sistema de transporte público caso não haja o programa de integração tarifária.

Os objetivos específicos são:

- Definir uma cidade em que haja a ameaça escolhida;
- Avaliar as regiões geográficas com base nos níveis de vulnerabilidade e resiliência;
- Analisar a relação entre a vulnerabilidade e resiliência de cada uma das regiões.

1.4 Justificativa

A questão da resiliência de uma rede está além do interesse acadêmico e apresenta uma série de importantes implicações práticas (Berche *et al.*, 2009). A falha de sistemas de

infraestrutura, como redes de transporte, resulta em custos humanos, econômicos e ambientais significativos (Ilbeigi, 2019), em que as áreas urbanas, de uma forma geral, são as mais vulneráveis (Martins, Rodrigues da Silva e Pinto, 2019). O ambiente construído e a infraestrutura do sistema de transporte urbano determinam até que ponto são possíveis as adaptações às restrições de baixo impacto e, portanto, o quão resiliente é o sistema para suportar choques e restrições (Rendall *et al.*, 2011).

Medir os impactos dos desastres e a resiliência dos sistemas de transporte promove uma melhor compreensão da força e das vulnerabilidades do sistema contra eventos extremos. No entanto, relativamente, pouca informação foi obtida a partir da análise quantitativa da resiliência das redes de transporte (Ilbeigi, 2019).

O conceito de resiliência é amplamente adotado em questões políticas e eventos acadêmicos (Chmutina *et al.*, 2016), e os últimos anos testemunharam uma mudança para uma abordagem mais transdisciplinar do conceito que integra aspectos físicos e sociopolíticos, o que mostrou ser útil no avanço de novas abordagens (Rogers *et al.*, 2012). Uma dessas novas abordagens considera que resiliência envolve três elementos: habilidade de absorver estresse e manter a funcionalidade, a habilidade de se auto organizar e por fim, a capacidade de aprender, mudar e se adaptar (Shaw, 2012).

Assim, quando este conceito é pensado em um contexto de sistemas complexos como as cidades, deve-se perguntar “a que a cidade é resiliente?”, isso porque para ser resiliente ou mensurar a resiliência de uma cidade, é preciso identificar as ameaças (Desouza e Flanery, 2013), já que a falta de planejamento urbano pode ameaçar a capacidade das cidades como um todo para funcionar econômica, social e politicamente (Vale, 2013).

Como a sociedade é altamente dependente de vários sistemas de infraestrutura, que incluem energia elétrica, transporte, fornecimento de água, tratamento de esgoto, informação, comunicação e sistemas bancários, e eles estão cada vez mais dependentes entre si (Mattsson e Jenelius, 2015; Spaans e Waterhout, 2017) aumenta a preocupação de que um deles apresente falhas e afete a todos os outros.

Sobre esses sistemas, o transporte urbano e a política de uso de solo são elementos que exigem particular atenção, pois não podem ser alterados com facilidade ou rapidamente. Essa situação se contrapõe ao conceito de resiliência, já que um sistema de transporte urbano capaz de atuar diante de mudanças imprevisíveis, ou ainda, capaz de continuar funcionando após a ocorrência de uma mudança seria, portanto, um sistema resiliente (Bertolini, 2007). Dessa forma, torna-se necessário discutir a resiliência em espaços urbanos.

Os pontos mais ressaltados na literatura sobre resiliência urbana referem-se à mudança climática e aos desastres naturais (Boschetti *et al.*, 2017; Jaroszweski, Hooper e Chapman, 2014; Leichenko, 2011; Meerow, Newell e Stults, 2016; Sellberg, Wilkinson e Peterson, 2015; Tromeur *et al.*, 2012) – que estão se tornando cada vez mais frequentes e os eventos climáticos mais intensos (Gallagher e Cruickshank, 2016) – mas o planejamento urbano deve considerar também ameaças da ordem econômica e social, corroborando a interdisciplinaridade do conceito de resiliência e a necessidade de identificação de ameaças que podem afetar um determinado sistema.

Cidades em todo o mundo são desafiadas por uma alta complexidade de problemas agudos e crônicos, incluindo desafios relacionados ao desenvolvimento econômico, polarização social e à segregação, bem como mudanças climáticas e degradação ecológica (Spaans e Waterhout, 2017). A fim de reduzir o risco e o impacto destas ameaças e aumentar a segurança e o bem-estar dos seus moradores, cidades e suas comunidades devem ser mais resilientes e preparadas para lidar com as ameaças (Jabareen, 2013).

Sobre as questões acerca de desenvolvimento social e econômico, as mudanças econômicas e sociodemográficas moldam o transporte urbano e o uso do solo, e estes, por sua vez, fornecem um suporte físico essencial para as mudanças econômicas e sociodemográficas (Bertolini, 2007), o que demonstra a sinergia que existe entre o transporte urbano, o uso do solo e como esses fatores estão atrelados ao desenvolvimento econômico e social e, conseqüentemente, relacionado à acessibilidade de uma região.

Considerando a acessibilidade como a facilidade de alcançar um destino, ela indica quão bem o sistema de transporte atende ao seu objetivo final (Levinson, 2012). Uma de suas premissas é torná-la mais equitativa às atividades requeridas pela população, em particular para as camadas mais pobres e com restrições de mobilidade (Mello e Portugal, 2017).

Uma das formas de tornar isso possível é através da integração tarifária que ocorre nas cidades brasileiras, em que o usuário de transporte público que necessita realizar transbordo ou utilizar outro modo de transporte, pague uma única tarifa ou um valor reduzido.

No Brasil, inicialmente a integração tarifária era realizada com a necessidade de terminais de integração. Com o avanço da tecnologia, houve uma proliferação dos sistemas de bilhetagem automática, que possibilitou aos gestores de transporte adotarem políticas de diversificação tarifária, assim como criar integração tarifária (temporal) sem comprometer a eficiência da gestão e o controle da receita (IPEA, 2016).

Um levantamento feito pela Companhia do Metropolitano de São Paulo (Metrô) mostrou que 82% dos usuários faziam uso de alguma outra condução conjugada ao metrô em 2018¹, indicando assim o expressivo número de viagens que necessitam da integração tarifária para se concretizar. Outro exemplo é a região metropolitana do Rio de Janeiro: a integração tarifária permite ao passageiro utilizar mais de um meio de transporte, tendo valor reduzido no pagamento da tarifa, ou até mesmo isenção no segundo modo de transbordo². Esses dados mostram a importância da integração tarifária para as duas maiores regiões metropolitanas do país, ressaltando a necessidade da integração tarifária para acessar os empregos de uma região.

Dados do "Bilhete Único RJ" (o sistema responsável pela emissão eletrônica de bilhetes intermunicipais no Rio de Janeiro) mostram o subsídio apurado diariamente, apresentando no dia 15 de outubro de 2020 um subsídio total apurado de R\$772.946,30, com 204.118 cidadãos beneficiados, 450.813 viagens subsidiadas e um subsídio médio por cidadão de R\$ 3,79.³

Ao elucidar a importância da integração tarifária, a motivação deste trabalho é entender quais seriam as áreas mais vulneráveis e mais resilientes, caso o programa de integração de tarifas subsidiadas deixasse de existir. Diante disso, cabe ressaltar que a justificativa deste trabalho reside em dois pontos: a importância da acessibilidade no funcionamento das cidades e como o conceito de resiliência pode identificar as regiões mais vulneráveis às mudanças econômicas, mais especificamente a uma ausência de integração tarifária.

A resiliência é um conceito complexo que não pode ser adequadamente avaliado com uma única medida (McDaniels *et al.*, 2008) e, embora pareça estar relacionado com o conceito de vulnerabilidade, é importante entender cada um deles e propor um método para mensurá-los em um espaço urbano.

Devido a situação histórica do país, a integração tarifária é uma forma de compensar a camada da população que necessita de um subsídio para realizar viagens no trajeto casa-trabalho, por exemplo. Portanto, utilizar o conceito de resiliência sob os aspectos de persistência, adaptação e transformação pode auxiliar no planejamento urbano, visto que a capacidade das cidades de lidar com ocorrências desastrosas e de se adaptar às condições

¹ Disponível em: <http://www.metro.sp.gov.br/metro/numeros-pesquisa/perfil-usuario.aspx>. Acesso em 12 Fev 2018

² Fonte: Cartão Rio Card. Disponível em: <https://www.cartaoriocard.com.br/rcc/institucional/tarifas>. Acesso 06 Fev de 2018.

³ Fetranspor. Transparência: Bilhete Único Intermunicipal. Disponível em: <https://www.fetranspor.com.br/transparencia/bilhete-unico-intermunicipal/>. Acesso em 17 de outubro de 2020.

desfavoráveis, é crucial para suas perspectivas de crescimento e desenvolvimento sustentável (Seeliger e Turok, 2013).

1.5 Delimitação do Trabalho

Este estudo tem como objetivo propor um procedimento para mensurar o nível de vulnerabilidade e resiliência, caso ocorra alguma ameaça que afete a acessibilidade. De forma a delimitar o procedimento, foi escolhida uma ameaça de caráter econômico, mais especificamente a ausência de integração tarifária para acesso aos empregos que um determinado espaço urbano oferece. A justificativa para escolha dessa ameaça é fornecida na seção 1.4 (Justificativa).

O procedimento proposto utiliza a lógica nebulosa com a interação entre variáveis como: emprego, renda, preço da passagem e tempo de viagem para mensurar o nível de vulnerabilidade e resiliência das regiões administrativas da cidade do Rio de Janeiro. Os dados utilizados referem-se aos dados do censo do IBGE de 2010 e Google API. A aplicação do procedimento foi realizada nos 160 bairros da cidade do Rio de Janeiro.

1.6 Estrutura do trabalho

Esta seção apresenta a estrutura deste projeto. O capítulo 1 está dividido em problema de pesquisa, hipóteses, objetivo geral e específicos, justificativa, delimitação do trabalho e estrutura da pesquisa.

O capítulo 2 apresenta a Revisão Bibliográfica que foi construída utilizando as técnicas de revisão sistemática e bibliométrica, dividindo-se nas seguintes seções: revisão bibliométrica, considerações sobre a revisão bibliográfica, conceito de resiliência, risco e vulnerabilidade, resiliência urbana e por fim, ameaças aplicáveis a mobilidade urbana.

O capítulo 3 explicita os procedimentos metodológicos que apresentam 8 etapas. O procedimento objetiva detalhar as etapas que foram necessárias para atingir o objetivo principal do trabalho.

O capítulo 4 apresenta os resultados e discussões com base nas 8 etapas explicitadas do procedimento metodológico, e por fim, o capítulo 5, as considerações finais e sugestão de trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica deste projeto foi construída em duas etapas, sendo a primeira uma revisão sistemática e a segunda uma revisão bibliométrica. As bases de pesquisas utilizadas foram: *Web of Science*, *Science Direct* e *Scopus*.

Na revisão sistemática foram utilizadas as seguintes bases de pesquisa: *Web of Science* e *Science Direct*, enquanto a revisão bibliométrica utilizou-se a base *Scopus*, por questão de compatibilidade com o *software* VOSViewer. Para a revisão sistemática foram utilizadas as palavras chaves listadas no Quadro 1.

Quadro 1- Critérios para Pesquisa

Palavras Chave	Critérios de Busca	Base
“Resilience” AND “Urban mobility”	Title, abstract, keywords	Science Direct
“Resilience” AND “Urban mobility”	Topic	Web of Science
“Resilience” AND “Transport”	Title, abstract, keywords	Science Direct
“Resilience” AND “Transport”	Topic	Web of Science
“Risks” AND “Urban Mobility”	Title, abstract, keywords	Science Direct
“Risks” AND “Urban Mobility”	Topic	Web of Science
“Threat” AND “Urban mobility”	Title, abstract, keywords	Science Direct
“Threat” AND “Urban mobility”	Topic	Web of Science
“Urban Resilience”	Title, abstract, keywords	Science Direct
“Urban Resilience”	Topic	Web of Science

Fonte: Elaboração Própria (2018)

Nas buscas obtidas com os critérios de pesquisa adotados no Quadro 1, apareceram artigos repetidos, oriundos de congressos, periódicos e capítulos de livros, que poderiam estar ou não alinhados com o tema de pesquisa.

Com o objetivo de selecionar artigos com sua credibilidade garantida, foram considerados apenas aqueles oriundos de periódicos. Em seguida, eliminou-se os repetidos e artigos que não estavam alinhados com o tema da pesquisa. Com isso, o portfólio contou com artigos oriundos de periódicos, sem repetições e com o título alinhado ao tema de pesquisa.

A partir dos artigos selecionados, foi feita a leitura de todos os resumos. Os artigos que fizeram parte da construção desse trabalho foram aqueles que, do ponto de vista da autora da pesquisa, poderiam apresentar contribuição no estado da arte, conceitos consoantes ao tema e ameaças que podem afetar o sistema de transporte público em uma região.

A segunda etapa realizada para a construção da revisão bibliográfica foi a revisão bibliométrica com o intuito de agregar a revisão sistemática, para auxiliar na identificação de autores importantes da área, bem como artigos com um número expressivo de citações e redes

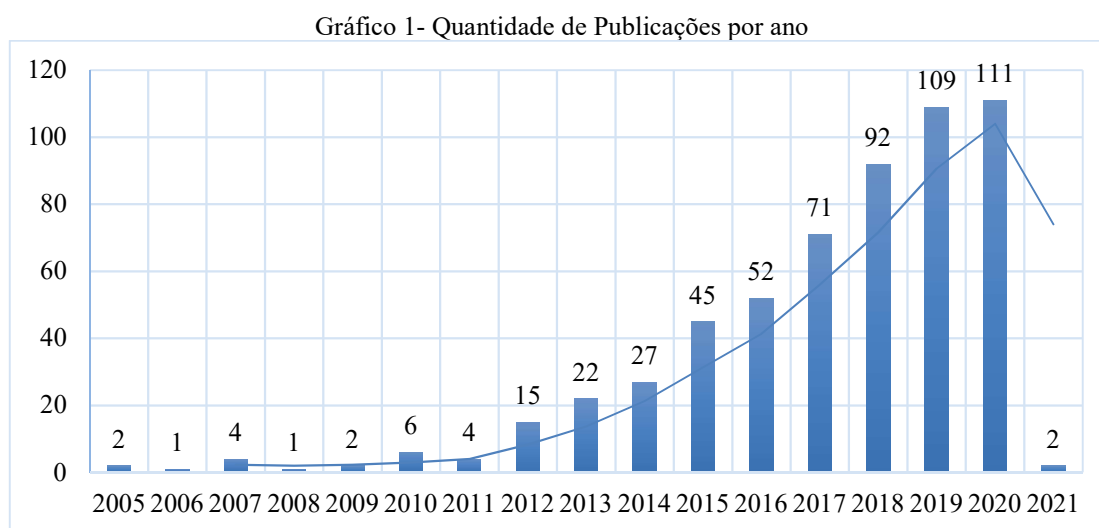
de citação e co-citação de autores e artigos, e os periódicos mais relevantes da área. O detalhamento da revisão bibliométrica, com os principais resultados obtidos são levantados na seção 2.1.

A partir da revisão sistemática e bibliométrica, as seções 2.3, 2.4, 2.5 e 2.6 apresentam o resultado da construção do aporte teórico da pesquisa, bem como acrescentam outros artigos e relatórios governamentais que se mostraram importantes para o entendimento do tema.

2.1 REVISÃO BIBLIOMÉTRICA

Com o objetivo de mapear a literatura, foi realizada uma revisão bibliométrica sobre o tema resiliência urbana com a base de dados *Scopus* e *Web of Science*. A base *Scopus* possui maior quantidade de artigos sobre o tema enquanto na base *Web of Science* os dados apresentaram-se mais consistentes para análise de co-citação dos autores.

No momento da pesquisa, foram considerados apenas trabalhos avaliados por pares (publicados em periódicos), sem restrição quanto ao ano de publicação. A pesquisa foi feita no mês de agosto de 2020 com a palavra chave “*urban resilience*”. Com isso, foram obtidos 566 artigos. Para a análise das publicações foram utilizados os *softwares VOSviewer* e *Microsoft Excel*. O Gráfico 1 apresenta as publicações dos artigos por ano.



Fonte: Dados coletados da base de dados *Scopus*

As primeiras publicações com esse termo foram em 2005. Nos anos seguintes, apresenta-se uma tendência de crescimento com o maior número de publicações em 2020 (111 publicações). Para analisar essas publicações, foi utilizado o *software VOSviewer* para três

análises: citação de artigos, citação de autores e ocorrência de palavras chave, que são apresentadas na sequência.

Assim, são apresentadas 3 seções: análise de citação de artigos (seção 2.1.1) dividindo-se por artigos (seção 2.1.1.1) e posteriormente por autores (seção 2.1.1.2) e, por fim, a análise de palavras-chave (seção 2.1.2).

Um aspecto importante ao realizar a análise bibliométrica, diz respeito ao tamanho do nó na rede que reflete o grau de centralidade (ou seja, quanto mais arestas se conectam a um nó, maior o tamanho), e serve como um indicador da influência de um estudo (Meerow, Newell e Stults, 2016).

2.1.1 Análise de citação

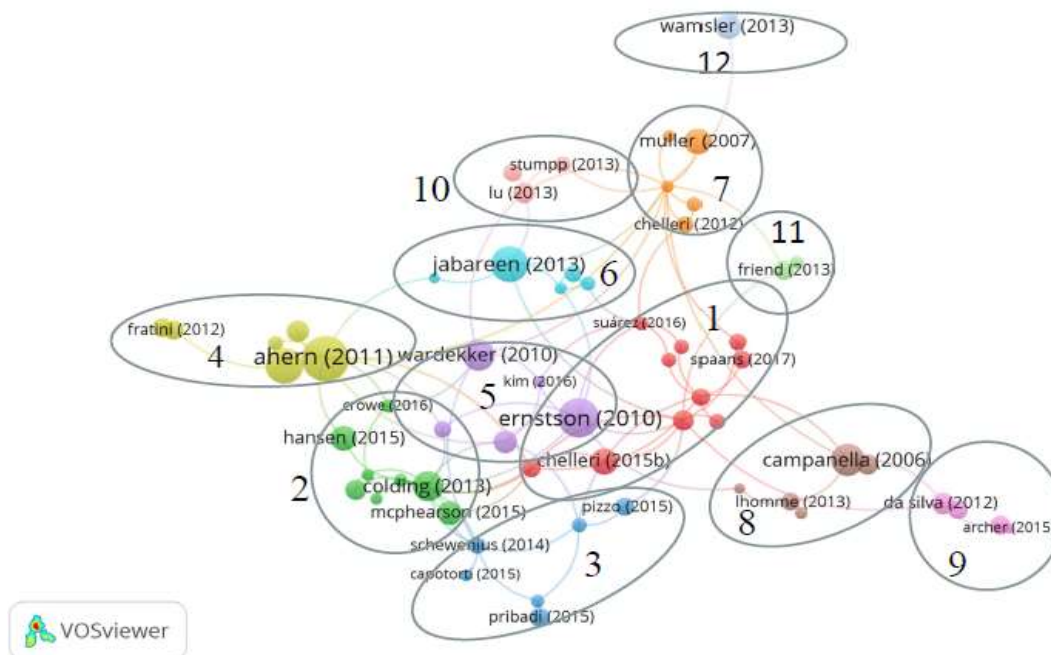
A análise de citação visa entender quais são os autores que mais influenciaram a pesquisa em um determinado periódico, quais periódicos têm maior impacto em uma vertente de pesquisa e quais os *experts* em uma determinada área de pesquisa (Zupic e Čater, 2015), partindo do pressuposto que autores, trabalhos e periódicos mais citados são os mais influentes em uma determinada área. A partir do *software*, são analisados os *clusters* que são grupos formados com base no número de vezes que eles se citam. Esta seção visa analisar as citações por artigos e por autores. Além dos artigos com maior número de citações, analisa-se também o maior número de *links*, que são o número de conexões com outros artigos da rede.

O objetivo na análise de citação é verificar quais artigos e autores apresentam maior impacto em termos de citações e *links*, para que seja possível indicar quais áreas da resiliência urbana estão sendo mais estudadas. Além disso, pretende-se discutir de forma sucinta os artigos e autores em destaque. Para isso, em cada *cluster* os artigos escolhidos para discussão foram os que apresentaram o maior número de citações ou maior quantidade de *links*.

2.1.1.1 Por artigos

Analisou-se a citação de artigos por meio de uma rede criada com o VOSviewer. Para esta rede, foram considerados artigos que tiveram ao menos 20 citações e mais de um artigo no *cluster*. Dos 566 artigos, 61 artigos atenderam a este critério com a formação de 12 *clusters*. Cada *cluster* representa artigos que são citados juntos. A rede obtida com os 12 clusters e respectiva numeração é mostrada na Figura 1.

Figura 1- Citação de Artigos



Fonte: Dados coletados da base Scopus e analisados pelo software VOSviewer®

Com o objetivo de analisar os artigos mais citados ou com o maior número de links, foi elaborado o Quadro 2.

Quadro 2 - Artigos com maior número de citações ou links

# Cluster	Qtde. de artigos no cluster	Artigos em Destaque	Citações	Links
1	10	(Chelleri <i>et al.</i> , 2015)	117	2
		(Meerow, Pajouhesh e Miller, 2019)	73	9
2	8	(Colding e Barthel, 2013)	161	7
3	6	(Pizzo, 2015)	57	2
		(Schewenius, McPhearson e Elmqvist, 2014)	48	7
4	6	(Ahern, 2011)	360	11
		(Ahern, 2013)	218	1
5	5	(Ernstson <i>et al.</i> , 2010)	262	8
		(Wardekker <i>et al.</i> , 2010)	171	5
6	5	(Jabareen, 2013)	224	5
7	5	(Muller, 2007)	111	1
		(Meerow, Newell e Stults, 2016)	25	13
8	5	(Campanella, 2006)	176	5
9	4	(Silva, Kernaghan e Luque, 2012)	79	4
10	3	(Lu e Stead, 2013)	77	5
11	2	(Wamsler, Brink e Rivera, 2013)	115	2

Fonte: Elaboração Própria a partir do VosViewer (2020)

Os dois artigos em destaque do *cluster* 1 são o artigo Chelleri *et al.* (2015): *Resilience trade-offs: addressing multiple scales and temporal aspects of urban resilience* com o maior número de citações deste cluster (117 citações) e o artigo da Meerow, Pajouhesh e Miller (2019) com 9 conexões: *Social equity in urban planning resilience*.

Chelleri *et al.* (2015) defendem que o conceito de resiliência urbana deve ser ampliado e ratificam como a estrutura da resiliência urbana deve estar relacionada a desafios de sustentabilidade mais amplos, incluindo i) mudanças climáticas e naturais ameaças de perigo, ii) padrões de metabolismo urbano insustentáveis e iii) aumento das desigualdades sociais nas cidades. O ponto principal é considerar as interações espaciais e temporais, a fim de mudar da integração do paradigma de construção de resiliência para uma compreensão crítica e gerenciamento de *trade-offs* de resiliência, tratando também a vulnerabilidade social como um *trade-off* da resiliência. Por exemplo, se a vulnerabilidade social aumentar com assentamentos e favelas, pode ser uma oportunidade de adaptação e crescimento da resiliência naquele espaço urbano.

O artigo com maior número de conexões do Cluster 1 é apresentado por Meerow, Pajouhesh e Miller (2019). Um número crescente de cidades está incorporando resiliência em seus planos e políticas para responder a choques, tensões e incerteza, mas os críticos da agenda da resiliência urbana argumentam que as políticas falham em abordar adequadamente as questões de equidade social. O artigo faz uma análise transversal de como as questões de equidade são incorporadas ao planejamento da resiliência urbana com base nos planos de resiliência formais criados por cidades membros do programa 100 Cidades Resilientes da Fundação Rockefeller e concluem que os planos de resiliência enfocam na equidade, mas de forma mais diversificada do que a literatura sugere.

O *cluster* 2 apresenta-se com 8 artigos, sendo o artigo do Colding e Barthel (2013): *The potential of 'Urban Green Commons' in the resilience building of cities* o mais citado e com maior número de links. O artigo apresenta *insights* sobre como as áreas comuns verdes podem ser uma característica potencial para gerir a diversidade cultural e dos ecossistemas nas cidades. Entendendo como áreas verdes comuns parques administrados coletivamente, áreas de loteamento e jardim comunitários, os autores concluem que tais áreas podem promover o aumento da resiliência urbana através do aumento da diversidade cultural e ambiental.

O *cluster* 3 possui 6 artigos, com o trabalho da Pizzo (2015) e dos autores Schewenius, McPhearson e Elmqvist (2014) como destaques. O artigo *Problematizing resilience: Implications for planning theory and practice* discute o conceito de resiliência no domínio do

planejamento urbano, indicando o tipo de natureza dos eventos que exigem resiliência, os diferentes significados do conceito de resiliência e os problemas operacionais que podem acarretar considerando estes dois pontos. A autora advoga que a busca por uma resposta resiliente juntamente com a reivindicação de melhorar a resiliência urbana e territorial não encontram a mesma justificativa em todos os tipos de eventos. A suposta "neutralidade" do conceito é uma das principais razões de sua abrangência (Pizzo, 2015).

Ainda sobre o *cluster 3*, o artigo *Opportunities for Increasing Resilience and Sustainability of Urban Social–Ecological Systems: Insights from the URBES and the Cities and Biodiversity Outlook Projects* apresenta que espaços urbanos mais resilientes e sustentáveis requerem uma abordagem de sistema socio ecológico integrado para a formulação de políticas, planejamento, gestão e governança urbana. As cidades estudadas (Berlim, Nova Iorque, Rotterdam, Barcelona e Estocolmo) representam tendências contrastantes de urbanização e exemplos de vínculos emergentes entre ciência e política para melhorar as paisagens urbanas para a saúde e o bem-estar humanos, para assim tornar as cidades mais resilientes e sustentáveis (Schewenius, McPhearson e Elmqvist, 2014).

O *cluster 4* possui dois artigos do autor J. Ahern como os mais citados, publicados em 2011 e 2013, um com o maior número de citações e outro com o maior número de links. O artigo “*From fail-safe to safe-to-fail: Sustainability and resilience in the new urban world*” (Ahern, 2011) traz uma discussão teórica afirmando que mudança, perturbação, incerteza e adaptabilidade são fundamentais para resiliência. Na concepção do autor, os sistemas devem ser ‘seguros para falhar’, ou seja, devem ser capazes de se reorganizarem e se recuperarem após uma perturbação.

Por outro lado, o artigo “*Urban landscape sustainability and resilience: the promise and challenges of integrating ecology with urban planning and design*” (Ahern, 2013) é um artigo teórico que elenca cinco estratégias para construir capacidade de resiliência e colaboração transdisciplinar: biodiversidade; redes ecológicas urbanas e conectividade; multifuncionalidade; redundância e modularização, design adaptativo. O autor afirma que essas questões são necessárias para lidar com o desafio da sustentabilidade das cidades de um modo transdisciplinar, no qual a ciência e a pesquisa estão integradas com políticas de planejamento.

Os trabalhos mais representativos do *cluster 5* são dos autores Ernstson *et al.* (2010) e Wardekker *et al.* (2010). O artigo *Urban Transitions: On Urban Resilience and Human-Dominated Ecosystem* (Ernstson *et al.*, 2010) é o mais citado deste cluster. Para os autores, o aumento de incertezas no espaço urbano se deve as mudanças climáticas, o aumento da

migração de pessoas, e alterações na capacidade dos ecossistemas em gerar bens e serviços. Dessa forma, no contexto urbano isso significa que o paradigma tradicional do planejamento não é suficiente para lidar com essas incertezas e em alguns casos, pode ser até destrutivo. O artigo discute conceitos de governança urbana para permitir que as cidades naveguem por mudanças, construam a capacidade para suportar ameaças, usem experiências e inovações (Ernstson *et al.*, 2010).

O artigo *Operationalising a resilience approach to adapting an urban delta to uncertain climate changes* aborda como a mudança climática representa um desafio para as cidades costeiras. Com isso, os autores levantam potenciais impactos utilizando técnicas estatísticas e criação de cenários, em que a elevação do nível do mar, combinada com tempestade, calor e seca, podem trazer uma série de dados que afetam a sociedade. Assim, eles afirmam que a partir do conceito de resiliência é possível que atores locais abordem opções políticas para lidar com os danos (Wardekker *et al.*, 2010).

O *cluster 6* possui o artigo do Jabareen (2013) em destaque com 224 citações e 5 links. O artigo *Planning the resilient city: Concepts and strategies for coping with climate change and environmental risk* (Jabareen, 2013) é um artigo teórico que trata do conceito de resiliência destacando a multidisciplinaridade do tema e sugere uma estrutura de planejamento de cidades resilientes, que aborda o que as cidades e comunidades devem fazer para serem mais resilientes. O autor menciona também que as cidades são afetadas por fatores econômicos, sociais, espaciais, físicos e que o planejamento urbano envolve uma gama de partes interessadas (Jabareen, 2013).

O *cluster 7* apresenta 5 artigos. Os trabalhos em destaque no *cluster 7* são: Muller (2007) – 111 citações e 1 *link* – e Meerow, Newell e Stults (2016) – 25 citações e 13 *links*. Muller (2007) apresenta o artigo “*Adapting to climate change: water management for urban resilience*”, em que trata questões do aquecimento global e mudanças climáticas em relação a falhas no fornecimento de água, em que considera as implicações físicas e financeiras para as áreas urbanas dos impactos potenciais da variabilidade e mudanças climáticas nos recursos hídricos, ilustrados na África Subsaariana.

Outro artigo a ser analisado no *cluster 7* que possui o maior número de links é “*Defining urban resilience: A review*” da (Meerow, Newell e Stults, 2016). Este artigo possui o maior número de *links* de toda a rede e apresenta uma grande contribuição, com uma revisão bibliométrica sobre o termo “*urban resilience*”, em que os autores advogam que o conceito não é bem definido na literatura e que deve ser pensado no sentido de: para quem, quando, onde e

por quê. A resiliência urbana, na visão dos autores, pode ser definida como a habilidade em que um sistema urbano e todos os seus componentes é capaz de manter ou retornar rapidamente às suas funções quando submetido a uma ameaça (Meerow, Newell e Stults, 2016).

O *cluster 8*, com 5 artigos, apresenta o artigo “*Urban Resilience and the Recovery of New Orleans*” (Campanella, 2006) em destaque com 176 citações e 5 links. O trabalho discute a catástrofe acontecida em Nova Orleans (furacão Katrina) sob o prisma da resiliência urbana. O autor afirma que a resiliência urbana é devida aos próprios cidadãos que possuem as qualidades necessárias para atravessarem situações de crise.

O *cluster 9*, com 4 artigos, apresenta o artigo do Silva, Kernaghan e Luque (2012) intitulado “*A systems approach to meeting the challenges of urban climate change*”, com 79 citações, que propõe um modelo conceitual simplificado e características de resiliência que sejam usadas para analisar sistemas, em paralelo com a análise espacial, para direcionar a ação em múltiplos níveis para reduzir a exposição e melhorar a capacidade adaptativa das populações urbanas, simultaneamente.

O *cluster 10* apresenta o artigo *Understanding the notion of resilience in spatial planning: A case study of Rotterdam, The Netherlands* (Lu e Stead, 2013), que examina a consciência e a compreensão da resiliência urbana na política de planejamento em Rotterdam, Holanda, com foco nas questões das mudanças climáticas, analisando como a cidade avalia e se prepara para esse risco ou ameaça, concluindo que há um pensamento resiliente em todos os níveis de tomada de decisão, embora a noção de resiliência ainda seja bastante difusa e seu significado possa variar substancialmente entre funcionários e órgãos da administração pública.

O *cluster 11* contém 2 artigos, sendo o trabalho de Wamsler, Brink e Rivera (2013) como o mais citado. O artigo “*Planning for climate change in urban areas: From theory to practice*”, apresenta como objetivo revisar criticamente e comparar as abordagens teóricas e práticas atuais para o planejamento da adaptação nas cidades, trazendo sob a ótica de mudanças climáticas. São avaliadas as medidas propostas de adaptação urbana para países desenvolvidos e em desenvolvimento (Wamsler, Brink e Rivera, 2013).

Pela análise dos artigos mais citados, fica clara a predominância de artigos teóricos e com foco em mudanças climáticas. Dessa forma, entende-se que o conceito de resiliência urbana, mesmo que bastante discutido, apresenta vários conceitos que nem sempre convergem entre si. O artigo *Defining urban resilience: A review* merece destaque pois consegue convergir todos os conceitos apresentados sobre o tema de 1973 (quando o Holling publica seu artigo seminal sobre resiliência) até 2013. O trabalho de Meerow, Newell e Stults (2016) fazem uma

profunda discussão teórica com análise bibliométrica, sendo o artigo com o maior número de citações por ano desta análise. O conceito de resiliência apresentado pelos autores pode ser aplicado em qualquer sistema urbano, inclusive no planejamento de transportes, que pode estar suscetível a ameaças, seja de mudanças climáticas, ou de ordem social e econômica.

2.1.1.2 Por autores

Na busca realizada, o VOSviewer identificou 1559 autores a partir da base *Scopus*. A partir do *software*, foi elaborado o Quadro 3, que elenca a quantidade de número mínimo de citações por cada autor e a quantidade de autores que atendem a este critério.

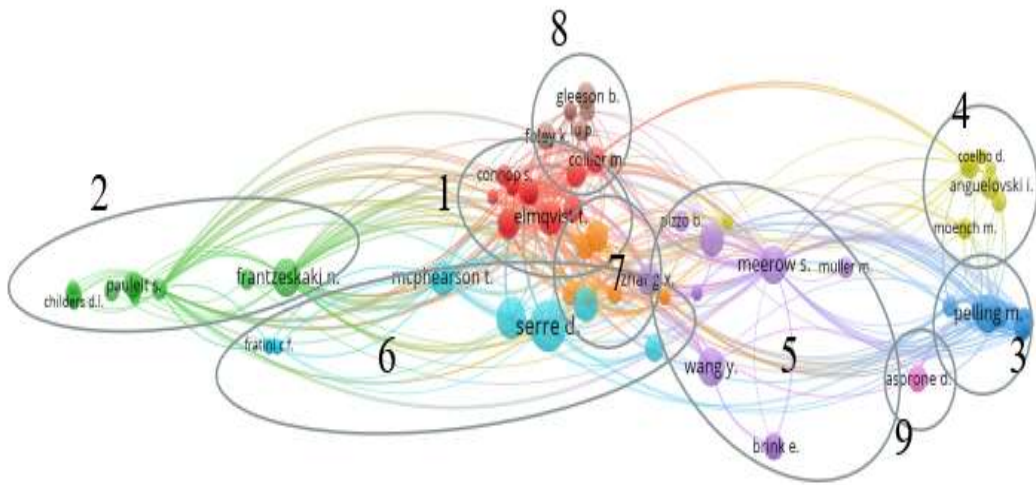
Quadro 3 – Quantidade de autores e respectivas citações mínimas

Citações mínimas	Autores
1	1190
2	1012
3	916
4	822
5	736
6	665
7	607
8	553
9	526
10	482
15	361
20	300
25	243
30	196
35	173
40	137
45	122
≥ 50	113

Fonte: Elaboração própria (2020)

O critério estabelecido para elaboração da rede foi que o autor tivesse no mínimo 50 citações. Sendo assim, 113 autores atenderam a este critério e 104 destes fazem parte de um *cluster*, ou seja, estão relacionados com outros autores. Foram detectados 9 *clusters* e a rede de citação é apresentada na Figura 2.

Figura 2- Rede de citação de Autores



Fonte: Dados coletados da base Scopus e analisados pelo software VOSviewer® (2020)

A Figura 2 apresenta os nove *clusters* numerados, em que são apresentados a quantidade de autores em cada cluster e os autores em destaque (pela quantidade de publicações ou de links), conforme mostrado no Quadro 4.

Quadro 4 - Artigos com maior número de citações ou links

# Cluster	Qtde. de autores no cluster	Autores em Destaque	Publicações	Links
1	20	Elmqvist T.	5	45
2	15	Ahern J.	2	43
		Frantzeskaki N.	6	34
3	15	Pelling M.	6	29
4	11	Newell J.P.	1	28
		Kernaghan S.	3	12
5	11	Meerow S.	61	6
6	11	Mcphearson T.	28	5
		Serre D.	21	11
7	10	Chelleri L.	34	4
8	9	Foley K.	21	3
9	2	Asprone D.	6	3
		Manfredi G.	6	3

Fonte: Elaboração Própria a partir do VosViewer (2020)

O *cluster* 1 possui o autor T. Elmqvist com o maior número de publicações e links no cluster 1. O autor possui 123 artigos e 13.720 citações, de acordo com a base Scopus. O artigo mais citado é *Regime shifts, resilience, and biodiversity in ecosystem management*, publicado em 2004. O artigo faz uma revisão em relação à resiliência de ecossistemas adaptativos complexos e os papéis funcionais da diversidade biológica neste contexto. Por tratar de diversidade biológica, o artigo afirma que as mudanças nesse contexto podem impactar nos ecossistemas através de emissão de resíduos e mudanças climáticas. Os autores afirmam que o gerenciamento adaptativo e a governança da resiliência serão necessários para sustentar os estados ecossistêmicos desejados e transformar os ecossistemas degradados em configurações fundamentalmente novas e mais desejáveis (Folke *et al.*, 2004), sendo um artigo teórico e que menciona as mudanças climáticas como uma ameaça. Embora o escopo seja em sistemas biológicos, os conceitos apresentados sobre adaptação, transformação, governança e resiliência podem ser aplicados ao espaço urbano, incluindo os sistemas de transportes.

O *cluster* 2 apresenta os autores J. Ahern J. e N. Frantzeskaki. O autor Jack Ahern possui 18 publicações e 1835 citações, de acordo com a base Scopus. Os artigos mais citados do autor são: *Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning* (Botequilha Leitão e Ahern, 2002) seguido por *From fail-safe to safe-to-fail: Sustainability and resilience in the new urban world* (Ahern, 2011).

O primeiro artigo, dos autores Botequilha Leitão e Ahern (2002), com base nos métodos de planejamento ecológico já existentes, desenvolve uma estrutura conceitual para o planejamento sustentável da paisagem, aplicando conceitos ecológicos da paisagem e explorando os múltiplos papéis potenciais das métricas da paisagem como ferramentas de planejamento ecológico. Em síntese, o trabalho propõe um conjunto de métricas, identificadas por meio de revisões de literatura, entendidas como as mais úteis e relevantes para o planejamento da paisagem (Botequilha Leitão e Ahern, 2002), apresentando-se como mais um artigo teórico sobre o tema. O segundo artigo mais citado do autor J. Ahern é também um dos mais citados, que já foi abordado na seção anterior.

O autor Frantzeskaki N. possui 88 publicações e 3657 citações na base Scopus. O artigo mais citado na área de resiliência é: *Resilience of and through urban ecosystem services*, do ano de 2014. Neste artigo, os autores sugerem que os serviços de ecossistemas urbanos forneçam ligações essenciais para o planejamento, gestão e governança práticas que busquem transições para cidades mais sustentáveis, para que seja possível desempenhar um papel importante na construção de sistemas urbanos resilientes (McPhearson *et al.*, 2014)

O cluster 4 apresenta dois autores relevantes: J.P. Newell e S. Kernaghan. J.P. Newell possui 40 artigos e 2410 citações, sendo seu trabalho mais citado relacionado ao tema resiliência: “*Defining urban resilience: a review*”(Meerow, Newell e Stults, 2016), que foi discutido no tópico anterior. O autor Sam Kernaghan possui o artigo mais citado relacionado ao tema de resiliência: *Initiating and sustaining action: Experiences building resilience to climate change in Asian cities*, publicado em 2014. Este artigo discute sobre investimentos significativos que foram feitos por organizações doadoras para catalisar a conscientização sobre as mudanças climáticas, com o intuito de entender se estes programas são realmente capazes de tornar as cidades mais resilientes quanto à mudança climática, baseando-se nas experiências de 10 cidades asiáticas que participam do projeto financiado pela Fundação Rockefeller (Kernaghan e Silva, 2014).

O *cluster 5* possui a autora Sara Meerow com o maior número de citações e links. A autora possui 20 publicações com um total de 751 citações de acordo com a base da Scopus, sendo o artigo mais citado: “*Defining urban resilience: a review*” (Meerow, Newell e Stults, 2016)

O *cluster 6* possui os autores T. Mcphearson e D. Serre em destaque. T. Mcphearson possui o artigo *Resilience of and through urban ecosystem services* (Cavallaro *et al.*, 2014) como o mais citado, que já foi comentado anteriormente. O autor D. Serre possui 49 artigos e 374 citações de acordo com a base Scopus, sendo o mais relevante relacionado ao tema desta tese intitulado: “*Analyzing resilience of urban networks: a resiliente step towards more flood resiliente cities*”. O artigo propõe uma metodologia para analisar a capacidade de resistência, absorção e recuperação de diferentes redes técnicas frente a uma enchente em uma aglomeração francesa (Lhomme *et al.*, 2013). Este artigo do Damien Serre possui um método para verificar como uma determinada localização é resiliente diante de uma enchente. Assim, vai além de apresentar uma discussão teórica sobre o tema.

O *cluster 7* apresenta o autor Lorenzo Chelleri com 25 publicações e 349 citações, sendo o artigo *Resilience trade-offs: addressing multiple scales and temporal aspects of urban resilience* como o mais citado do autor, que já foi discutido no tópico anterior.

O cluster 8 apresenta Karen Foley como a autora mais citada. Ela apresenta 10 publicações e 160 citações, de acordo com a base Scopus. O artigo mais citado é *Transitioning to resilience and sustainability in urban communities* (Collier *et al.*, 2013). O artigo aborda as questões-chave em transição para a resiliência em áreas urbanas, delineando desafios emergentes que podem oferecer direções para operacionalizar como as cidades podem

fazer a transição para um futuro mais resiliente, fazendo com que as comunidades estejam no centro do processo.

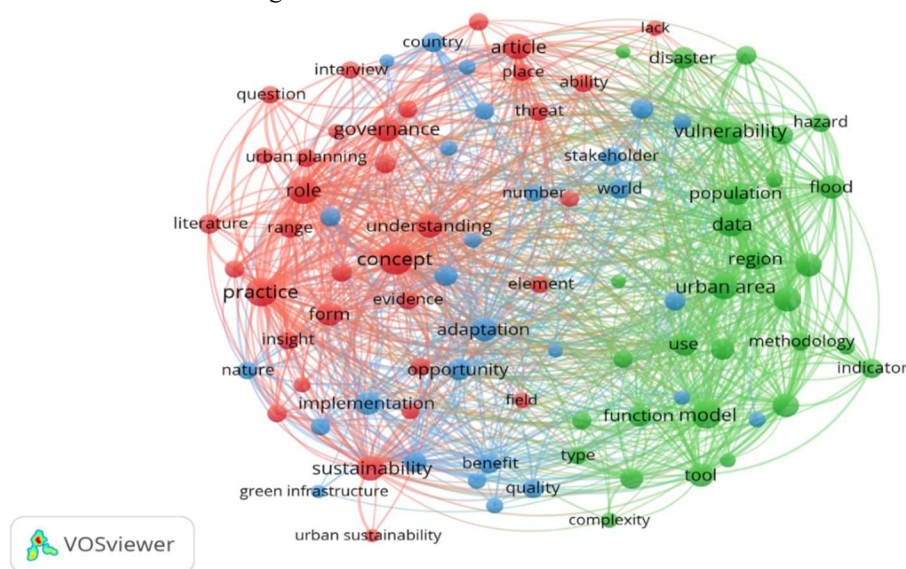
Por fim, o *cluster 9* apresenta os autores D. Asprone e G. Manfredi. O autor Domenico Asprone possui com 116 artigos e 1357 citações e o autor Gaetano Manfredi possui 366 artigos e 7824 citações, sendo seu artigo mais citado o mesmo do Domenico Asprone: *Assessment of Urban Ecosystem Resilience through Hybrid Social-Physical Complex Networks*. Neste artigo, os autores fornecem uma metodologia para a avaliação da resiliência a eventos catastróficos em áreas urbanas (Cavallaro *et al.*, 2014).

A análise da rede de citação de autores permite identificar quais os autores que mais publicam na área de resiliência urbana. Assim como na análise dos artigos, existe uma predominância de mudanças climáticas, enchentes e artigos conceituais. Dessa forma, mesmo considerando os autores mais relevantes dessa área, percebe-se que existe uma lacuna quanto a outras ameaças que podem afetar a resiliência urbana.

2.1.2 Análise de Palavras Chave

Para análise das palavras chave, foram utilizadas informações sobre o título e o resumo dos artigos que apareceram com o termo “*urban resilience*”. O VOSviewer detectou 13.421 termos a partir da base Scopus. Foram considerados as palavras que tiveram no mínimo 20 ocorrências, que resultou em 154 termos e 92 foram consideradas as mais relevantes por apresentarem ligação com um dos *clusters*. A rede obteve 3 clusters que são apresentados na Figura 3.

Figura 3- Rede de co-ocorrência de termos



Fonte: Dados coletados da base Scopus e analisados pelo *software VOSviewer®* (2020)

O primeiro *cluster* (vermelho) possui a palavra “*concept*” com a maior ocorrência (122) e está associado a *practice, sustainability, governance, literature* e *article*, que são as palavras com um alto índice de ocorrência. Este cluster é o mais representativo, com 34 itens, e apresenta similaridade com esta tese ao conter palavras como *resiliente city, threat, urban sustainability, urban development* e *urban planning*,

O *cluster* verde da direita possui a palavra “*model*” com a maior ocorrência (96) e está associado a palavras como *data, flood, vulnerability, urban area, disaster, tool, complexity, natural disaster, earthquake* e *hazard*. Este cluster apresenta 30 itens e demonstra uma área de pesquisa comum ao lidar com o termo resiliência urbana, que é relacionada a desastres, vulnerabilidades e enchentes.

Por fim, o menor *cluster* (localizado ao centro da figura, de cor azul) apresenta 28 itens, e a palavra *adaptation* com o maior número de ocorrências (72), juntamente com *implementation, world, country, opportunity* e *benefit*.

Em uma pesquisa feita em 2018 com a mesma palavra chave, o *cluster* mais representativo apresentou as seguintes palavras chaves com o maior número de ocorrências: *impact, risk, natural disaster, flood, hazard*, o que denota que em 2018 havia uma predominância de ocorrências relacionados a desastres naturais, riscos e enchentes, quando associado a resiliência urbana. A mesma palavra chave resultou uma mudança significativa na ocorrência dos termos em 2020, com destaque para as palavras governança, sustentabilidade, cidades resilientes e planejamento urbano, no maior cluster da pesquisa. Deve-se destacar, portanto, a diferença dos resultados em um interstício de 2 anos. O termo “*urban resilience*” deixou de ser visto apenas como algo relacionado a desastres naturais e passou a considerar aspectos mais relacionados ao planejamento e a sustentabilidade.

Outro destaque refere-se à quantidade de artigos. Na pesquisa feita em 2018 contou-se com 359 artigos que fizeram parte da análise da revisão bibliométrica, enquanto em 2020 foram 566 artigos; um aumento de 58%.

Na análise de citações por artigos (para artigos que tiveram ao menos 20 citações), em 2018 obteve-se 37 artigos e 8 *clusters*. Sob as mesmas condições, em 2020 foram obtidos 61 artigos e 12 *clusters*.

Em 2018, os artigos mais citados focavam nas incertezas do espaço urbano e governança (Ernstson *et al.*, 2010) e mudanças climáticas (Campanella, 2006; Fratini *et al.*, 2012; Leichenko, 2011; Silva, Kernaghan e Luque, 2012; Wardekker *et al.*, 2010), sustentabilidade

(Ahern, 2011, 2013) e artigos teóricos que discutem sobre o conceito de resiliência (Meerow, Newell e Stults, 2016).

Em 2020 os artigos mais citados dos *clusters* tratam da resiliência urbana voltada para sustentabilidade (Ahern, 2011, 2013; Chelleri *et al.*, 2015; Colding e Barthel, 2013; Schewenius, McPhearson e Elmqvist, 2014), planejamento e políticas voltadas para resiliência (Lu e Stead, 2013; Meerow, Pajouhesh e Miller, 2019; Wamsler, Brink e Rivera, 2013), mudanças climáticas (Jabareen, 2013; Muller, 2007; Silva, Kernaghan e Luque, 2012; Wamsler, Brink e Rivera, 2013; Wardekker *et al.*, 2010) e artigo teórico sobre o conceito de resiliência (Meerow, Newell e Stults, 2016).

Embora haja artigos que foram comuns nos anos de 2018 e 2020, houve um destaque em 2020 maior para a questão da sustentabilidade e o planejamento e políticas, que não apareceram em 2018. Isso mostra que a questão da resiliência urbana evolui para além das mudanças climáticas e passa a ser tratada como política pública associado ao planejamento de longo prazo voltado para sustentabilidade.

2.2 Considerações sobre a revisão sistemática e bibliométrica

Conforme mencionado no início deste capítulo, a revisão bibliográfica deste trabalho foi construída a partir de técnicas da revisão sistemática e bibliométrica. Iniciou-se a construção deste referencial com a revisão sistemática, a partir do interesse sobre o tema resiliência e como tal conceito pode estar relacionado com o sistema de transporte.

Durante essa primeira revisão, observou-se que o conceito de resiliência pode ser aplicado não apenas na física, mas também em outros campos da ciência, como psicologia, engenharia, e de forma mais recente no espaço urbano e mais especificamente nos sistemas de transportes. A revisão sistemática auxiliou para o aprofundamento e discussão dos conceitos de resiliência e vulnerabilidade, bem como a sua aplicação na literatura.

Por outro lado, a análise bibliométrica permitiu verificar quais artigos mais citados na área, os autores mais produtivos e redes de palavras chave. Com isso, os artigos mais relevantes foram selecionados para compor a revisão e assim, corroborar ou contrapor ao que foi discutido na revisão sistemática.

Ambas as revisões corroboram o estado da arte da literatura: a escassez de trabalhos que propõem mensurar o nível de resiliência dos sistemas de transportes. Além disso, as revisões

bibliométrica e sistemática mostraram-se complementares para identificar o estado da arte sobre o tema, cada uma com suas vantagens e limitações.

2.3 Conceito de Resiliência

Pela revisão de literatura, constatou-se que o conceito de resiliência inicialmente foi aplicado em materiais de máquinas de construção (Thurston, 1874) com o objetivo de verificar suas propriedades. Para o autor, a resiliência de uma amostra é medida pela área incluída dentro de sua curva, sendo este o produto da força média exercida na distância através da qual ele atua na produção de ruptura. A área dentro da ordenada do limite de elasticidade mede a capacidade de resistir a choques sem haver distorção.

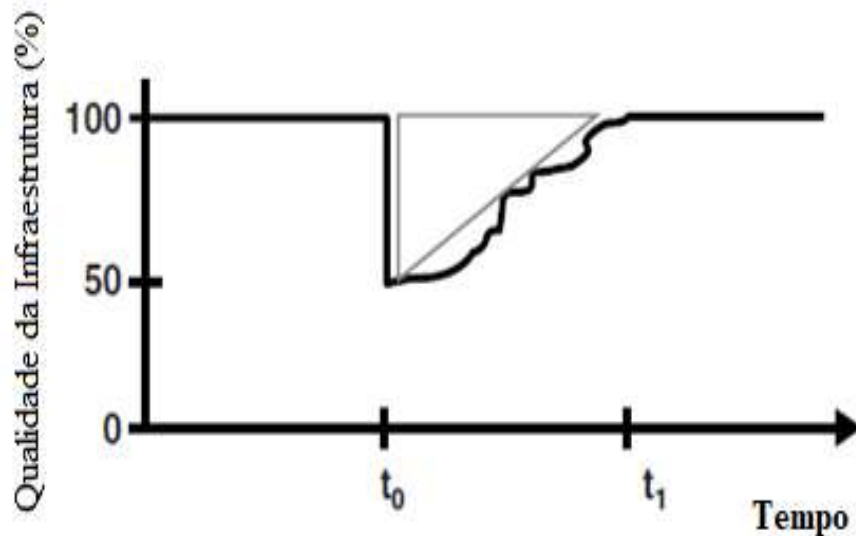
Esta definição foi utilizada durante um longo tempo, mas foi a partir do trabalho de Holling (1973) que o conceito de resiliência apresentou um novo prisma na literatura. O autor resgata os atributos da resiliência já discutidos e os aplica em sistemas sócio ecológicos, destacando o aspecto da estabilidade do sistema.

Esta seção visa mostrar aplicações e conceitos de resiliência encontrados na literatura que corroboram a capacidade do conceito em ser aplicado em diversas áreas científicas. Uma definição sobre resiliência bastante discutida na literatura é de Bruneau *et al.* (2003). Segundo os autores, um sistema resiliente deve apresentar:

- A probabilidade de ter falhas reduzidas;
- Redução da consequência de falhas, em termos de vidas perdidas, danos e consequências econômicas e sociais negativas;
- Redução do tempo de recuperação (restauração de um sistema específico ou conjunto de sistemas para o seu nível de desempenho “normal”).

Com base nesses conceitos, os autores apresentam o “triângulo da resiliência” para representar as características chave, com foco em eventos de causas naturais como terremotos, representado na Figura 4.

Figura 4- Triângulo da Resiliência



Fonte: (Bruneau *et al.*, 2003)

O triângulo de resiliência ajuda a visualizar a magnitude dos impactos de uma interrupção na infraestrutura, em que representa a perda de funcionalidade de danos e interrupções, bem como o padrão de restauração e recuperação ao longo do tempo. É usado para medir a funcionalidade de um sistema após um desastre e também o tempo que leva para um sistema retornar aos níveis de desempenho anteriores ao desastre. A altura do triângulo mostra a gravidade do dano, e o comprimento mostra o tempo necessário a recuperação (Ta, Goodchild e Pitera, 2009).

Assim, a resiliência pode ser medida pelo tamanho da degradação esperada na qualidade (probabilidade de falha) da infraestrutura ao longo do tempo (ou seja, tempo para recuperação). Matematicamente, segundo os autores, a resiliência pode ser representada conforme mostra a Equação 1:

$$R = \int_{t_0}^{t_1} [100 - Q(t)] dt \quad (1)$$

Onde:

R: medição da resiliência

Q(t): Qualidade da infraestrutura em relação ao tempo

Ainda segundo os autores, a resiliência possui um conceito aplicado a quatro níveis: técnica, organizacional, social e econômica, possuindo quatro dimensões, conhecidas como os 4R's da resiliência: robustez (*robustness*), redundância (*redundancy*), desenvoltura

(*resourcefulness*) e rapidez (*rapidity*) (Bruneau *et al.*, 2003). Os 4R's da resiliência são apresentados no Quadro 5.

Quadro 5- Os 4R's da Resiliência

Conceito	Escopo	Autores	Definição
Robustez	Desastres	(Bruneau <i>et al.</i> , 2003)	Capacidade de evitar perdas econômicas diretas e indiretas
	Infraestrutura	(Cats e Jenelius, 2014)	O sistema deve ser capaz de resistir ou se recuperar rapidamente de distúrbios
	Infraestrutura	(McDaniels <i>et al.</i> , 2008)	Resposta a um choque que afeta o desempenho do sistema de infraestrutura
	Sistemas de Transporte	(Knoop <i>et al.</i> , 2012)	Capacidade da rede em manter sua funcionalidade sob condições que a desviam das condições normais.
Redundância	Desastres	(Bruneau <i>et al.</i> , 2003)	Até que ponto os elementos, sistemas ou outras unidades de análise existentes são substituíveis, ou seja, capazes de satisfazer os requisitos funcionais em caso de interrupção, degradação ou perda de funcionalidade
	Transporte de Carga	(Ta, Goodchild e Pitera, 2009)	Disponibilidade de mais de um recurso para fornecer uma função do sistema (caso algum recurso apresente falha)
	Mudanças climáticas	(Wardekker <i>et al.</i> , 2010)	Funções sobrepostas; se um falhar, outros podem assumir
Desenvoltura	Desastres	(Bruneau <i>et al.</i> , 2003)	Medidas de estabilização (por exemplo, melhoria da capacidade e modificação da demanda, assistência externa e otimização de estratégias de recuperação)
Rapidez	Desastres	(Bruneau <i>et al.</i> , 2003)	Otimizar o tempo para retornar ao funcionamento pré-evento
	Infraestrutura	(McDaniels <i>et al.</i> , 2008)	Velocidade com a qual a recuperação é alcançada

Fonte: Elaboração Própria (2020)

Além dessas quatro dimensões, Mattsson e Jenelius (2015) apresentam o conceito de confiabilidade (*reliability*) associado também às características de resiliência, que os autores definem como a estabilidade, certeza e previsibilidade das condições de viagem, dentro do escopo do sistema de transporte.

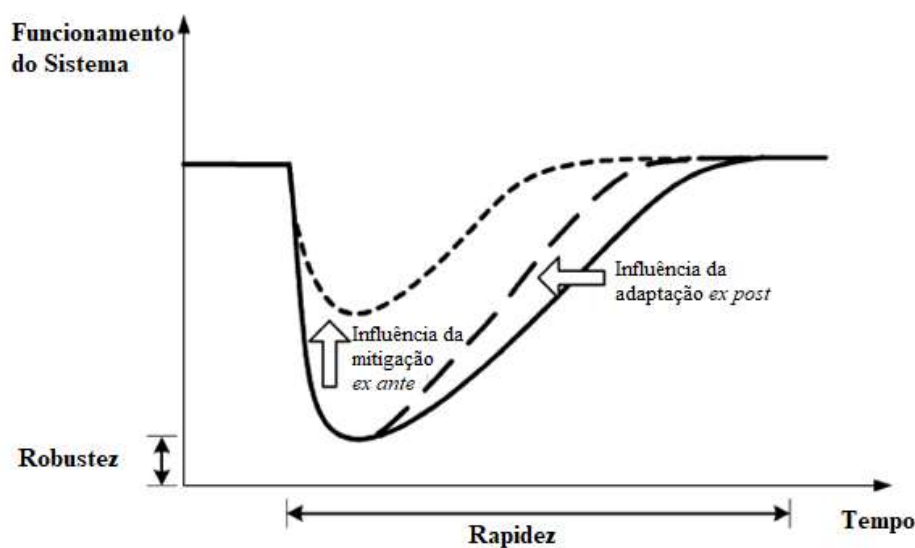
Os autores ratificam a importância de um sistema de transporte robusto e confiável do ponto de vista econômico e as pesquisas que levaram a entender os mecanismos e inter-relações, com o objetivo de encontrar maneiras de torná-lo mais robusto e resiliente, e para mitigar as consequências dos distúrbios e interrupções (Mattsson e Jenelius, 2015).

Deve-se destacar que embora os conceitos de resiliência e robustez sejam frequentemente usados como sinônimos, eles são conceitualmente diferentes. Pode ser considerado robusto um sistema que pode continuar funcionando na presença de choques externos sem mudanças fundamentais ao sistema estrutural, enquanto a resiliência enfatiza a recuperação a um choque externo (Das, 2020).

Para garantir que o sistema seja robusto, primeiro é necessário analisar os impactos em todo o sistema de possíveis cenários de interrupção para viajantes e operadores. Isso permite a identificação de cenários problemáticos, por exemplo, expressos como um conjunto de importantes *links* de rede onde as interrupções seriam as mais severas (Cats e Jenelius, 2014).

Nessa perspectiva, McDaniels *et al.* (2008) apresentam os efeitos da tomada de decisão na resiliência considerando o funcionamento do sistema, o tempo que leva para se recuperar após um evento (rapidez) e a sua robustez, representados na Figura 5.

Figura 5 – Efeitos da tomada de decisão na resiliência



Fonte: McDaniels *et al.* (2008)

O diagrama da Figura 5 ilustra que robustez e rapidez podem ser melhoradas tanto pela tomada de decisão *ex ante* como *ex post*, em que o primeiro conceito é baseado em suposição e prognóstico, sendo fundamentalmente subjetivo e estimado, enquanto o segundo é baseado em conhecimento, observação e análise, sendo fundamentalmente objetivo e factual.

Os conceitos apresentados até aqui focam a resiliência para lidar com as rupturas que podem ocorrer na infraestrutura, relacionando com o tempo necessário para sua recuperação. No entanto, discussões sobre mudanças, perturbações, incertezas e adaptação trazem consigo também a ideia de resiliência (Ahern, 2011), e por isso é necessário discutir os conceitos apresentados na literatura.

O Quadro 6 apresenta conceitos de resiliência em ordem cronológica que foram apresentados pela literatura, embasando-se com o escopo levantado por cada trabalho: ecológico, mudanças climáticas, social, organizacional, econômico, cidades sustentáveis, infraestrutura, transporte de carga e rede de transporte.

Quadro 6 – Conceito de Resiliência

Autor e Ano	Escopo	Definição Apresentada
Holling (1973)	Sistemas sócio-ecológicos	A persistência de relacionamentos em um sistema e a medida da habilidade desses sistemas em absorver mudanças de vários estados e ainda sim, persistir.
Peterson (2002)	Sistemas sócio-ecológicos	A resiliência é medida pela quantidade de mudanças que um sistema pode experimentar antes de ser forçado a se reorganizar.
Langridge, Christian-Smith e Lohse (2006)	Social	Atributo vital que caracteriza a capacidade de um sistema para lidar com o estresse
McManus <i>et al.</i> (2007)	Organizacional	Função da consciência do sistema, identificação e gerenciamento dos componentes mais críticos e adaptabilidade do sistema
Rose (2007)	Econômico	Capacidade de um sistema em manter suas funções
McDaniels <i>et al.</i> (2008)	Infraestrutura	Qualidade sistêmica que reflete não apenas as vulnerabilidade e capacidade, mas também as ações e decisões
Ta, Goodchild e Pitera, (2009)	Transporte de Carga	A capacidade do sistema de absorver impactos de uma interrupção e continuar movendo o tráfego com o fluxo normal, além de estar relacionado a questões de flexibilidade, elasticidade e habilidade de se recuperar após uma perturbação.
Folke <i>et al.</i> (2010)	Sistemas sócio-ecológicos	A capacidade de um sistema em absorver perturbação e reorganizar enquanto estão sob mudanças até que retomem à mesma função e ainda a capacidade de mudar a fim de manter a mesma identidade
CCC (2010)	Mudanças Climáticas	A capacidade de um sistema social ou ecológico de absorver perturbações, mantendo as estruturas básica e formas de funcionamento, capacidade de auto-organização e capacidade para se adaptar ao estresse e mudança.
Wardekker <i>et al.</i> (2010)	Mudanças Climáticas	Uma forma de adaptação que visa promover a capacidade de um sistema de lidar com distúrbios e surpresas
Chen e Miller-Hooks (2012)	Transporte de Carga	A capacidade de uma rede resistir e se recuperar de uma interrupção ou desastre
Reggiani (2013)	Rede de Transporte	Capacidade/habilidade de um sistema absorver choques sem mudanças catastróficas em sua organização básica funcional
Seeliger e Turok (2013)	Cidades Sustentáveis	A capacidade de resposta da rede após um choque
Mattsson e Jenelius (2015)	Transporte Público	Reflete a capacidade do sistema em persistir quando exposto a mudanças ou choques
Caschili, Reggiani e Medda (2015)	Econômico	Refere-se à capacidade de uma rede: a) reter sua estrutura organizacional seguindo a perturbação de alguma variável de estado de um dado valor; b) adaptar-se a novos estados
Chan e Schofer (2016)	Rede de Transporte	A capacidade de experimentar um evento negativo potencialmente perigoso e retornar a um estado saudável de operações em um período razoável após esse evento
Gaitanidou, Tsami e Bekiaris (2017)	Rede de Transporte	Reflete o nível de adaptabilidade aos riscos, externalidades e choques em um sistema para conseguir manter ou estabilizar suas funções
Kim e Song (2018)	Rede de Transporte	A habilidade de uma rede em continuar mantendo sua conectividade mesmo que ocorra um evento desfavorável à sua funcionalidade.
Duy, Chapmanb e Tight (2019)	Rede de Transporte	Habilidade da rede de se auto organizar e possibilitar rotas alternativas para viagens diárias
Das (2020)	Rede de Transporte	O conceito de resiliência enfatiza a capacidade de um sistema a se recuperar de um choque externo

Fonte: Elaboração Própria (2020)

Pelo Quadro 6, percebe-se que independente do escopo, os conceitos apresentados sobre resiliência focam na capacidade do sistema em suportar ameaças, ou ainda, a capacidade de adaptação a mudanças.

Além disso, o conceito pode ser visto sob duas perspectivas: estática ou dinâmica (Abdrabo e Hassaan, 2015). A primeira é associada a engenharia, que envolve fatores como: previsibilidade, eficiência, consistência e um equilíbrio único, enquanto a perspectiva socioecológica apresenta atributos relacionados a persistência, mudança, imprevisibilidade e equilíbrio múltiplo (Reggiani, Nijkamp e Lanzi, 2015), em que os distúrbios ao sistema têm o potencial de criar oportunidades para desenvolver novas soluções incorporando a ideia de adaptação, aprendizagem e auto-organização (Folke, 2006).

Portanto, na perspectiva desta tese, a resiliência está associada a vertente socioecológica, devido à complexidade e interdependência do transporte público. Essa abordagem do sistema socioecológico visa desenvolver um quadro integrado para reunir as pesquisas que muitas vezes aparecem fragmentadas (Sharifi e Yamagata, 2016) no contexto da resiliência urbana.

Um significado amplo da resiliência no contexto do planejamento considera o sistema definido como comunidade, composto por habitantes, suas atividades sociais e econômicas, e os capitais humanos, físico, natural, social e financeiro como seus dependentes (Gallagher e Cruickshank, 2016). Dessa forma, a discussão desta tese é focada em entender como o conceito de resiliência, embora possa ser aplicado em várias áreas do conhecimento (conforme mostrado no Quadro 6), pode ser discutido em torno do planejamento urbano.

Embora o conceito de resiliência apresente uma convergência para a capacidade de um sistema continuar funcionando mesmo quando submetido a alguma ameaça, algumas definições apresentadas na literatura mencionam a vulnerabilidade e risco ao estudar resiliência (Gaitanidou, Tsami e Bekiaris, 2017; Mattsson e Jenelius, 2015). Assim, a próxima seção discute risco e vulnerabilidade.

2.4 Risco e Vulnerabilidade

Para entender a resiliência, é necessário conhecer conceitos importantes como riscos, vulnerabilidade e ameaças que, apesar de estarem relacionados, apresentam diferenças entre si. Embora a resiliência seja frequentemente considerada como o oposto de vulnerabilidade (Reggiani, Nijkamp e Lanzi, 2015), estes conceitos são originalmente de áreas distintas

(Gallagher e Cruickshank, 2016). É importante destacar que as medidas sobre vulnerabilidade ganharam muito mais atenção nos estudos de redes de transporte (Reggiani, 2013).

Metade das definições apresentadas no contexto de resiliência urbana apresentam uma ameaça específica (por exemplo, mudança climática e inundações), enquanto a outra metade foca na resiliência de um sistema urbano para responder a todos os riscos (Meerow, Newell e Stults, 2016), não apresentando uma diferença clara entre risco, vulnerabilidade e ameaça.

Com base nessa dificuldade em diferenciar conceitos sobre risco e vulnerabilidade, foi construído o Quadro 7, que apresenta conceitos de risco encontrados na literatura em ordem cronológica.

Quadro 7- Conceitos de Risco

Autor e Ano	Escopo	Definição Apresentada
Berdica (2002)	Transporte Rodoviário	Risco é a composição da probabilidade de um evento ocorrer e o resultado das consequências, se esse incidente ocorrer.
Bertolini (2007)	Sistema de Transporte	Pode ser mensurado com base em antecedentes históricos suficientes em termos de eventos similares para permitir a estimativa de probabilidades de vários resultados
Sánchez (2011)	Transporte Público	Produto da probabilidade da ocorrência e impacto/severidade
Mattsson e Jenelius (2015)	Sistema de Transporte	Risco é um tripé: descrição do cenário, a probabilidade e as consequências (medida do dano) desse cenário. O risco é então conceituado como o conjunto deste tripé e não apenas o produto da probabilidade e consequência.
CCC (2010)	Mudanças Climáticas	Combina a probabilidade de um evento ocorrer com a magnitude de suas consequências que podem ser definidas de acordo com uma variedade de métricas, incluindo e ambiental. Os riscos podem ser custos e danos adversos (custos reais incluindo custos não monetários) ou oportunidades benéficas

Fonte: Elaboração Própria (2019)

Com base no Quadro 7, os conceitos de risco apresentados convergem para o produto da probabilidade da ocorrência de um evento e a sua severidade. De forma mais detalhada, tem-se que o risco é associado a probabilidade e severidade de suas consequências (Berdica, 2002; Boschetti *et al.*, 2017), quando há antecedentes históricos suficientes em termos de eventos similares para permitir a estimativa de probabilidades de vários resultados (Bertolini, 2007), sendo consideradas três características chave: vulnerabilidade, ameaça e consequência (Gaitanidou, Tsami e Bekiaris, 2017). Dessa forma, o conceito de vulnerabilidade também deve ser discutido.

Cientistas têm utilizado um conceito de vulnerabilidade com dois sentidos. O primeiro diz respeito à magnitude do distúrbio que a comunidade é capaz de aborver e o segundo relaciona-se com a velocidade da recuperação quando a comunidade é confrontada pela ameaça.

Além disso, o grau de vulnerabilidade é relacionado tanto com a natureza das ameaças quanto com a resiliência do sistema (Langridge, Christian-Smith e Lohse, 2006).

A vulnerabilidade é exposição de uma cidade a choques em termos de magnitude e frequência (Boschetti *et al.*, 2017) ou ainda a suscetibilidade a incidentes que pode afetar de alguma forma o sistema (Berdica, 2002). Diante disso, a análise da vulnerabilidade de um sistema de transporte público considera interrupções que implicam em uma redução substancial da capacidade do sistema em atender o seu propósito (Cats e Jenelius, 2014). O Quadro 8 apresenta definições de vulnerabilidade encontradas na literatura, em ordem cronológica.

Quadro 8- Definição de Vulnerabilidade

Autor e Ano	Escopo	Definição Apresentada
Berdica (2002)	Transporte Rodoviário	Suscetibilidade a incidentes que pode afetar de alguma forma o sistema, em que tais incidentes podem ser mais ou menos previsíveis.
Gallopi (2006)	Sistema Sócio Ecológico	Suscetibilidade a danos, de forma que um sistema pode ser vulnerável a certos danos, mas para outros não.
Langridge, Christian-Smith e Lohse (2006)	Social	O grau de vulnerabilidade está relacionado tanto à natureza do estresse quanto à resiliência do sistema.
CCC (2010)	Mudanças climáticas	Grau ao qual um sistema é suscetível e incapaz de lidar com os efeitos adversos da mudança climática, incluindo a variabilidade climática e os extremos.
Sánchez (2011)	Transporte Público	É a forma de avaliar pontos fracos e lacunas na prevenção e mitigação de ameaças
Knoop <i>et al.</i> (2012)	Sistema de transporte	É descrita pela fraqueza de uma rede
Seeliger e Turok (2013)	Cidades Sustentáveis	O quão uma rede está suscetível a ameaças externas
Cats e Jenelius (2014)	Transporte Público	A vulnerabilidade considera interrupções que implicam uma redução substancial na capacidade dos componentes do sistema e, portanto, sua incapacidade de cumprir a finalidade do sistema.
Reggiani, Nijkamp e Lanzi (2015)	Sistema de Transporte	Implica na redução global da qualidade de uma rede como consequência da ação de fatores que enfatizam o sistema
Jenelius e Mattsson (2015)	Sistema de Transporte	Associado ao risco da sociedade em ter o sistema de transporte com interrupções ou degradações
Oliveira, Portugal e Porto Junior (2016)	Redes Viárias	A vulnerabilidade geralmente está associada à interrupção ou redução substancial do desempenho de uma ou mais ligações em uma rede rodoviária
Boschetti <i>et al.</i> (2017)	Urbano	Exposição de uma cidade a choques em termos de magnitude e frequência

Fonte: Elaboração Própria (2020)

Diferente do conceito de resiliência e risco, a vulnerabilidade não apresenta uma definição convergente: ora é associada como interrupções ora como uma suscetibilidade a algum dano. É importante ressaltar que não necessariamente a vulnerabilidade será o inverso da resiliência. Em algumas situações, o sistema pode ser resiliente a uma ameaça mas concomitantemente também vulnerável.

Sumarizando, o risco é uma análise quantitativa, pois trata da probabilidade de ocorrência e sua severidade (ou seja, extensão do dano), enquanto a vulnerabilidade está associada a sua exposição e suscetibilidade a esse risco.

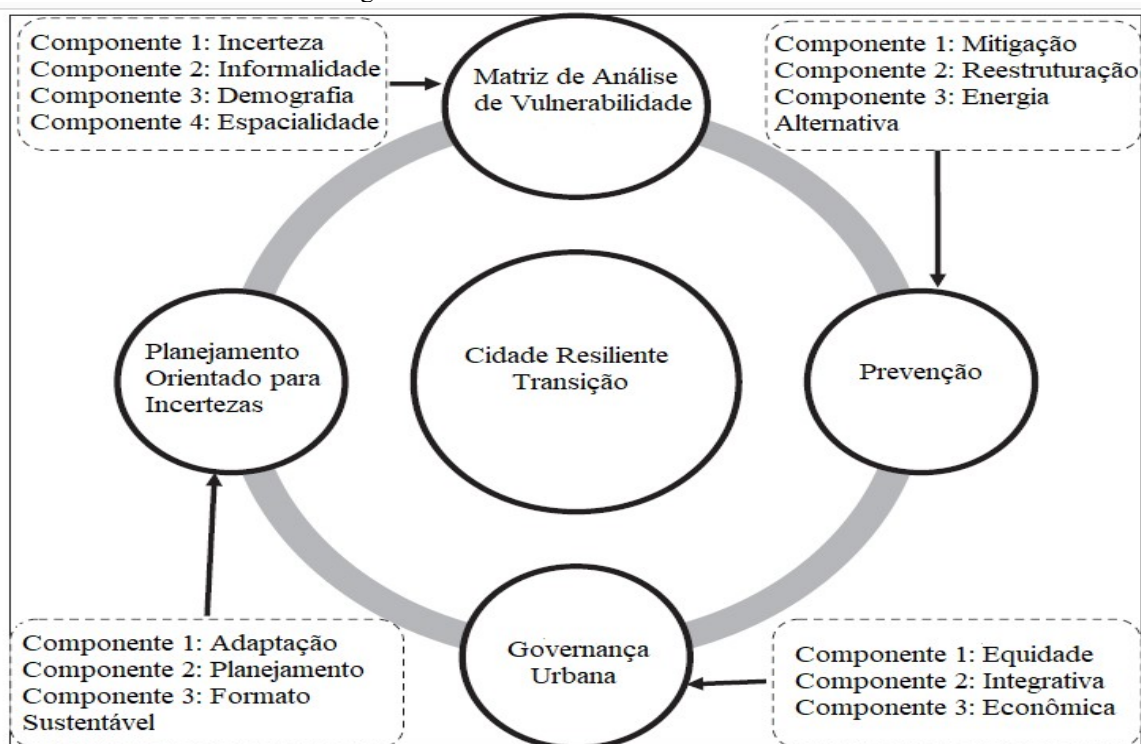
Assim, reconhecer áreas de alta vulnerabilidade e melhorar a sua resiliência através da mitigação de riscos desperta interesse nos círculos acadêmicos e políticos para o desenvolvimento local e comunitário (Wang, Chen e Chan, 2017). Isso porque a resiliência não é apenas sobre persistência, mas considera também as oportunidades que as ameaças trazem consigo em termos de recombinação de estruturas e processos, renovação do sistema e novas trajetórias emergentes (Folke, 2006).

Nessa perspectiva, é importante considerar como a mobilidade está relacionada ao acesso a outros lugares e oportunidades. Ela apresenta um impacto direto na qualidade de vida das pessoas (Hernández, 2012), em que existe um desafio muito mais amplo do que apenas a redução do risco de desastres e os perigos relacionados (Spaans e Waterhout, 2017), mas como isso afeta no cotidiano das pessoas e no funcionamento da cidade.

Dessa forma, com base nos conceitos expostos até aqui para relacionar a resiliência e vulnerabilidade, pode-se afirmar que a resiliência sob o prisma da mobilidade urbana é a capacidade do sistema de se preparar, responder e se recuperar após um evento extremo (Gaitanidou, Tsami e Bekiaris, 2017), tendo em vista que a cidade pode estar mais ou menos vulnerável às ameaças existentes e por isso a importância da identificação do conhecimento e ameaças que podem afetar a mobilidade.

Sob essa relação entre vulnerabilidade, resiliência e a aplicação destes conceitos em um ambiente urbano, Jabareen (2013) apresenta uma Matriz de Análise de Vulnerabilidade em que objetiva analisar e identificar os tipos, demografia, intensidade, escopo e distribuição espacial do risco ambiental, desastres naturais e incertezas futuras nas cidades. Além disso, este conceito procura abordar como perigos, riscos e incertezas afetam várias comunidades e grupos urbanos. A Figura 6 apresenta um *framework* do planejamento da cidade resiliente na visão do autor que contempla os atributos de vulnerabilidade, incerteza e governança.

Figura 6 - *Framework* da Cidade Resiliente



Fonte: Jabareen (2013)

Os componentes necessários para elaboração de uma matriz de análise de vulnerabilidade são: incerteza, informalidade, demografia e espacialidade. A incerteza deve ser conhecida, visto os novos desafios enfrentados pelas cidades e como ela pode ser discutida em termos de gestão e planejamento. Quanto à informalidade, o autor advoga que espaços informais são mais vulneráveis que outros por causa da baixa renda da população e ausência de infraestrutura e serviços.

A questão da demografia, saúde e variáveis socioeconômicas afetam a habilidade dos indivíduos e comunidades em lidar com os riscos ambientais e incertezas. Por isso, há indivíduos ou grupos que possuem uma capacidade maior para se adaptar às mudanças. Embora muitas variáveis afetem a vulnerabilidade, as principais são: renda, educação, gênero, idade, capacidade física e mental, acesso a recursos sociais e políticos. Sobre a distribuição espacial, o autor defende que os riscos não são distribuídos geograficamente, o que implica dizer que algumas regiões podem ser mais afetadas que outras.

O segundo conceito apresentado pelo autor é de governança urbana. Uma cidade mais resiliente é aquela em que a governança é capaz de restaurar rapidamente os serviços básicos e retomar a atividade social, institucional e econômica após eventos desastrosos. Dividido em: equidade, integrativa e econômica. O primeiro componente é a equidade, que abrange fatores ligados a pobreza, desigualdade, justiça e participação pública nas tomadas de decisão. O

segundo componente identifica que deve-se integrar os diferentes stakeholders e agentes no processo de planejamento com o objetivo de alcançar os objetivos estabelecidos. Por fim, o fator econômico visa entender que a economia é importante para a construção de cidades resilientes e que ela deve ser pensada em termos de longo prazo.

O terceiro conceito é prevenção, que está dividido em mitigação, reestruturação e energia alternativa. A prevenção sugere que, em busca de uma maior resiliência e menor vulnerabilidade, as cidades devem evitar riscos ambientais e impactos nas mudanças climáticas. O primeiro componente, mitigação, avalia políticas e ações para reduzir a emissão de gases do efeito estufa. A reestruturação representa a habilidade e flexibilidade de uma cidade de se reestruturar em face a desafios sociais, ambientais e econômicos. O terceiro componente, sobre energias alternativas, defende que um cenário ideal é que a energia necessária para o funcionamento de uma cidade seja mais limpa, mais eficiente e mais renovável.

O último conceito, planejamento orientado para incertezas, incita a necessidade de um planejamento que seja capaz de criar um novo pensamento e revisar os métodos atualmente utilizados, considerando as incertezas inerentes. A adaptação é necessária para lidar com novos desafios, baseado em estratégias *ex-post* e *ex-ante*. O planejamento espacial é o componente que avalia a transformação do espaço: para reduzir a vulnerabilidade o planejamento deve utilizar a gestão do uso do solo. Se o componente anterior de planejamento espacial foca em macro dimensões urbanas, este conceito se concentra no nível micro e lida com desenho urbano e as qualidades da forma urbana, ou o que é conhecido como "boa forma de cidade", que tem impacto na resiliência urbana.

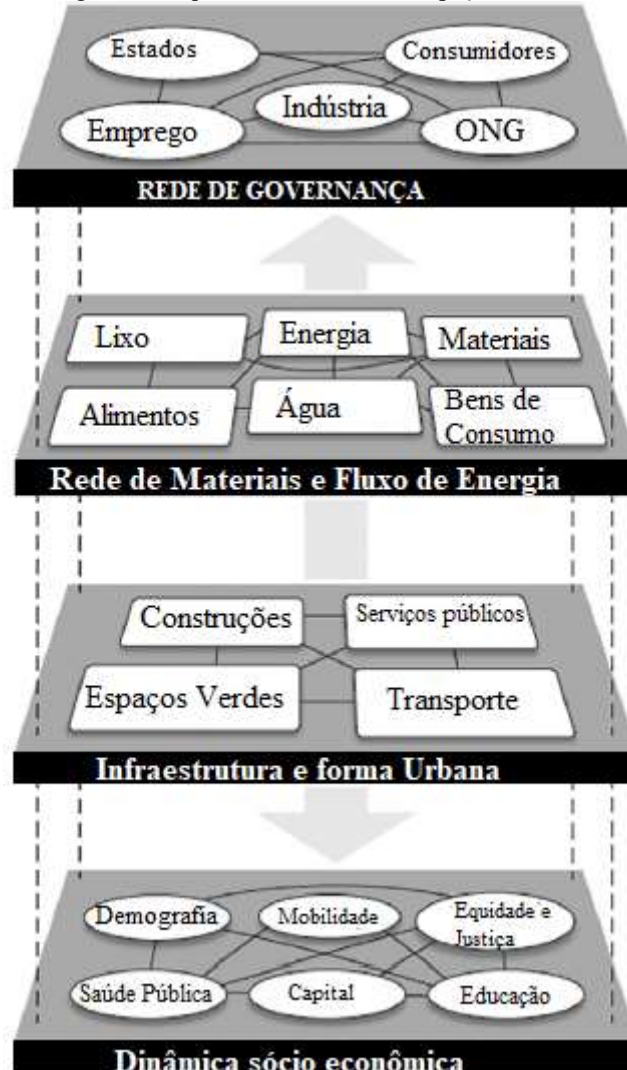
A Figura 6, apresentada por Jabareen (2013), ratifica a importância do conceito de vulnerabilidade e riscos com as cidades resilientes. Mais que isso, destaca a questão das incertezas, prevenção e governança urbana que permeiam o tema.

2.5 Resiliência Urbana

Como as áreas urbanas são sistemas complexos expostos a diferentes choques, que impactam seus diversos componentes (Azolin, Rodrigues da Silva e Pinto, 2020), há uma necessidade de entender o espaço urbano e esses componentes. Meerow, Neweel e Stults (2016) definem o sistemas urbanos como complexos e adaptáveis, e fazem a divisão desse sistema em 4 componentes: (i) redes de governança, (ii) rede de material e fluxo de energia, (iii)

infraestrutura e (iv) dinâmica sócio econômica. A Figura 7 representa um esquema conceitual do espaço urbano, de acordo com os autores.

Figura 7- Esquema conceitual do Espaço urbano



Fonte: Meerow, Newell e Stults (2016)

De acordo com a Figura 7, as redes de governança se referem à diversidade de atores e instituições cujas decisões moldam os sistemas urbanos. Materiais em rede e fluxos de energia referem-se à grande quantidade de materiais que são produzidos ou consumidos em ou por um sistema urbano, como fluxos de água, energia, alimentos e resíduos. Infraestrutura e forma urbana englobam o ambiente construído, tais como edifícios, redes de transporte, energia e água. Por fim, as dinâmicas socioeconômicas, que englobam aspectos como capital monetário, demografia e forma de justiça e equidade (Meerow, Newell e Stults, 2016). Diante destes conceitos, é necessário refletir sobre como o conceito de resiliência pode ser aplicado no espaço urbano.

As cidades resilientes possuem a capacidade de absorver, funcionar e se reorganizar quando submetidas a choques e ameaças (Aytac, Arslan e Durak, 2016), apresentando-se sob tais perspectivas: (1) urbana ecológica; (2) tratamento de perigos e desastres; (3) lidar com choques no desenvolvimento de economias regionais; e (4) promover a resiliência através de governança e instituições (Leichenko, 2011).

Assim, a resiliência urbana refere-se à capacidade de um sistema urbano e de todos os seus componentes, em escalas temporais e espaciais, em manter ou retornar rapidamente às funções desejadas diante de uma ameaça, para se adaptar às mudanças ou promover transformações rápidas que limitam a capacidade de adaptação atual ou futura (Abdrabo e Hassaan, 2015; Meerow, Newell e Stults, 2016).

O planejamento das cidades resilientes é visto como um processo de redução de vulnerabilidades a choques e de acumulação de um conjunto de ativos que permite que sistemas ou comunidades transcendam as crises de tal forma que continuem a desempenhar suas funções ou seguir seus caminhos (Barata-Salgueiro e Erkip, 2014).

Nesses casos, devem ser consideradas as interdependências entre o sistema de mobilidade e outros setores, tais como fornecimento de energia, combustível ou telecomunicações, entre outros (Brasil, 2015).

Baseada nestas perspectivas, as cidades resilientes são consideradas dinâmicas e oferecem múltiplos caminhos para alcançar um nível desejável de resiliência, com aspectos ligados a persistência, adaptação e transformação, seja do espaço urbano (Meerow, Newell e Stults, 2016) ou mais especificamente do sistema de transporte.

Foi visto que o conceito de resiliência converge para a capacidade de um sistema em suportar ameaças e retomar suas funções, e apresenta como características chave: persistir, adaptar, recuperar. O conceito utilizado para mensurar a resiliência neste trabalho considera os aspectos apresentados por Holling (1973) e posteriormente discutidos por Folke *et al.* (2010), dividindo o conceito de resiliência em persistência, adaptação e transformação. Esses conceitos foram utilizados por Fernandes *et al.* (2017) e Martins, Rodrigues da Silva e Pinto (2019) concentrando-se na mobilidade urbana e considerando a escassez de combustíveis fósseis uma ameaça à mobilidade.

A persistência relaciona-se com o potencial de um indivíduo ou grupo manter seus padrões de mobilidade, afetando talvez as condições socioeconômicas, sem comprometer a qualidade de vida. A adaptabilidade está relacionada com o potencial de adotar alternativas diferentes aos padrões usuais de mobilidade, também sem comprometer a qualidade de vida,

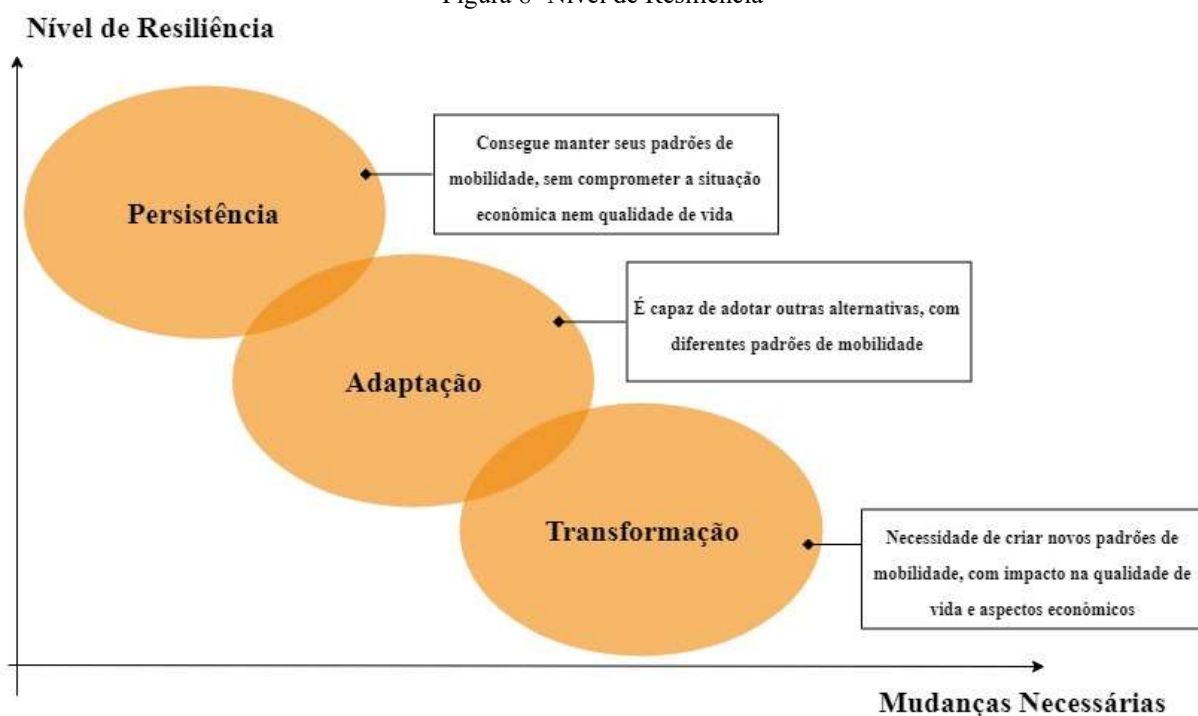
ou seja, refere-se à capacidade de seguir realizando atividades cotidianas em situações de crise, com base na oportunidade, criatividade ou esforço extra. Por fim, a transformabilidade está voltada ao potencial de criar novas condições de adaptabilidade e persistência, frente a futuras ameaças (Fernandes *et al.*, 2017; Rose, 2007).

Martins, Rodrigues da Silva e Pinto (2019) consideraram a possibilidade de viagens feitas nos modos motorizados serem transferidas para modos ativos no caso de uma interrupção do sistema de mobilidade. A análise assumiu que as pessoas poderiam andar a pé ou andar de bicicleta até uma certa distância, classificando as viagens como: excepcionais, persistentes, adaptáveis e transformáveis.

Em outra abordagem quantitativa da resiliência da mobilidade urbana, Fernandes *et al.* (2019) utilizaram dados sobre sistemas e infraestrutura de transporte, preço do transporte, níveis médios de declividade de cada distrito, acessibilidade de bicicleta a uma estação de trem ou metrô, salários, matriz de gastos, cargos, origens e destinos e projetos de mobilidade elétrica. Os autores classificaram o nível de resiliência como persistente, adaptável ou transformável. A classificação é baseada especialmente na mudança que ocorreria na matriz de despesas dos usuários se os combustíveis fósseis dobrassem de preço (Fernandes *et al.*, 2019).

A resiliência tem uma imprecisão conceitual que é benéfica ao permitir que ela funcione como um "objeto de fronteira" (Meerow, Newell e Stults, 2016), assim a Figura 8 sintetiza os conceitos de persistência, adaptação e transformação, com o nível de resiliência e o grau exigido para mudanças para responder as ameaças.

Figura 8- Nível de Resiliência



Fonte: Elaboração Própria (2019)

O conceito adotado neste trabalho é apresentado na Figura 8. Nota-se que quando um sistema é classificado em ‘transformação’, exige um maior número de mudanças para continuar realizando viagens, enquanto a ‘persistência’ possui um nível maior de resiliência e por isso são exigidas poucas (ou nenhuma) mudanças.

Em uma escala de tempo, a persistência refere-se ao curto prazo, ou seja, em um intervalo curto de tempo, aquele sistema consegue reestabelecer suas condições iniciais. Para a ‘adaptação’ (às vezes, resultado de uma série de transformações) torna-se necessário um tempo maior (médio prazo) para que o sistema volte ao seu estado inicial (Spaans e Waterhout, 2017), e a transformação exige um período de longo prazo para restabelecer. O fato é que mesmo no curto prazo, o setor de transporte é vulnerável a eventos extremos (Jaroszweski, Hooper e Chapman, 2014), seja por motivos naturais ou antropogênicos.

Ou seja, frente a estresses e choques, uma cidade pode apresentar condições adequadas de persistência a curto prazo, com o intuito de manter suas funções e serviços por completo, ou pode apresentar debilidades, levando o sistema urbano a recorrer a adaptações parciais, gerando a necessidade de uma transformação a longo prazo, para que o sistema tenha a capacidade de adaptar-se por completo, em caso de repetição das mesmas ameaças, no futuro.

Dessa forma, uma cidade resiliente pode manter o nível dos serviços oferecidos, através de condições adequadas de persistência (ou adaptabilidade ou transformabilidade), permitindo que seu sistema, seu modo de organização esteja preparado para a nova situação (Spaans e Waterhout, 2017).

Destarte, acredita-se que as cidades resilientes se adaptem melhor às mudanças através do ajuste dos sistemas internos, por exemplo, ao mudar o uso do solo associado ao sistema de transporte é possível reduzir o consumo de energia e a exposição do sistema a desastres naturais potenciais (Zhao *et al.*, 2013).

Consoante as características das cidades resilientes, o esforço para construir a resiliência urbana deve se concentrar em transformar sistemas que são injustos socialmente e focar em comunidades para desenvolver sua capacidade adaptativa a eventos extremos (Meerow, Newell e Stults, 2016).

Desta forma, os riscos, vulnerabilidades e ameaças ao sistema urbano podem estar associados a forma de organização e distribuição espacial do uso do solo e do sistema de transporte, além de outras características do espaço urbano (por exemplo, distribuição socioespacial, presença de áreas verdes, qualidade da infraestrutura urbana e de transporte, etc.).

Em vista do que foi discutido sob o tema resiliência urbana, deve-se destacar que requer a inclusão das comunidades pobres e vulneráveis na cidade e na região metropolitana. Isso porque os espaços informais são mais propensos a serem vulneráveis do que outros devido à sua população de baixa renda e falta de infraestrutura e serviços.

Outrossim, devido ao seu caráter socioespacial e grandes populações, cidades contemporâneas são mais vulneráveis a uma variedade de riscos e têm potencial para se tornarem geradores de novos riscos, como infraestrutura, falha na prestação de serviços, degradação do ambiente urbano e expansão de assentamentos informais (Jabareen, 2013).

2.6 Ameaças aplicáveis a Mobilidade Urbana

Os estudos sobre a resiliência urbana observam atentamente a estabilidade e diversificação das estruturas econômicas urbanas para lidar com ameaças e pressões desconhecidas (Zhang e Li, 2018), destacando a importância de desenvolver um melhor entendimento de como as pessoas reagem quanto à sua mobilidade (Wang e Taylor, 2016).

O conceito de resiliência muitas vezes está associado à capacidade de um sistema de absorver, se adaptar, transformar e algumas vezes aprender com as perturbações. Essas perturbações, no caso da mobilidade urbana, são consideradas as ameaças que podem afetar o sistema.

Diferentes tipos de interrupções e ameaças a infraestruturas críticas, incluindo o sistema de transportes, podem exigir ferramentas de análise e cursos de ação para antecipação, prevenção, mitigação e restauração (Mattsson e Jenelius, 2015).

Pela revisão feita percebe-se a ocorrência de termos como “*stress*” e “*shock*”, que também se referem a ameaça e por isso, tais termos foram considerados como similares. Na visão de Langridge, Christian-Smith e Lohse (2006), “*stress*” é um fator externo ao sistema, caracterizado como um distúrbio ou choque relativo a um determinado limite, ao passo que a resiliência é a capacidade interna de um sistema em lidar e se adaptar a tal distúrbio. O Quadro 9 apresenta definições que estão relacionadas com o conceito de resiliência, em ordem cronológica.

Quadro 9- Conceitos associados a ameaça

Autor e Ano	Termo utilizado	Definição apresentada
Bosher, Penning-rowsell e Tapsell (2007)	“ <i>stress</i> ”	O estresse é considerado externo ao sistema e é caracterizado como um distúrbio ou choque em relação a limiar, enquanto a resiliência é retratada como uma capacidade interna do sistema para adaptar-se a um estresse
CCC (2010)	“ <i>Maladaptation</i> ”	Quaisquer mudanças em sistemas naturais ou humanos que inadvertidamente aumentem a vulnerabilidade
Berche <i>et al.</i> (2009)	“ <i>attack</i> ”	Qualquer falha que um sistema apresenta
Jenelius e Mattsson (2015)	“ <i>disruption</i> ”	As interrupções podem ser causadas por uma ampla gama de eventos, alguns dos quais se originam dentro do sistema de transporte, incluindo acidentes de trânsito e falhas técnicas.
Mattsson e Jenelius (2015)	“ <i>threats</i> ”	Divide as ameaças em internas e externas. As ameaças internas são causadas por falhas humanas, enquanto as externas são causas naturais.

Fonte: Elaboração Própria (2019)

Pelo Quadro 9, percebe-se que as definições apresentadas convergem para um distúrbio que pode afetar o sistema. No relatório promovido pela Fundação Rockefeller, o documento que abrange a cidade de Salvador, define choques como desastres pontuais, eventos repentinos e graves que ameaçam uma cidade (como terremotos, inundações, surtos epidemiológicos), enquanto que estresses são eventos que exercem pressão diária ou recorrente numa cidade e que enfraquecem o tecido urbano de forma cíclica, debilitando sua estrutura (como o desemprego ou um sistema de transporte público sobrecarregado ou ineficiente).

Neste trabalho, tais distúrbios são denominados por ameaças. Como visto nas seções anteriores, a resiliência está associada a capacidade de um sistema suportar eventos extremos ou inesperados. Tais eventos extremos, nesta tese, são entendido como ameaças que podem causar a interrupção ou prejuízo do sistema.

Embora o conceito de ameaça seja algo simples, ele não pode ser negligenciado, especialmente porque ao tratar sobre resiliência e vulnerabilidade, cada um desses elementos apresenta relação com a ameaça que o sistema suporta: ele pode ser resiliente a uma determinada ameaça enquanto a outra não.

Por isso, justifica-se a identificação das ameaças existentes. Por serem eventos diferentes, as respostas e reações são distintas. Assim, tratar da resiliência de forma coerente é assegurar a identificação de possíveis ameaças, bem como respostas para cada uma delas.

Uma classificação encontrada na literatura foi quanto ao tipo de ameaças. De acordo com Mattsson e Jenelius (2015), as ameaças classificam-se em internas e externas. Ameaças

internas são originadas de erros e acidentes causados por colaboradores e usuários, falhas técnicas, sobrecarga, entre outros, podendo ser ou não intencional. Ameaças externas estão relacionadas a fenômenos naturais, incluindo vários níveis de adversidade do clima e desastres naturais: chuvas torrenciais, neve, furacões, tornados, enchentes, deslizamento de terra, tsunamis (Mattsson e Jenelius, 2015).

Além da classificação quanto ao tipo, notou-se que as ameaças podem ser classificadas quanto ao nível, já que as ameaças podem afetar a mobilidade urbana no curto, médio e longo prazo. No curto prazo, pode-se falar em ameaças classificadas em nível operacional que vão exigir poucos esforços para serem mitigadas. No médio prazo e longo prazo, as ameaças são associadas ao nível estratégico, já que são oriundas de problemas estruturais mais difíceis de serem mitigadas.

As ameaças nesse artigo foram divididas em mudanças climáticas, mudanças econômicas, escassez de recursos naturais e problemas urbanos. Essa divisão é tratada nas seções seguintes e posteriormente é feita uma análise sobre as ameaças encontradas na literatura e em relatórios governamentais das cidades Rio de Janeiro, Salvador e Porto Alegre, da Fundação Rockefeller.

2.6.1 Mudanças Climáticas e Desastres Naturais

Um dos pontos mais ressaltados na literatura é a mudança climática e desastres naturais (Boschetti *et al.*, 2017; Jaroszweski, Hooper e Chapman, 2014; Leichenko, 2011; Meerow, Newell e Stults, 2016; Sellberg, Wilkinson e Peterson, 2015; Tromeur *et al.*, 2012), que estão se tornando cada vez mais frequentes com eventos climáticos mais intensos, colocando anos de progresso dos países emergentes em risco (Gallagher e Cruickshank, 2016).

Isso porque essas mudanças podem trazer consigo uma série de complicações que afetam o dinamismo das cidades e, conseqüentemente, a mobilidade urbana. Aumento do nível do mar, inundações, eventos meteorológicos extremos e terremotos foram alguns aspectos mencionados na revisão bibliográfica.

O aumento no nível do mar afeta principalmente as cidades costeiras ou que possuem algum rio ou baía próximo. Esse aumento pode acarretar o agravamento de doenças, bem como a impossibilidade de realizar viagens por aquela região. A inundação pode causar todos esses problemas, mas que não afetaria só as cidades costeiras ou similares, mas também qualquer espaço urbano que estivesse propenso a chuvas e não fosse devidamente planejado para tal.

Inundações na Tailândia, em 2011, causaram perda de vidas, bem como perturbações severas à cadeia de fornecimento global de muitos componentes eletrônicos (Jaroszweski, Hooper e Chapman, 2014).

Outros exemplos relatados foram o furacão Irene em 2011 e Sandy em 2012 – ambos em Nova Iorque – que entre outros impactos causaram o desligamento completo do sistema metroviário como uma medida de precaução (Aerts *et al.*, 2013).

Em virtude desses acontecimentos, acredita-se que devem aumentar as defesas em torno do litoral como medida de proteção. Isso não eliminará todas as inundações de todas as tempestades concebíveis - um objetivo impossível - mas mitiga os efeitos de um aumento do nível do mar, onde o risco é maior e reduz significativamente os efeitos das ondas e inundações de tempestades (Zhang e Li, 2018).

Mudanças climáticas e desastres naturais são os temas com maior ocorrência ao tratar de resiliência urbana, conforme mencionado na revisão bibliométrica. Embora importante, as cidades apresentam outras ameaças que podem afetar o seu estado normal de funcionamento.

2.6.2 Escassez de Recursos Naturais

A escassez de recursos naturais está relacionada à crise de biodiversidade, à ameaça de combustível fóssil, crise de energia e limite do uso do solo, e tais aspectos estão relacionados de alguma forma (Boschetti *et al.*, 2017).

No que tange à ameaça de combustível fóssil, apesar das flutuações nos preços do petróleo e do gás e da recessão econômica, os preços a longo prazo provavelmente se recuperarão e continuarão a aumentar (O'Brien, 2009). Por isso, a dependência de tais recursos naturais afeta significativamente a mobilidade urbana, especialmente em áreas em que os transportes individual ou público fazem uso do derivado de petróleo como combustível principal.

Isso porque qualquer variação no preço do barril de petróleo pode afetar a economia global, e conseqüentemente o setor de agricultura e industrial, levando ao aumento de preço de alimentos e bens de consumo, e além disso impactando o setor de transportes (Fernandes *et al.*, 2015).

A greve dos caminhoneiros que ocorreu no Brasil em maio de 2018, interrompeu direta ou indiretamente todas as cadeias de suprimentos do país, afetando não apenas os postos de combustível, mas também a mobilidade das pessoas que não podiam se locomover devido à

ausência de gasolina, etanol e diesel em todos os estados do território nacional, além de comprometer todo transporte de carga de um país que depende majoritariamente do modo rodoviário.⁴

Dessa forma, a política energética deve garantir serviços seguros e acessíveis, abordar metas de políticas climáticas e contribuir para objetivos de desenvolvimento sustentável (O'Brien, 2009). Infelizmente, existem metrópoles que em relação a mobilidade urbana seguem a lógica do automóvel particular, ou seja, são cidades que estão repletas de automóveis e ônibus movidos a gasolina e diesel (Fernandes *et al.*, 2015).

2.6.3 Mudanças Econômicas

Conforme a revisão sistemática e bibliométrica, é expressivo o número de publicações do conceito de resiliência relacionado a mudanças climáticas e/ou desastres naturais. No entanto, os artigos levantados mostraram a existência de ameaças de caráter econômico, como alto desemprego, desigualdade social, crise financeira e falta de diversificação na economia, em que países em desenvolvimento tendem a ser mais suscetíveis a essas ameaças.

Como as economias regionais e locais respondem e se ajustam a tais perturbações e podem exercer uma influência sobre como elas se desenvolvem e evoluem, o conceito de resiliência apresenta-se como relevante para entender o processo e padrões de desenvolvimento econômico (Simmie e Martin, 2010).

A desigualdade social afeta a mobilidade urbana em vários aspectos. Um deles é a falta de acessibilidade a algumas camadas da população, sobretudo as mais pobres, que vivem nas periferias e favelas que nem sempre têm acesso a um sistema de transporte adequado, além da ausência de atividades e oportunidades próximas e alcançáveis por modos não motorizados para atender a necessidade básicas das pessoas.

Esse aspecto da resiliência é relativamente mais complexo pois envolve um problema de investimento a longo prazo associado à reparação e reconstrução – da infraestrutura urbana. Além disso, envolve compromissos sérios, como, por exemplo, quando a urgência na

⁴ Greve dos caminhoneiros afeta abastecimento de combustíveis, preço de alimentos e trânsito no RJ. Reportagem do O Globo em 23 de Maio de 2018. Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/greve-dos-caminhoneiros-afeta-abastecimento-de-combustiveis-no-rj.ghtml> Acesso: 11 Jan 2019.

reconstrução pode deixar as empresas ou a economia em geral mais vulneráveis a futuras catástrofes (Rose, 2007).

2.6.4 Problemas Urbanos

Tendo em vista que maior parte da população mundial vive em cidades, é preciso pensar em reduzir a vulnerabilidade das áreas urbanas não apenas quando são afetadas, mas antes mesmo de ocorrer uma ameaça (González-Muzzio, 2013), necessitando entender e identificar ameaças relacionadas a problemas urbanos.

Por fim, há riscos relacionados com problemas urbanos como: superpopulação, envelhecimento da infraestrutura do sistema de transporte (ST), refugiados, transtorno civil, ataques terroristas, surto de doenças, desastres tecnológicos, falhas em ônibus, trens e metrô, superlotação ou sistema de transporte público ineficiente, aumento da idade da população, violência, ataques ao terminal intermodal, escassez de comida e água.

Alguns desses fatores - envelhecimento da infraestrutura do ST, superlotação ou ST ineficiente e violência – estão presentes em muitas cidades ao redor do mundo. Os dois primeiros estão intrinsecamente ligados à mobilidade urbana, visto que eles mencionam o próprio sistema de transporte. O último aspecto (violência) afeta a mobilidade urbana, pois os indivíduos podem deixar de realizar viagens por conta da insegurança no trajeto.

Assim, os aspectos demográficos relacionados a problemas urbanos são: superpopulação, refugiados e aumento da idade populacional. A superpopulação pode interferir na mobilidade caso a rede de transporte não seja dimensionada da forma correta. Um expressivo número de refugiados pode acarretar problemas sociais e falta de controle populacional. O aumento da idade populacional, no Brasil, traz uma dependência maior dessas pessoas ao transporte público, bem como a gratuidade do pagamento a partir dos 65 anos de idade, que pode influenciar no cálculo da tarifa do transporte público.

2.6.5 Ameaças sob a ótica dos relatórios governamentais

A Fundação Rockefeller apresenta três cidades brasileiras que foram escolhidas para participar do Desafio *100 Resilient Cities* e assim elaborar um plano estratégico voltado para Resiliência: Rio de Janeiro, Porto Alegre e Salvador, sendo que essa última ainda não apresenta o relatório completo. Dessa forma, nessa seção são descritos os principais pontos contidos nos relatórios das cidades do Rio de Janeiro e Porto Alegre.

De acordo com o relatório Rio Resiliente, para a cidade do Rio de Janeiro, são considerados choques e estresses: envelhecimento da infraestrutura, seca, sistemas inadequados de transporte público, deslizamento de terra e inundações devido a chuvas. Esses pontos dão origem aos seguintes riscos: chuvas fortes, ventos fortes, ondas e ilhas de calor, aumento do nível do mar, epidemias e pandemias, seca prolongada, saturação da infraestrutura viária, acidentes com infraestrutura urbana, aglomeração de pessoas com impacto na normalidade, ações criminosas no espaço urbano e saneamento insuficiente.

O relatório de Porto Alegre apresenta como choques e estresses: terremotos, sistema inadequado de transporte público, inundações devido a chuvas e tsunamis. Esses pontos dão origem aos seguintes riscos: falta de diversificação da economia, desigualdade social entre as regiões da cidade, aumento do nível da água do Lago Guaíba, mobilidade urbana e regularização fundiária (que reflete na falta de moradia).

A cidade de Salvador apresenta como choques e estresses: crime/violência, sistema educacional inadequado, deslizamento de terra, crescimento populacional/superpopulação, pobreza, inundações devido à chuva e surto de doenças. A cidade ainda não apresenta um relatório estratégico e por isso, não constam os riscos existentes.

O Quadro 10 apresenta uma síntese das ameaças levantadas e se são discutidas por relatórios governamentais e/ou artigos científicos. Além disso, propõe uma classificação quanto ao tipo (externa ou interna) e ao nível (estratégico ou operacional).

Quadro 10 - Ameaças aplicáveis a mobilidade urbana

Dimensão	Ameaças	Relatórios governamentais	Artigos Científicos	Tipo	Nível
Mudanças Climáticas e Desastres Naturais	Aumento do nível do mar/rio	(Rockefeller, 2015, 2016)	(Abdrabo e Hassaan, 2015; Coaffee, 2008; Zhao <i>et al.</i> , 2013)	Externa	Estratégico
	Eventos Meteorológicos Extremos	(Brasil, 2015)	(Boschetti <i>et al.</i> , 2017; Donovan e Work, 2017; Jaroszweski, Hooper e Chapman, 2014)	Externa	Estratégico
	Terremoto	(Rockefeller, 2016, 2017a)	(Chen e Miller-Hooks, 2012; Ilbeigi, 2019; McDaniels <i>et al.</i> , 2008; Reggiani, Nijkamp e Lanzi, 2015; Spaans e Waterhout, 2017; Wang, Chen e Chan, 2017)	Externa	Operacional
	Inundações	(Rockefeller, 2015, 2016, 2017a; b)	(Abdrabo e Hassaan, 2015; Chen e Miller-Hooks, 2012; Coaffee, 2008; Gil e Steinbach, 2008; Spaans e Waterhout, 2017)	Externa	Operacional
Escassez de Recursos Naturais	Crise de Biodiversidade	-	(Boschetti <i>et al.</i> , 2017)	Interna/ Externa	Estratégico
	Ameaça de combustível fóssil	-	(Fernandes <i>et al.</i> , 2017; Leung <i>et al.</i> , 2018; Leung, Burke e Cui, 2017; Martins, Rodrigues da Silva e Pinto, 2019; O'Brien, 2009)	Externa	Estratégico
	Crise de Energia	(Brasil, 2015)	(Coaffee, 2008; O'Brien, 2009; Rendall <i>et al.</i> , 2011; Sellberg, Wilkinson e Peterson, 2015)	Interna/ Externa	Estratégico
	Limite do uso do solo	-	(Sellberg, Wilkinson e Peterson, 2015)	Interna	Estratégico
Mudanças Econômicas	Alto desemprego	(Rockefeller, 2017a)	(Boschetti <i>et al.</i> , 2017; Spaans e Waterhout, 2017)	Interna	Estratégico
	Desigualdade social/Pobreza	(Rockefeller, 2016, 2017b)	(Boschetti <i>et al.</i> , 2017)	Interna	Estratégico
	Crise financeira	-	(Reggiani, Nijkamp e Lanzi, 2015)	Interna	Estratégico
	Falta de diversificação na economia	(Rockefeller, 2016)	-	Interna	Estratégico
Problemas Urbanos	Superpopulação / Crescimento da População	(Rockefeller, 2017b)	(Boschetti <i>et al.</i> , 2017; Sharifi e Yamagata, 2016)	Interna	Estratégico
	Problemas na infraestrutura de transporte (falhas no sistema, idade)	-	(Boschetti <i>et al.</i> , 2017; Cats, Yap e Oort, van, 2016; Spaans e Waterhout, 2017; Yang <i>et al.</i> , 2018)	Interna	Operacional
	Refugiados	-	(Boschetti <i>et al.</i> , 2017)	Interna	Operacional
	Ataques Terroristas	(Rockefeller, 2017a)	(Boschetti <i>et al.</i> , 2017; Chen e Miller-Hooks, 2012; Donovan e Work, 2017; Reggiani, Nijkamp e Lanzi, 2015; Sánchez, 2011; Sharifi e Yamagata, 2016)	Externa	Operacional
	Surto de doença	(Brasil, 2015; Rockefeller, 2017a; b)	(Boschetti <i>et al.</i> , 2017; Reggiani, Nijkamp e Lanzi, 2015; Spaans e Waterhout, 2017)	Externa	Operacional
	Transtorno Civil (greves, paralisações)	-	(Boschetti <i>et al.</i> , 2017)	Interna	Operacional
	Desastres tecnológicos, colapso na internet, cyber crime	-	(Boschetti <i>et al.</i> , 2017; Sharifi e Yamagata, 2016)	Interna	Operacional
	Aumento da idade da população	-	(Boschetti <i>et al.</i> , 2017; Spaans e Waterhout, 2017)	Interna	Estratégico
	Violência	(Rockefeller, 2015, 2016, 2017a; b)	(Boschetti <i>et al.</i> , 2017; Spaans e Waterhout, 2017)	Interna	Estratégico
	Ataques ao terminal intermodal	-	(Chen e Miller-Hooks, 2012)	Interna	Operacional
Escassez de comida e água	(Rockefeller, 2017a)	-	Interna	Operacional	

Fonte: Elaboração própria (2019)

Pelo Quadro 10, percebe-se que muitos trabalhos ainda associam a resiliência a terremotos, inundações e ataques terroristas, corroborando o que já foi mencionado nas seções anteriores.

2.7 Considerações sobre o capítulo

Embora o conceito de resiliência tenha sido cada vez mais usado para ajudar as comunidades a lidar com desastres naturais, medindo e reduzindo sua vulnerabilidade (Wang *et al.*, 2017), ele não deve ser associado apenas a eventos de mudanças climáticas e desastres naturais. Outras ameaças também devem receber a devida importância, como as que estão associadas a mudanças econômicas e escassez de recursos naturais. Políticas e ações em resposta a desafios econômicos, por exemplo, podem afetar aspectos negativos e positivos, sociais e ecológicos da cidade e vice-versa, contribuindo para a imprevisibilidade e complexidade de possíveis soluções (Spaans e Waterhout, 2017), sendo necessário destacar a aplicação do conceito de resiliência no espaço urbano.

Meerow, Newell e Stults (2016) dividiram o espaço urbano em componentes (rede de governança, rede de materiais e fluxo de energia, infraestrutura e forma urbana, e dinâmica sócio econômica). O objeto de estudo desta tese aparece explicitamente em dois subcomponentes: transporte (que aparece no componente ‘infraestrutura e forma urbana’) e mobilidade (que aparece no componente ‘dinâmica sócio econômica’). Pela forma como os autores dividiram o espaço urbano (ver Figura 7), não importa qual seja a ameaça escolhida para estudar a resiliência, será envolvido mais de um componente.

Os subcomponentes apresentados pelos autores (transporte, mobilidade e uso do solo), de forma associada, configuram a acessibilidade. A acessibilidade é um fator normalmente considerado no planejamento urbano e em políticas de transportes, podendo ser utilizada como um critério importante para avaliar um sistema de transporte público (Guzman, Oviedo e Cardona, 2018). Com isso, entende-se que o conceito de resiliência pode ser aplicado a problemática desta tese com o uso de indicadores de acessibilidade.

Indicadores de acessibilidade que podem ser utilizados no acesso ao emprego, tratam a acessibilidade ao emprego baseado no tempo e custo de viagem, que se mostra apropriado para mensurar a resiliência tendo em vista a ameaça escolhida: ausência de integração tarifária. As equações a seguir apresentam tais indicadores (Deboosere e El-Geneidy, 2018; El-Geneidy *et al.*, 2016; Geurs e Wee, van, 2004):

$$A_i = \sum_{j=1}^n O_j f(C_{ij}) \quad (2)$$

$$f(C_{ij}) = \begin{cases} 1 & \text{if } C_{ij} \leq t_{ij} \\ 0 & \text{if } C_{ij} > t_{ij} \end{cases} \quad (3)$$

Baseada no tempo:

$$C_{ij} = t_{ij} \quad (4)$$

Em que A_i é a acessibilidade da zona i a todos os empregos da zona j , O_j é o número de empregos na zona j , $f(C_{ij})$ é a função de ponderação com C_{ij} sendo o fator de impedância (tempo ou custo da viagem de i para j), t_{ij} é o tempo de viagem da zona i para a zona j . Além de indicadores baseados no tempo e custo de viagem, por tratar a ameaça que trata sobre mudanças econômicas, é coerente destacar que a renda média também deve ser considerada.

Nesta tese, o conceito de resiliência adotado é a capacidade de um sistema em suportar ameaças e retomar suas funções, e apresenta como características chave: persistência, adaptação e transformação, enquanto a vulnerabilidade é definida como a suscetibilidade que um sistema apresenta a uma determinada ameaça. Em comum, a vulnerabilidade e a resiliência apresentam a identificação de uma ameaça em comum, conforme já visto na revisão de literatura. Embora pareçam apresentar uma correlação negativa, ou seja, quanto mais vulnerável for um sistema, menor será seu nível de resiliência, o estudo apresentado por Santos et al. (2020) mostra que mesmo em regiões com alta vulnerabilidade de uma ameaça, apresentou um alto nível de resiliência, denotando que tais conceitos não seriam necessariamente um oposto ao outro.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para atender ao objetivo geral deste trabalho, este capítulo apresenta os procedimentos metodológicos seguidos para apresentar um procedimento para mensuração do nível de vulnerabilidade e resiliência com base em uma ameaça escolhida de ordem econômica, utilizando-se da lógica nebulosa para mensuração. Este capítulo apresenta os conceitos necessários para o entendimento da lógica nebulosa e as etapas seguidas para a modelagem do problema proposto.

O procedimento foi aplicado e publicado para as 33 regiões administrativas da cidade do Rio de Janeiro com o objetivo de mensurar o nível de resiliência e vulnerabilidade (Santos *et al.*, 2020) e nesta tese o mesmo procedimento é aplicado nos 160 bairros da cidade do Rio de Janeiro.

3.1 Modelagem com a sistema de lógica nebulosa

A lógica nebulosa é uma ferramenta utilizada para resolver problemas complexos, devido a sua capacidade de inferir conclusões e produzir respostas baseadas em informações vagas, ambíguas e/ou qualitativamente incompletas ou imprecisas (Adjetey-Bahun *et al.*, 2016; Cosenza *et al.*, 2016) e como tal, é uma ferramenta útil para lidar com decisões nas quais o fenômeno é impreciso e vago (Vinodh e Devadasan, 2011), sendo utilizada com relação aos temas de transporte sustentável (Rajak, Parthiban e Dhanalakshmi, 2016; Sałabun, Palczewski e Wątróbski, 2019), redes de transporte (Freckleton *et al.*, 2012) e resiliência urbana (Bozza, Asprone e Manfredi, 2015; Olazabal e Pascual, 2016).

Os conceitos necessários da modelagem de sistemas nebulosos são descritos a seguir, com base nos trabalhos de: Faizi *et al.* (2018), Sałabun (2014), Sałabun, Palczewski e Wątróbski (2019) e Yager (2000):

Definição 1: Conjunto nebuloso e função de pertinência. A função característica μ_A de um conjunto *crisp* $A \subseteq X$ atribui um valor de 0 ou 1 para cada membro em X , assim um conjunto *crisp* permite apenas uma associação completa ($\mu_A(x) = 1$) ou sem associação ($\mu_A(x) = 0$). Esta função pode ser generalizada à função μ_A desde que tal valor atribuído esteja dentro de um intervalo especificado, ou seja, $\mu_{\bar{A}} : X \rightarrow [0, 1]$. O valor atribuído indica a classificação do membro do elemento no conjunto A . A função $\mu_{\bar{A}}$ é denominada função de pertinência e o

conjunto set $\tilde{A} = (x, \mu_{\tilde{A}}(x))$, onde $x \in X$, definido por $\mu_{\tilde{A}}(x)$ para cada $x \in X$, é chamado de conjunto fuzzy.

Definição 2. Número nebuloso triangular. Um conjunto nebuloso \tilde{A} , definido como o conjunto universo de números reais \mathfrak{R} , é dito número nebuloso triangular $\tilde{A}(a, m, b)$ se a sua função de pertinência é dada como segue na equação 5:

$$\mu_{\tilde{A}}(x, a, m, b) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{m-a}, & a \leq x \leq m \\ 1, & x = m \\ \frac{b-x}{b-m}, & m \leq x \leq b \\ 0, & x \geq b \end{cases} \quad (5)$$

e com as seguintes características de acordo com as equações 6 e 7:

$$x_1, x_2 \in [a, b] \wedge x_2 > x_1 \Rightarrow \mu_{\tilde{A}}(x_2) > \mu_{\tilde{A}}(x_1) \quad (6)$$

$$x_1, x_2 \in [b, c] \wedge x_2 > x_1 \Rightarrow \mu_{\tilde{A}}(x_2) > \mu_{\tilde{A}}(x_1) \quad (7)$$

Definição 3. Número nebuloso trapezoidal. Um conjunto nebuloso \tilde{A} , definido como o conjunto universo de números reais \mathfrak{R} , é dito número nebuloso trapezoidal como um $\tilde{A}(x, a, b, c, d)$, se sua função de pertinência é definida conforme a equação 8:

$$\mu_{\tilde{A}}(x, a, b, c, d) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c \leq x \leq d \\ 0, & d \leq x \end{cases} \quad (8)$$

Definição 4. Simbolicamente, \tilde{A} é denotado por $\mu_{\tilde{A}}(x, a, b, c, d)$. Um número nebuloso trapezoidal genérico $\tilde{A} = (x, a, b, c, d)$ é dividido em três partes: parte esquerda, parte do meio e parte direita.

Definição 5. Número nebuloso gaussiano. Um conjunto nebuloso \tilde{A} , definido como o conjunto universo de números reais \mathfrak{R} , é dito número nebuloso gaussiano como um $\tilde{A}(x, c, s, m)$, se sua função de pertinência é definida conforme a equação 9:

$$\mu_{\tilde{A}}(x, c, s, m) = \exp\left[-\frac{1}{2}\left|\frac{x-c}{s}\right|^m\right] \quad (9)$$

Onde:

c é o centro

s é a amplitude

m é o fator de nebulosidade.

Definição 6. A base de regras. A base de regras consiste em regras lógicas de uma determinada relação casual que existe em um sistema entre conjuntos nebulosos de entradas e saídas.

Definição 7. A regra nebulosa. Uma simples regra nebulosa pode ser baseada em uma afirmação condicional. O processo de raciocínio usa conectivos lógicos baseado em SE-ENTÃO, OU e E.

Definição 8. Um típico modelo nebuloso utiliza regras baseadas em ‘SE-ENTÃO’. Mais formalmente, o processo usado para determinar a saída para uma dada entrada é denominada inferência nebulosa. Baseado nesta inferência, a saída é chamada de grau de pertinência, em que o valor varia entre 0 e 1, e é determinado pela equação 10:

$$E_i(y) = T(\tau_i B_i(y)) \quad (10)$$

Onde: E_i é um subconjunto nebuloso, τ_i é o grau desta função, e B_i é o subconjunto nebuloso de conceitos linguísticos definidos no espaço y .

Definição 9. Para o procedimento desta tese considerando as regras utilizando-se o “E” como um conjunto de variáveis (por exemplo, SE emprego no destino é alto E a população na origem é alta, ENTÃO o potencial de uso é alto), tem-se as equações 11 e 12:

$$T(\tau_i B_i(y)) = \tau_i \wedge B_i(y) \quad (\wedge = \min) \quad (11)$$

$$T(\tau_i B_i(y)) = \tau_i B_i(y) \quad (\text{saída}) \quad (12)$$

Além disto, o operador $S(E_1(y), E_2(y), \dots, E_n(y))$, para o método que considera a união de regras com “OU”, envolve as equações 13 e 14:

$$S(E_1(y), E_2(y), \dots, E_n(y)) = \text{Max}_i(E_i(y)) \quad (13)$$

$$S(E_1(y), E_2(y), \dots, E_n(y)) = 1 - \prod(1 - E_i(y)) \quad (14)$$

Definição 10. Para obter uma saída *crisp*, é necessário desfuzificar o resultado denotado por y^* . De acordo com o método do centroide, a desfuzificação é dada pela equação 15:

$$y^* = \frac{\sum_y E(y)y}{\sum_y E(y)} \quad (15)$$

3.2 Etapas do procedimento metodológico

O procedimento proposto para esta tese apresenta uma estrutura hierárquica com base em indicadores de acessibilidade utilizando os blocos de inferência que utiliza bases de regras nebulosas (dispostas na seção anterior) para mensurar o nível de vulnerabilidade e resiliência

com base em valores linguísticos, que podem ser representados por funções trapezoidais, triangulares e gaussianas.

Na elaboração deste procedimento metodológico foram utilizadas nove variáveis de entrada quantitativas, que apresentam um determinado grau de certeza para cada variável e então, o sistema de inferência da lógica nebulosa utiliza as bases de regras SE-ENTÃO.

3.2.1 Etapa 1: Definições Iniciais

A primeira etapa consiste em dois níveis em que a saída esperada é a identificação de uma ameaça de ordem econômica que pode afetar o transporte público. Para isso, sugere-se a aplicação em dois níveis, sendo o primeiro um levantamento que pode ser feito por meio de uma revisão sistemática e/ou bibliométrica da literatura. A partir desse levantamento, o nível 2 é a escolha da ameaça de ordem econômica. Para esta tese, foi escolhido a ausência de integração tarifária, visto a lacuna percebida na literatura para mensurar o nível de resiliência com ameaça dessa natureza.

3.2.2 Etapa 2: Área de Estudo e Zoneamento

Com a ameaça identificada, a segunda etapa consiste em definir uma área de estudo e o nível de detalhamento do espaço escolhido. Esta área deverá ter o sistema de transporte público afetado caso a ameaça definida no nível 2 da Etapa 1 ocorra. Em seguida, é necessário saber se a ameaça pode de fato ocorrer na área definida. Se sim, a execução do método pode seguir para a etapa 3. Caso contrário, deve-se escolher uma nova área de estudo ou identificar uma nova ameaça.

3.2.3 Etapa 3: Variáveis de Entrada

A terceira etapa apresenta um nível composto pela definição das variáveis de entrada. Ameaças relacionadas com mudanças econômicas que possam afetar a acessibilidade do transporte público, em geral, envolvem dados sobre emprego, Renda, Indicador de Desenvolvimento Social e população, além do tempo de deslocamento e do valor da tarifa por transporte público para cada origem e destino.

Em seguida, é necessário verificar se os dados necessários estão disponíveis em base de dados governamentais, separados por zoneamento (definido na etapa anterior), bem como dados em tempo real (como *Google Maps* e API) que serão utilizados para definir o nível de vulnerabilidade e resiliência.

Para esta tese, as variáveis de entrada da arquitetura lógica do problema são baseadas em indicadores de acessibilidade. Foram selecionadas nove variáveis de entrada, conforme disposto no Quadro 11, que contém as variáveis de entrada, a descrição e a fonte de cada um.

Quadro 11- Variáveis de Entrada

Variáveis	Descrição	Fonte
Emprego	Refere-se à quantidade de empregos no bairro do destino	Censo (2010)
População	Refere-se à população do bairro de origem	Censo (2010)
Oportunidades Intervenientes	As oportunidades intervenientes são a quantidade de empregos que podem ser alcançados com o tempo menor ou igual ao tempo necessário para alcançar um bairro de destino a partir de um bairro de origem.	Censo (2010) e Google API (tempo)
Tempo de viagem	Tempo necessário para alcançar o destino a partir de uma origem até um destino	Google API
Emprego (60 minutos)	Quantidade de empregos que pode ser alcançado em 60 minutos com transporte público	Google API
Empregos (1 tarifa)	Quantidade de empregos que pode ser alcançado utilizando uma tarifa	Google API
Diferença Tarifária	Diferença entre a tarifa paga pelo usuário sem o subsídio (integral) e com o subsídio (integração tarifária)	Google API e Rio Card
Renda	Renda nominal média	Censo (2010)
IDS	Indicador de desenvolvimento Social	Censo (2010)

Fonte: Elaboração Própria (2020)

De acordo com o Quadro 11, as variáveis de entrada foram extraídas de dados oficiais disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), pelo Google API e Rio Card. O motivo para escolha dos dados do CENSO do ano de 2010 se deve ao fato de que a coleta de tais dados é feita a cada 10 anos.

As variáveis de entrada podem ser representadas por três classes de subconjuntos nebulosos: trapezoidal, triangular e gaussiana. A função trapezoidal é dada pela equação 13, a triangular é dada pela equação 14 e a função gaussiana é dada pela Equação 15. Essas equações são dispostas no Matlab 2017 e foram utilizadas para resultarem nas funções de pertinência.

$$f(x; a, b, c, d) = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{d-x}{d-c}\right), 0\right) \quad (13)$$

$$f(x; a, b, c) = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{c-x}{c-b}\right), 0\right) \quad (14)$$

$$f(x; \sigma; c) = e^{-\frac{(x-c)^2}{2\sigma^2}} \quad (15)$$

3.2.4 Etapa 4: Arquitetura Lógica do Problema utilizando Lógica Nebulosa

A partir da definição das variáveis de entrada, a etapa de número 4 consiste em 2 níveis. No primeiro deve-se elaborar uma árvore de decisão que consiste em representar de forma esquemática as variáveis definidas na etapa anterior.

No segundo nível é necessário definir a ferramenta que será utilizada para mensurar o nível de vulnerabilidade e resiliência. O procedimento proposto utiliza a lógica nebulosa para representar a arquitetura do problema.

Na elaboração da árvore, cada nó corresponde a uma base de regras *fuzzy*, denominado de Bloco de Inferência (BI), no qual são computadas as variáveis linguísticas, por agregação e composição, de modo a produzir um resultado inferido, também na forma de variável linguística (Cury, 2007).

3.2.5 Etapa 5: Matrizes de Vulnerabilidade e Resiliência

A etapa 5 apresenta 3 níveis. O primeiro nível é a utilização da lógica nebulosa para elaboração das funções de pertinência, em que as regras foram expostas no tópico “3.1 Modelagem com a sistema de lógica nebulosa”

Posteriormente, os níveis 2 e 3 dessa etapa são a elaboração de matrizes de vulnerabilidade e resiliência, respectivamente, subsidiadas por todas as etapas executadas até aqui. As matrizes com nível de vulnerabilidade e resiliência, para cada par origem e destino constituem o resultado esperado da Etapa 5.

3.2.6 Etapa 6: Definição dos Critérios de Vulnerabilidade e Resiliência

A etapa 6 possui 2 níveis. O primeiro tange à elaboração de critérios para classificação da vulnerabilidade, enquanto o segundo para classificação da resiliência, a partir das quatro matrizes obtidas na etapa 5.

Para o nível 1, classifica-se a vulnerabilidade em três níveis: ‘inexistente’, ‘baixa’ e ‘alta’. A situação ‘inexistente’ implica que a ameaça não ocorre no par de origem-destino. Sendo $f(v)$ a função de pertinência do nível de vulnerabilidade, e classificando em três níveis (inexistente, baixa e alta), tem-se:

$$f(v) = \begin{cases} \textit{inexistente}, & x = 0 \\ \textit{baixa}, & x < 0.5 \\ \textit{alta}, & x \geq 0.5 \end{cases}$$

O critério de “vulnerabilidade baixa” ocorre quando os valores das funções de pertinência obtidas na matriz de vulnerabilidade são menores que 0.5 e “vulnerabilidade alta” quando esses valores são maiores que 0.5. A partir disso, contabiliza-se quantas regiões possuem vulnerabilidade inexistente, baixa ou alta.

Sobre o nível 2, os critérios adotados para classificação do nível de resiliência foram divididos em: persistência, adaptação e transformação. A “persistência” ocorre quando o nível de resiliência é maior que 0.625, a “adaptação” quando o nível está entre 0.3 e 0.625 e a “transformação” quando o nível de resiliência é menor que 0.3. Esses valores foram obtidos a partir da intersecção das curvas gaussianas das funções de pertinência.

Sendo $f(r)$ a função de pertinência do nível de resiliência e classificando em três níveis (persistência, adaptação e transformação), tem-se:

$$f(r) = \begin{cases} \textit{persistência}, & x \geq 0.625 \\ \textit{adaptação}, & 0.3 \leq x \leq 0.625 \\ \textit{transformação}, & x \leq 0.3 \end{cases}$$

Dessa forma, a saída esperada para a etapa 6 é a definição dos critérios de classificação de vulnerabilidade (nível 1) e de resiliência (nível 2).

3.2.7 Etapa 7: Elaboração do código de Vulnerabilidade e Resiliência

A etapa 7 possui 2 níveis. Nesta etapa, deve-se elaborar um código de vulnerabilidade e resiliência que será analisado sob a ótica da origem e do destino, sendo respectivamente o nível 1 e nível 2, utilizando-se os critérios definidos na etapa 6.

No nível 1, o código de vulnerabilidade expõe os valores em percentuais que cada zona possui nas quantidades de ligações classificadas como alta, baixa ou inexistente. Analogamente,

no nível 2, o código de resiliência consiste em termos percentuais de cada zona que são classificadas como persistentes, adaptáveis e transformáveis.

3.2.8 Etapa 8: Elaboração de Mapas de Vulnerabilidade e Resiliência

A etapa 8 consiste em elaborar mapas de vulnerabilidade e resiliência. O mapa de vulnerabilidade é construído a partir da média aritmética dos valores obtidos na matriz de vulnerabilidade por bairro. O mesmo procedimento é feito para construção do mapa de resiliência. A Figura 9 representa o nível médio de resiliência para um exemplo hipotético do bairro 2. Neste caso, os valores do nível de resiliência a partir da matriz de origem e destino são computados e a média aritmética é calculada.

Figura 9 - Exemplo de resiliência média

	1	2	3	4	5	6
1	0,597	0,943	0,968	0,758	0,894	0,878
2	0,855	0,717	0,776	0,032	0,532	0,357
3	0,336	0,519	0,424	0,221	0,177	0,366
4	0,142	0,247	0,698	0,535	0,906	0,393
5	0,861	0,274	0,972	0,318	0,726	0,968
6	0,258	0,187	0,540	0,995	0,894	0,946

Níveis de Resiliência do bairro na Origem

Níveis de Resiliência do bairro no Destino

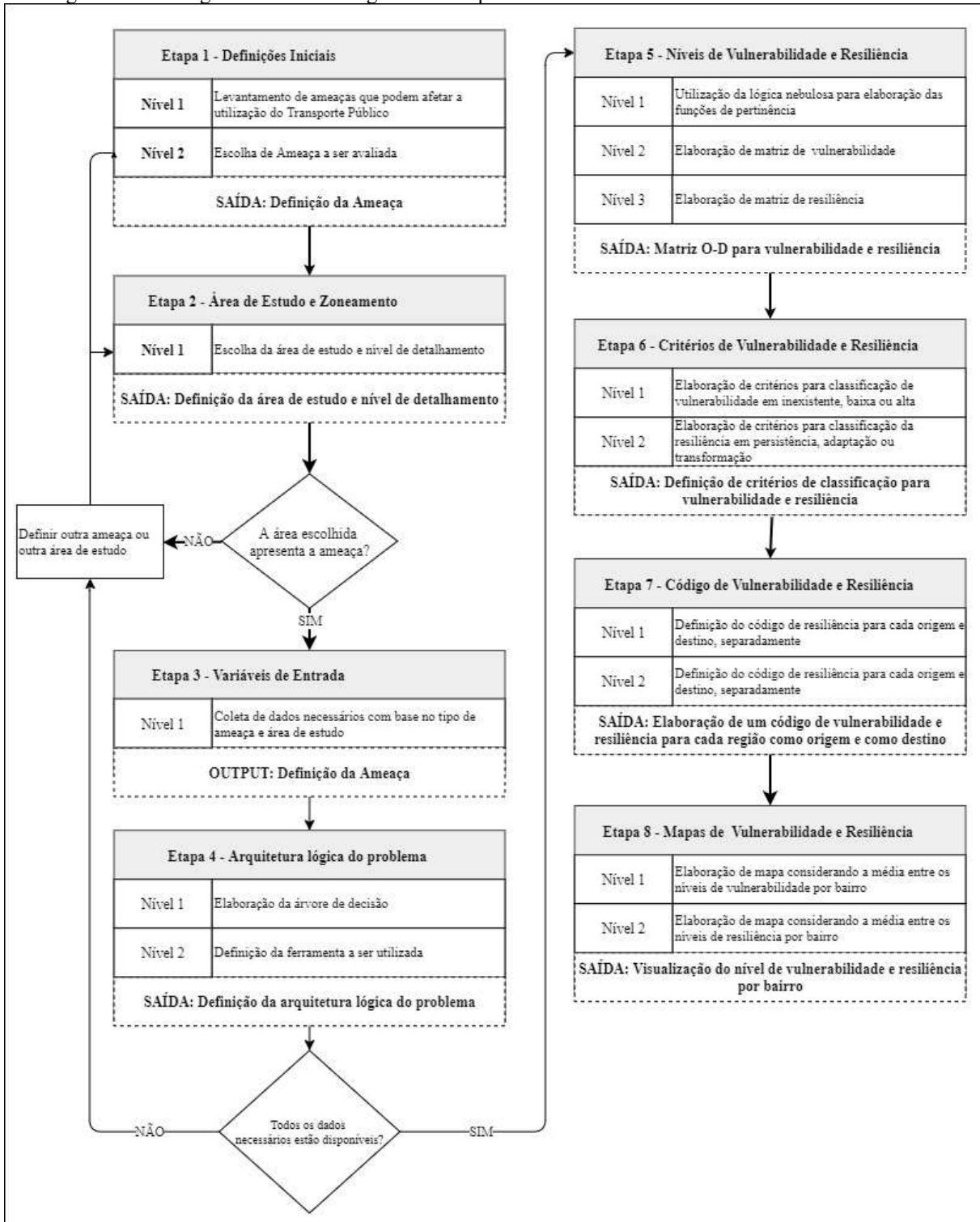
Ou seja, para o exemplo em questão a resiliência média é dada por:

$$Resiliência\ Média\ (bairro\ 2) = \frac{0,943 + 0,717 + 0,519 + 0,247 + 0,274 + 0,187 + 0,855 + 0,776 + 0,032 + 0,532 + 0,357}{11} = 0,543$$

Neste caso hipotético, a resiliência média do bairro 2 é 0,543.

Por fim, a Figura 10 representa as etapas que foram descritas. Para cada etapa há níveis que são sub etapas que devem ser seguidas e saídas para cada uma das etapas.

Figura 10 - Fluxograma da metodologia utilizada para mensurar o nível de vulnerabilidade e resiliência



Fonte: Elaboração própria (2020)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta seção objetiva expor os resultados que seguiram o procedimento proposto na metodologia e representado na Figura 10.

4.1 Etapa 1: Definição da ameaça

A primeira etapa consiste em definir a ameaça a ser considerada para medir o nível de resiliência e vulnerabilidade. Com base na lacuna identificada a partir da revisão bibliométrica e sistemática, escolheu-se uma ameaça de ordem econômica, mais especificamente a ausência de integração tarifária no transporte público.

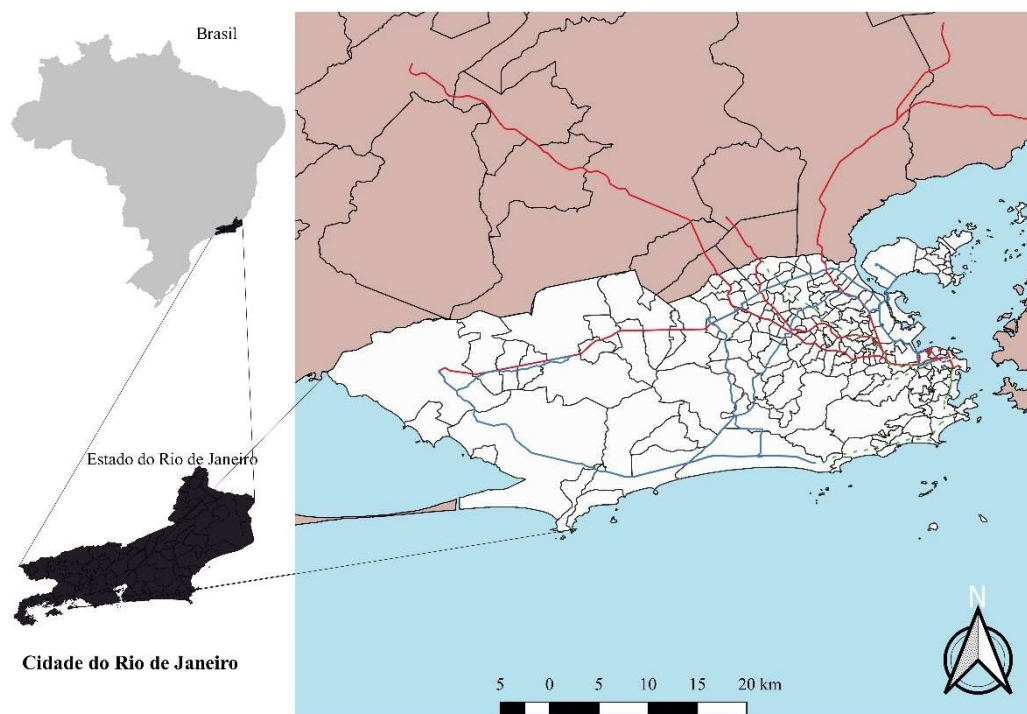
4.2 Etapa 2: Área de estudo e zoneamento

Para definição da área de estudo, a escolha foi feita com base na ocorrência da ameaça escolhida, neste caso a ausência de integração tarifária. A região de estudo definida foi a cidade do Rio de Janeiro, com base nos 160 bairros da cidade. A cidade é a capital homônima do estado, conta com mais de 6 milhões de habitantes, apresentando índices preocupantes de desigualdade social e no acesso a serviços de educação, saúde e lazer.

Esta lógica é um reflexo das oportunidades oferecidas pela cidade e de como elas estão distribuídas no espaço urbano: se o acesso aos serviços básicos, às áreas de lazer e aos locais de trabalho não estiverem a uma distância aceitável para ser percorrido a pé, isso significa que existe a necessidade de implementar tecnologias de encolhimento do espaço (*space-shrinking technologies*), conhecidos também como sistemas de transporte e telecomunicação, com o objetivo de permitir o acesso aos serviços apontados anteriormente e aos locais de trabalho (Fernandes, Henríquez e Soto, 2017).

Como existe uma distribuição desigual das tecnologias de encolhimento do espaço, em específico, o transporte – tecnologia que permite aos habitantes da cidade alcançarem e realizarem as atividades, isto implica dizer que o transporte não é o objetivo, mas o meio para um fim (Fernandes, Henríquez e Soto, 2017). A Figura 11 representa geograficamente os 160 bairros da cidade.

Figura 11 - Bairros da cidade do Rio de Janeiro



Fonte: Elaboração própria (2020)

4.3 Etapa 3: Variáveis de Entrada

Como a ameaça considerada foi a ausência de integração tarifária nos 160 bairros da cidade do Rio de Janeiro para acessar os empregos disponíveis na cidade, definiu-se que os dados necessários foram: população, emprego, tempo, tarifa, renda e indicador de desenvolvimento social.

Para a ameaça de ausência de integração tarifária, foram utilizadas as seguintes variáveis base: tempo de viagem, população, renda, indicador de desenvolvimento social (IDS), emprego e tarifa. O tempo de viagem de cada bairro para acessar os outros foi obtido pelo *Google Maps Matrix API*, com base no centroide de cada região, considerando o menor tempo de viagem utilizando transporte público no horário de 7:00 horas – que é considerado o horário de pico de acordo com o Plano Diretor de Transportes Urbanos do Rio de Janeiro de 2013.

Os dados sobre população, renda e indicador de desenvolvimento social são fornecidos pelo Censo de 2010 do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010) para cada região. Para a variável emprego, foi utilizada a quantidade de empregos formais.

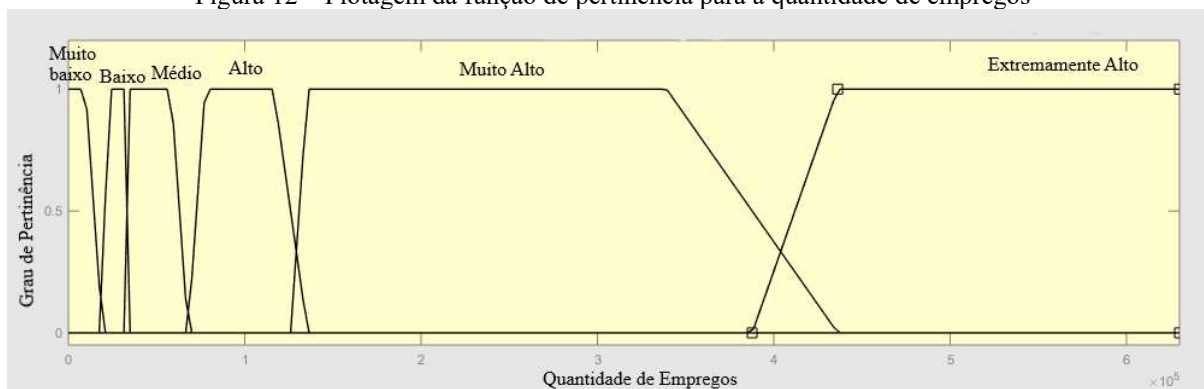
Os dados sobre a tarifa foram obtidos pelo *Google Maps*, considerando quanto é o valor da tarifa do modo de transporte que o usuário paga para acessar um destino. No entanto, o

Google Maps oferece a informação para a tarifa integral, ou seja, considera que não há integração. Dessa forma, foram utilizadas informações do Riocard, Metrô e Barcas, que atuam na cidade do Rio de Janeiro, para o ano de 2019, para fazer a comparação da tarifa integral com a tarifa com integração tarifária.

As variáveis de entrada são associadas a variáveis linguísticas. Essa fase é denominada “fuzzificação”, uma vez que utiliza os conjuntos nebulosos nas referidas conversões. Nesta tese, os conjuntos nebulosos genéricos apresentam seis níveis em termos linguísticos para as variáveis de entrada ligadas a emprego (muito baixo, baixo, médio, alto, muito alto e extremamente alto), e para as demais variáveis de entrada apresenta cinco níveis (muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto). As especificações de cada valor para as variáveis de entrada estão disponíveis no Apêndice A - Blocos de Inferência.

A variável de entrada ‘emprego’ apresenta um intervalo de 0 a 630.000 empregos. A Figura 12 plota a função de pertinência para a quantidade de empregos que foi utilizada como variável de entrada, sendo uma função do tipo trapezoidal.

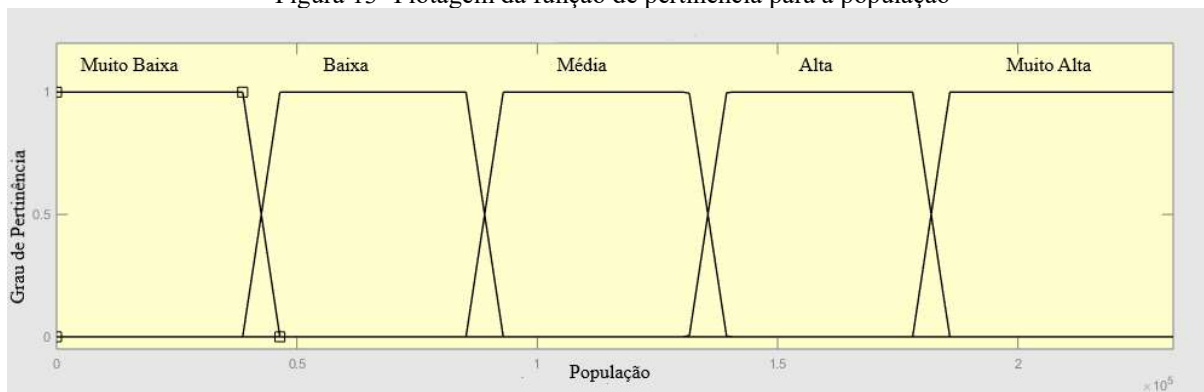
Figura 12 – Plotagem da função de pertinência para a quantidade de empregos



Fonte: Elaboração Própria (2020)

A variável de entrada ‘população’ apresenta um intervalo de 0 a 223.000 pessoas. A Figura 13 plota a função de pertinência para esta variável de entrada, sendo uma função do tipo trapezoidal.

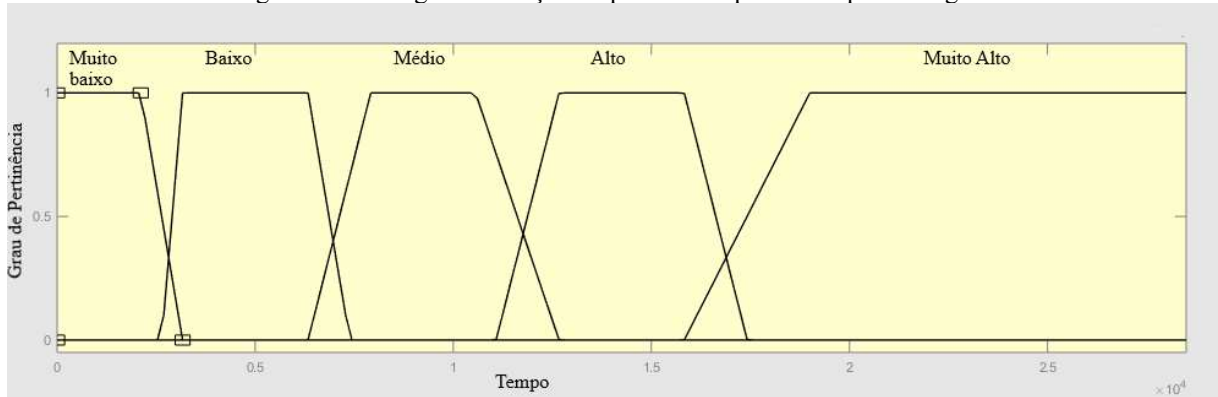
Figura 13- Plotagem da função de pertinência para a população



Fonte: Elaboração Própria (2020)

A variável de entrada ‘tempo de viagem’ apresenta um intervalo de 0 a 28.500 segundos. A Figura 14 plota a função de pertinência para esta variável de entrada, sendo uma função do tipo trapezoidal.

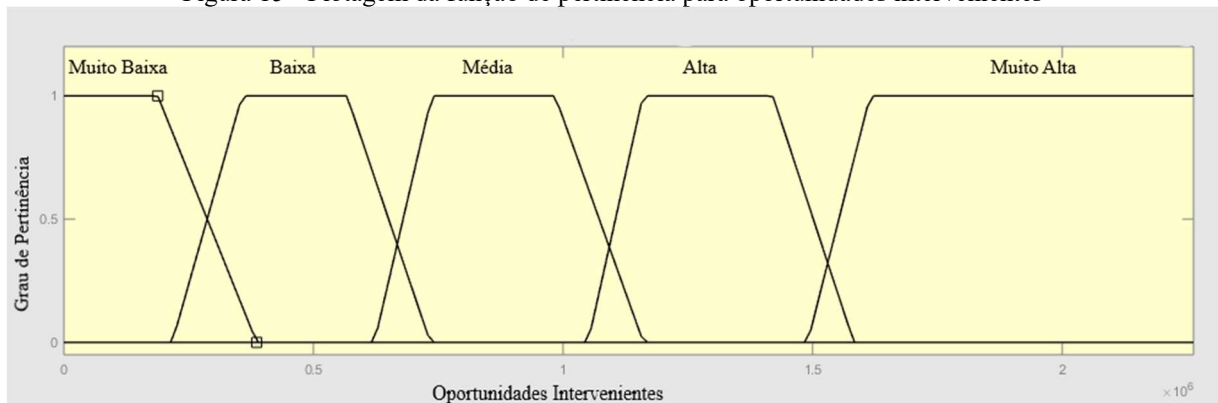
Figura 14 - Plotagem da função de pertinência para o tempo de viagem



Fonte: Elaboração Própria (2020)

A variável de entrada ‘oportunidades intervenientes’ apresenta um intervalo de 0 a 2.263.000 empregos. A Figura 15 plota a função de pertinência para esta variável de entrada, sendo uma função do tipo trapezoidal.

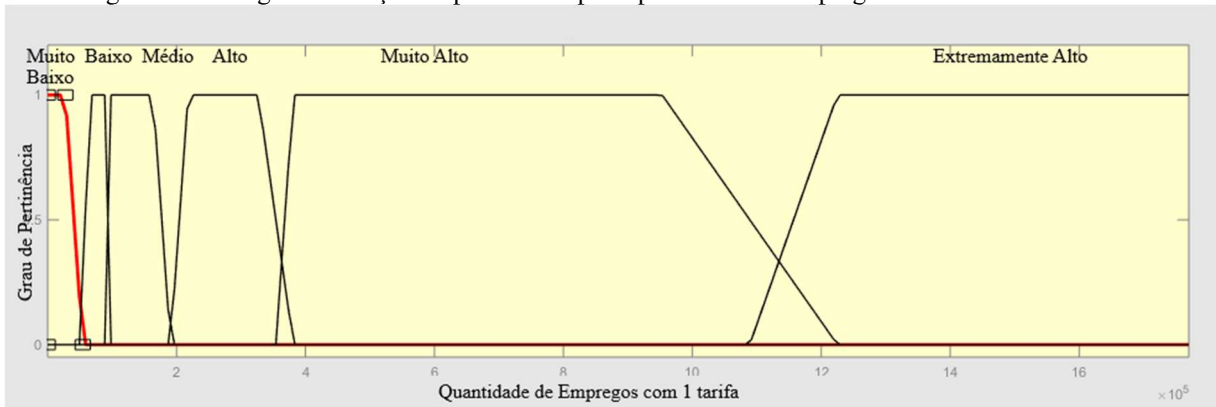
Figura 15 - Plotagem da função de pertinência para oportunidades intervenientes



Fonte: Elaboração Própria (2020)

A variável de entrada ‘empregos 1 tarifa’, que consiste na quantidade de empregos que uma região consegue acessar utilizando apenas 1 tarifa de transporte público, apresenta um intervalo de 184 a 1.770.000 empregos. A Figura 16 plota a função de pertinência para esta variável de entrada, sendo uma função do tipo trapezoidal.

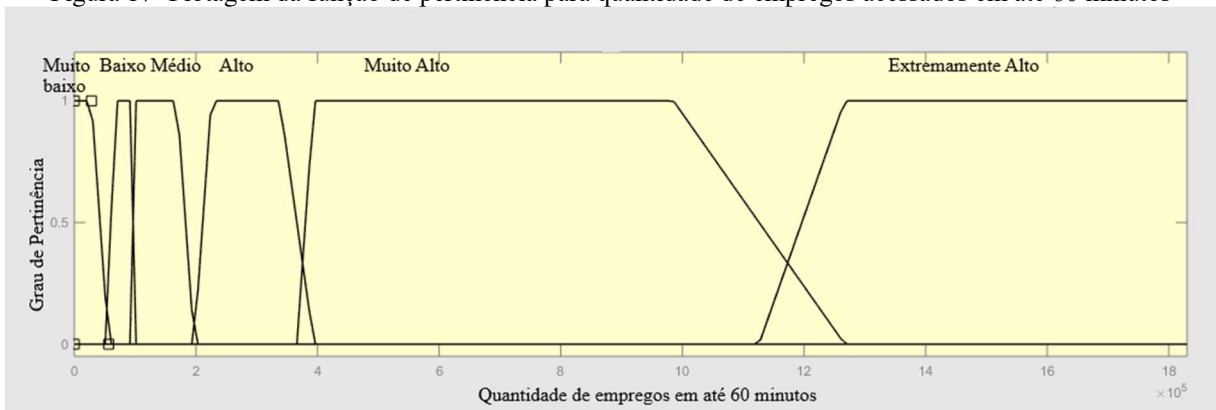
Figura 16- Plotagem da função de pertinência para quantidade de empregos acessados com 1 tarifa



Fonte: Elaboração Própria (2020)

A variável de entrada ‘empregos acessados em até 60 minutos’ apresenta um intervalo de 0 a 1.830.000 empregos. A Figura 17 plota a função de pertinência para esta variável de entrada, sendo uma função do tipo trapezoidal.

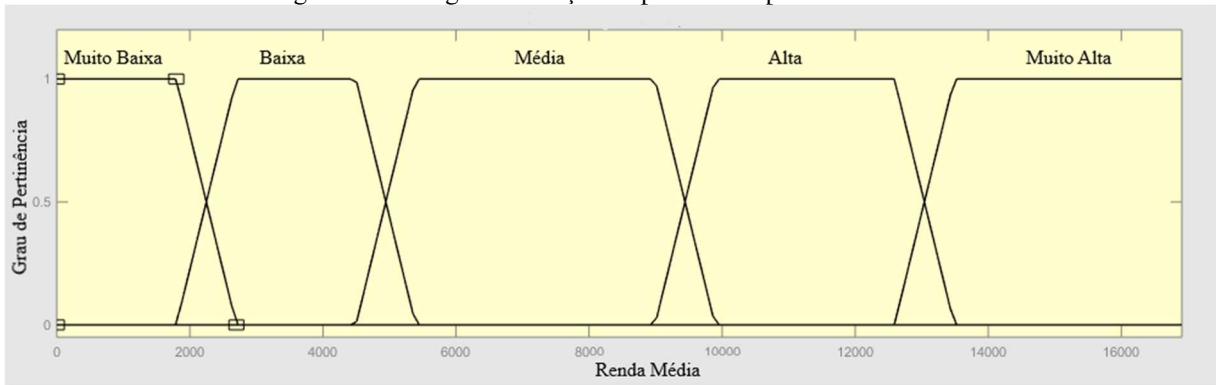
Figura 17- Plotagem da função de pertinência para quantidade de empregos acessados em até 60 minutos



Fonte: Elaboração Própria (2020)

A variável de entrada ‘renda’ apresenta um intervalo de até R\$ 16.910. A Figura 18 plota a função de pertinência para esta variável de entrada, sendo uma função do tipo trapezoidal.

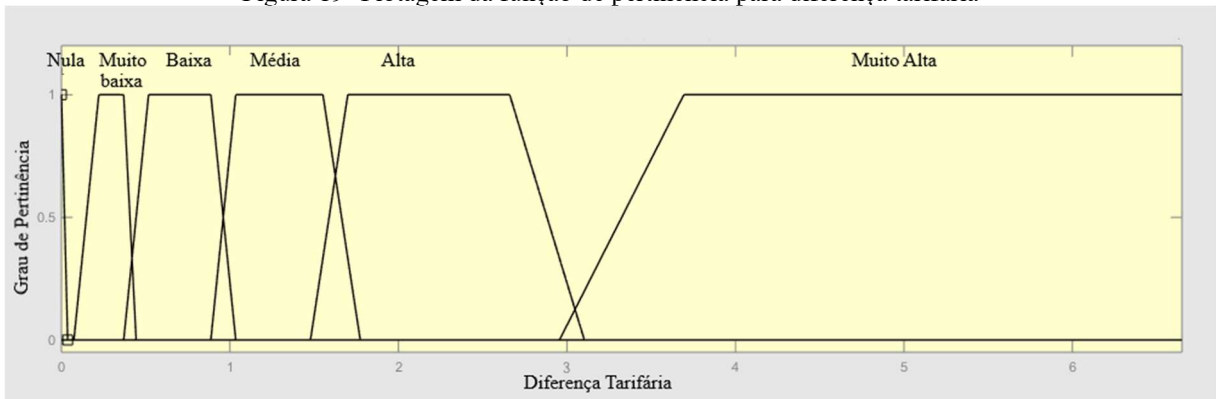
Figura 18- Plotagem da função de pertinência para renda média



Fonte: Elaboração Própria (2020)

A variável de entrada ‘diferença tarifária’ apresenta um intervalo de 0 a R\$ 6,65. A Figura 19 plota a função de pertinência para esta variável de entrada, sendo uma função do tipo trapezoidal.

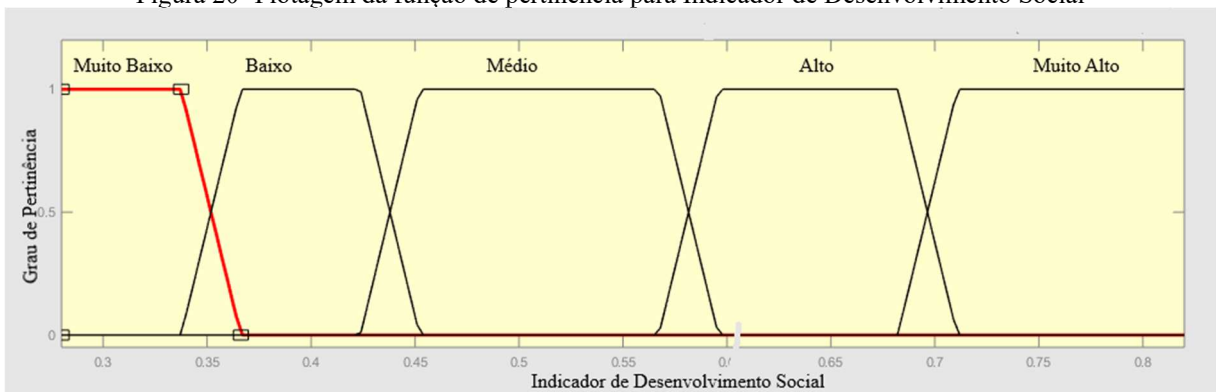
Figura 19- Plotagem da função de pertinência para diferença tarifária



Fonte: Elaboração Própria (2020)

A variável de entrada ‘indicador de desenvolvimento social’ apresenta um intervalo de 0.28 a 0.82. A Figura 20 plota a função de pertinência para esta variável de entrada, sendo uma função do tipo trapezoidal.

Figura 20- Plotagem da função de pertinência para Indicador de Desenvolvimento Social



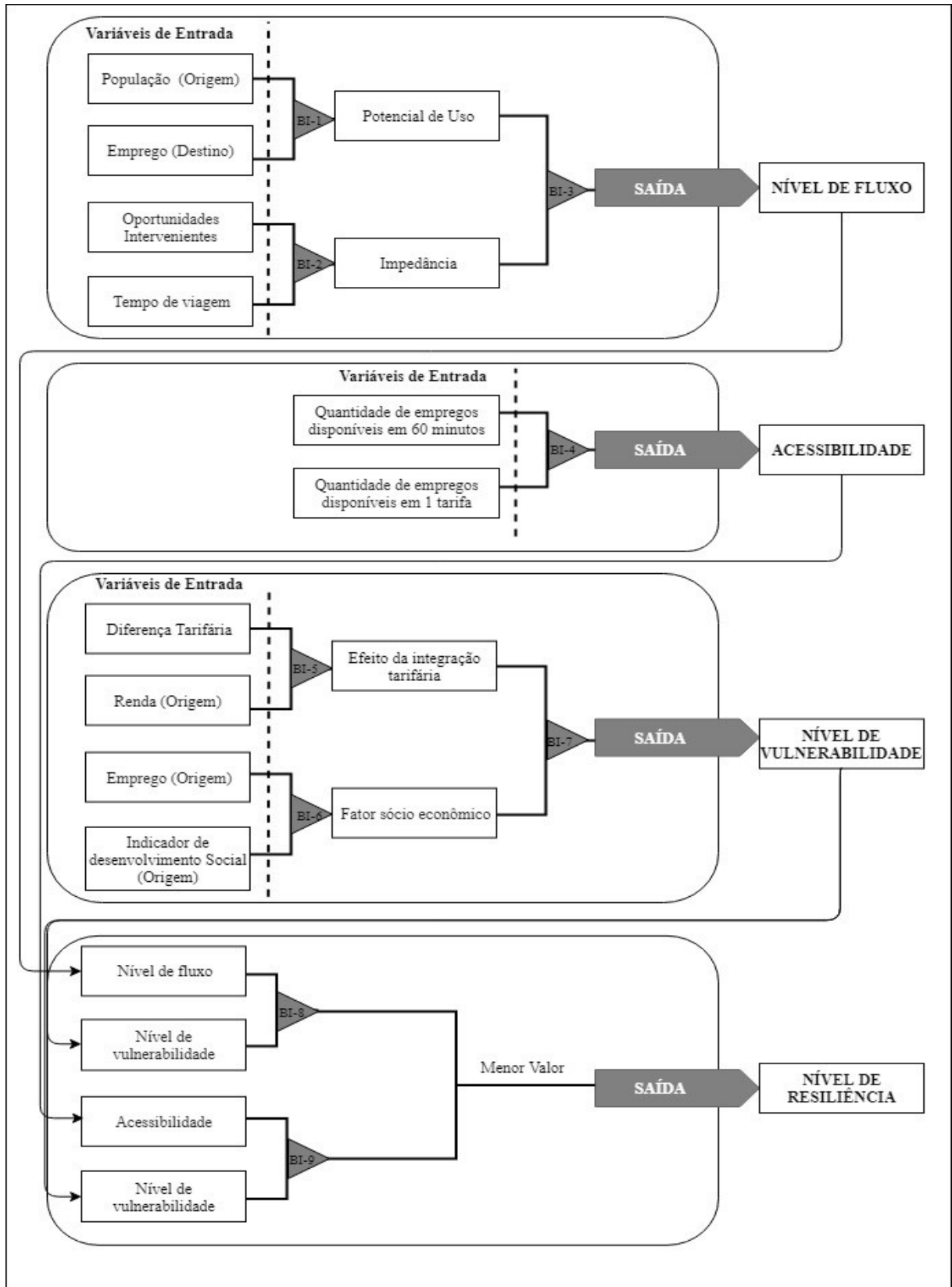
Fonte: Elaboração Própria (2020)

Os parâmetros das variáveis de entrada são apresentados no Apêndice B – Regras da lógica nebulosa.

4.4 Etapa 4: Elaboração da Arquitetura Lógica do Problema

Para elaboração da etapa 4, utilizaram-se os dados obtidos nas etapas anteriores e as seguintes variáveis referentes às regiões administrativas do Rio de Janeiro: população origem, emprego origem, emprego destino, quantidade de empregos em 60 minutos utilizando transporte público que uma região consegue alcançar, quantidade de empregos utilizando 1 tarifa, as oportunidades intervenientes que uma região proporciona até alcançar um destino, tempo, diferença tarifária, indicador de desenvolvimento social (IDS) e renda. Com isso, elaborou-se 9 blocos de inferência, representados na Figura 21.

Figura 21- Arquitetura do Problema baseado na Lógica Nebulosa



Fonte: Elaboração Própria (2018)

Cada bloco de inferência, representado na Figura 21, possui um conjunto de regras considerando valores linguísticos. Os nove blocos de inferência que foram criados, possuem um total de 266 regras com valores linguísticos representados por funções trapezoidais, triangulares e gaussianas, considerando ainda que cada regra possui um fator de ponderação, denominado de Fator de Certeza (FC), compreendido entre 0 e 1, que indica o grau de importância de cada regra na base de regras da lógica nebulosa.

A descrição dos valores linguísticos (LV), funções e intervalos é representada no Apêndice B para cada bloco de inferência e as regras nebulosas com fator de certeza de cada uma das regras. O memorial de cálculo é apresentado no Apêndice C.

No bloco de inferência 1, a saída ‘potencial de uso’ associa a população da origem com o emprego no destino. Por exemplo, se a população da origem é alta e o emprego no destino é alto, então o potencial de uso é alto. O bloco de inferência 2, entre outras regras, considera que se as oportunidades intervenientes são altas até chegar ao destino e o tempo for alto, então a impedância é alta. O nível de fluxo consiste na relação entre o potencial de uso e a impedância, por exemplo: se o potencial de uso é alto e a impedância é baixa, então o nível de fluxo é alto. No bloco de inferência 4, a saída é a acessibilidade. Neste caso, foi estabelecido que se a quantidade de empregos disponíveis em 60 minutos por transporte público for alta e a quantidade de empregos disponíveis com 1 tarifa forem altas, então a acessibilidade é alta. A saída do bloco de inferência 5 é o efeito da integração tarifária. Neste caso, a interação é com as variáveis de entrada: diferença tarifária e renda (origem). A diferença tarifária é a subtração entre: valor integral do uso do transporte público para um destino e valor pago com a integração tarifária fornecida, conforme apresentado pela equação 16:

$$\begin{aligned}
 & \textit{Diferença Tarifária} \\
 & = \textit{Valor integral da tarifa do TP} \\
 & - \textit{Valor da tarifa do TP com integração tarifária}
 \end{aligned}
 \tag{16}$$

No bloco de inferência 5, uma das regras é que quanto maior for a diferença tarifária para um destino e maior a renda do bairro de origem, então o efeito da integração é alto. No bloco de inferência 6, é tratado sobre fator socioeconômico, em que há interação entre as variáveis de emprego na origem e o indicador de desenvolvimento social (IDS). Quanto maior a quantidade de empregos na origem e maior o IDS, então maior será o fator socioeconômico.

O bloco de inferência 7 tem como saída o nível de vulnerabilidade, com interação entre efeito da integração tarifária e fator socioeconômico. Quanto maior o efeito da integração tarifária e menor o fator socioeconômico, então maior o nível de vulnerabilidade.

O nível de resiliência foi considerado o menor valor entre os blocos de inferência 8 e 9. No bloco de inferência 8 é a interação entre o nível de fluxo (saída do bloco de inferência 3) e o nível de vulnerabilidade (saída do bloco de inferência 7). O bloco de inferência 9 é a interação entre a acessibilidade (saída do bloco de inferência 4) e o nível de vulnerabilidade (saída do bloco de inferência 7). A descrição das variáveis de saída que foram utilizadas na arquitetura lógica do problema utilizado a lógica nebulosa é apresentada no Quadro 12.

Quadro 12 - Descrição das variáveis de saída de cada bloco de Inferência

Variáveis	Descrição	Bloco de Inferência
Potencial de Uso	Mede a ligação O-D que foi usada com base nas variáveis de população e emprego	Bloco de Inferência 1
Impedância	Mede a oposição ao movimento	Bloco de Inferência 2
Nível de fluxo	Mede o nível de fluxo da ligação O-D com base na impedância e potencial de uso	Bloco de inferência 3
Acessibilidade	Mede a facilidade de alcançar um destino	Bloco de Inferência 4
Efeito da integração tarifária	Calcula a importância da integração tarifária	Bloco de inferência 5
Fator econômico social	Mede o fator econômico social de uma ligação	Bloco de Inferência 6
Nível de vulnerabilidade	Mede o nível de vulnerabilidade com base na integração tarifária e fator econômico social	Bloco de inferência 7
Nível de resiliência	Mede o nível de resiliência baseado no menor valor entre o nível de fluxo e a vulnerabilidade (bloco de inferência 8) e a acessibilidade e nível de vulnerabilidade (bloco de inferência 9)	Menor valor entre bloco de inferência 8 e 9

Fonte: Elaboração Própria (2020)

Para exemplificar a aplicação da lógica nebulosa associado ao fator de certeza, foi elaborado o

Quadro 13, em que são apresentadas as regras criadas com o fator de certeza quando o Emprego Destino é “muito baixo”, que refere-se ao bloco de inferência 1.

Quadro 13- Base de regras nebulosas para o Bloco de Inferência 1 para Emprego “muito baixo”

SE		ENTÃO	
<i>Emprego Destino</i>	<i>População Origem</i>	<i>Potencial de Uso</i>	<i>Fator de Certeza</i>
Muito Baixo	Muito Baixa	Muito Baixo	1
Muito Baixo	Baixa	Muito Baixo	0.95
Muito Baixo	Média	Baixo	0.85
Muito Baixo	Alta	Médio	0.7
Muito Baixo	Muito Alta	Médio	0.8

Fonte: Elaboração Própria (2020)

O Quadro 13 mostra o fator de certeza considerado quando a condição “Emprego Destino” foi “muito baixo”. Mesmo que a população de origem se alterne de “muito baixa” para “baixa”, a saída do potencial de uso continua como “muito baixo”, mas o fator de certeza diminui de 1 para 0.95, respectivamente. O fator de certeza permite que mesmo que a variável

linguística de saída seja a mesma (neste caso, ‘muito baixo’), a saída numérica seja diferente, já que o fator de certeza é alterado.

4.5 Etapa 5: Matrizes de Vulnerabilidade e Resiliência

Esta etapa consiste em elaborar matrizes de vulnerabilidade e resiliência para cada par origem e destino com base na etapa anterior. Por se tratar de matrizes 160 x 160, elas estão apresentadas no repositório <https://github.com/talitaflor/resiliencia>.

4.6 Etapa 6: Definição de critérios de Vulnerabilidade e Resiliência

Conforme o método proposto, a etapa 6 consiste em indicar os critérios de vulnerabilidade e resiliência. Os critérios de vulnerabilidade propostos pelo método são: inexistente, baixo e alto, enquanto para o nível de resiliência são: persistência, adaptação e transformação. Sendo $f(v)$ a função de pertinência do nível de vulnerabilidade, e classificando em três níveis (inexistente, baixa e alta), temos:

$$f(v) = \begin{cases} \textit{inexistente}, & x = 0 \\ \textit{baixa}, & x < 0.5 \\ \textit{alta}, & x \geq 0.5 \end{cases}$$

O critério de “vulnerabilidade baixa” ocorre quando os valores das funções de pertinência obtidas na matriz de vulnerabilidade são menores que 0.5 e “vulnerabilidade alta” quando esses valores são maiores que 0.5. A partir disso, contabilizamos quantas regiões possuem vulnerabilidade inexistente, baixa ou alta.

Os critérios adotados para classificação do nível de resiliência foram divididos em: persistência, adaptação e transformação. A “persistência” ocorre quando o nível de resiliência é maior que 0.625, a “adaptação” quando o nível está entre 0.3 e 0.625 e a “transformação” quando o nível de resiliência é menor que 0.3. Esses valores foram obtidos a partir da intersecção das curvas gaussianas das funções de pertinência.

Sendo $f(r)$ a função de pertinência do nível de resiliência e classificando em três níveis (persistência, adaptação e transformação), temos:

$$f(r) = \begin{cases} \textit{persistência}, & x \geq 0.625 \\ \textit{adaptação}, & 0.3 \leq x \leq 0.625 \\ \textit{transformação}, & x \leq 0.3 \end{cases}$$

4.7 Etapa 7: Elaboração do código de vulnerabilidade e resiliência

Com base nos critérios adotados para classificação do nível de vulnerabilidade (não existe, baixo e alto) e para o nível de resiliência (persistência, adaptação e transformação), elaborou-se o código de vulnerabilidade e resiliência para os 160 bairros da cidade do Rio de Janeiro.

Na matriz de vulnerabilidade (disponível no repositório), cada par origem e destino possui uma função pertinência, com valores que variam de 0 a 1. Em cada ligação é estabelecido uma classificação (não existe, baixa e alta) e a partir disso, o código de vulnerabilidade é construído da seguinte forma: percentual de ligações que apresentaram classificação em não existe, baixa e alta. Esse percentual é feito para cada bairro, sendo para origem e destino. Todo código de vulnerabilidade está disposto no Apêndice D.

Em se tratando do código de vulnerabilidade, que separa as ligações em não existe, baixa e alta por origem e destino, os dez bairros com maiores percentuais de ligações que não apresentam ligações vulneráveis na origem em ordem decrescente, foram os bairros: Praça da Bandeira, Estácio, Cidade Nova, Méier, Centro, Maracanã, Engenho Novo, Engenheiro Leal, São Francisco Xavier e Todos os Santos.

No destino, os dez bairros com maiores percentuais de ligações que não apresentam ligações vulneráveis em ordem decrescente são: Cidade Nova, Centro, Santa Teresa, Praça da Bandeira, Engenho Novo, Estácio, Benfica, Méier, Ramos e Todos os Santos.

Ainda sobre o código de vulnerabilidade, os bairros que apresentaram os resultados com maiores percentuais de ligações de vulnerabilidade alta na origem, em ordem decrescente, são os bairros: Paquetá, Barra de Guaratiba, Grumari, Camorim, Vargem Grande, Vargem Pequena, Guaratiba, Alto da Boa Vista, Jacarepaguá e Gericinó. No destino, os bairros com os maiores percentuais de vulnerabilidade alta, em ordem decrescente são: Guaratiba, Joá, Barra de Guaratiba, Vargem Grande, Rocinha, Alto da Boa Vista, Grumari, Vargem Pequena, Gericinó e Sepetiba.

Para o nível de resiliência, a persistência relaciona-se com o potencial de um indivíduo ou grupo, manter seus padrões de mobilidade, sem comprometer a qualidade de vida, mesmo após as restrições. A adaptação corresponde à necessidade de mudança de rotina para que a viagem continue acontecendo, como mudança no trajeto, mudança na linha de ônibus ou aumento no tempo de viagem. Por fim, a transformação remete a uma alteração social e

econômica devido à ausência de integração tarifária que impacta na rotina para realização de viagens.

Na matriz de resiliência (disponível no repositório), cada par origem e destino possui uma função pertinência, com valores que variam de 0 a 1. Em cada ligação é estabelecido uma classificação (persistência, adaptação e transformação) e a partir disso, o código de resiliência é construído da seguinte forma: percentual de ligações que apresentaram classificação em persistência, adaptação e transformação. Esse percentual é feito para cada bairro, sendo para origem e destino. O código de resiliência dos 160 bairros da cidade do Rio de Janeiro está disposto no Apêndice E.

Em se tratando do código de resiliência, que separa as ligações em persistência, adaptação e transformação por origem e destino, os dez bairros com maiores percentuais de ligações persistentes na origem, em ordem decrescente, foram os bairros: Praça da Bandeira, Estácio, Cidade Nova, Méier, Centro, Maracanã, Engenho Novo, Engenheiro Leal, São Francisco Xavier e Todos os Santos. No destino, os bairros com maiores ligações persistentes, em ordem decrescente, foram os bairros: Cidade Nova, Centro, Santa Teresa, Praça da Bandeira, Engenho Novo, Estácio, Benfica, Méier, Ramos e Todos os Santos.

Ainda sobre o código de resiliência, os bairros que apresentaram os resultados com maiores percentuais de ligações de transformação na origem, em ordem decrescente, são os bairros: Paquetá, Grumari, Barra de Guaratiba, Camorim, Vargem Grande, Vargem Pequena, Guaratiba, Alto da Boa Vista, Jacarepaguá e Gericinó. No destino, os bairros com os maiores percentuais de transformação são: Recreio dos Bandeirantes, Barra da Tijuca, Jacarepaguá, Taquara, Rio Comprido, Freguesia de Jacarepaguá, Galeão, Praça Seca, Cidade Universitária e Botafogo.

4.8 Etapa 8: Elaboração de Mapas de vulnerabilidade e resiliência

Para esta etapa, a cidade do Rio de Janeiro foi dividida em 11 macrozonas. Nas seções seguintes são apresentados os resultados do nível médio de vulnerabilidade e resiliência por macrozona, que são formadas por bairros. Para cada macrozona, são mostrados dois mapas: um de vulnerabilidade e outro de resiliência. Os resultados de vulnerabilidade são apresentados da seguinte forma: vulnerabilidade média, vulnerabilidade inexistente, baixa ou alta, conforme disposto no Quadro 14.

Quadro 14- Apresentação dos resultados de vulnerabilidade

Classificação Vulnerabilidade	Descrição
Vulnerabilidade Média	Média aritmética dos resultados de vulnerabilidade considerando origem e destino
Inexistente	% de ligações com base na origem e no destino de cada bairro que não são vulneráveis, ou seja, quantidade de ligações que não precisam de integração tarifária para acontecer
Baixa	% de ligações com base na origem e no destino de cada bairro que apresentam vulnerabilidade baixa, ou seja, quantidade de ligações que apresentam índices de vulnerabilidade menores que 0,5
Alta	% de ligações com base na origem e no destino de cada bairro que apresentam vulnerabilidade alta, ou seja, quantidade de ligações que apresentam índices de vulnerabilidade maiores que 0,5

Fonte: Elaboração Própria (2020)

De forma análoga, os resultados da resiliência são apresentados em resiliência média, persistência, adaptação e transformação, conforme disposto no Quadro 15.

Quadro 15- Apresentação dos resultados de resiliência

Classificação Resiliência	Descrição
Resiliência Média	Média aritmética dos resultados de resiliência considerando origem e destino
Persistência	% de ligações com base na origem e no destino de cada bairro que apresentam ligações persistentes, ou seja, % de ligações com índices de resiliência maiores de 0.625
Adaptação	% de ligações com base na origem e no destino de cada bairro que apresentam ligações adaptáveis, ou seja, % de ligações com índices de resiliência menores de 0.625 e maiores que 0.3
Transformação	% de ligações com base na origem e no destino de cada bairro que apresentam ligações de transformação, ou seja, % de ligações com índices de resiliência menores que 0.3

Fonte: Elaboração Própria (2020)

As subseções seguintes apresentam os resultados obtidos para nível médio de vulnerabilidade e resiliência por 11 macrozonas denominadas conforme

Quadro 16 - Macrozonas da cidade do Rio de Janeiro

Macrozona	Bairros	Nome
Macrozona 1	Caju, Gamboa e Santo Cristo	Zona Portuária
Macrozona 2	Cidade Nova, Estácio, Centro, Santa Teresa, Saúde, Catumbi e Rio Comprido	Centro
Macrozona 3	Rocinha, Vidigal, Cosme Velho, São Conrado, Urca, Leme, Botafogo, Humaitá, Jardim Botânico, Catete, Lagoa, Leblon, Gávea, Glória, Copacabana, Ipanema, Flamengo e Laranjeiras	Zona Sul
Macrozona 4	Alto da Boa Vista, Andaraí, Tijuca, Vila Isabel, Vasco da Gama, Grajaú, São Cristóvão, Mangueira, Benfica, Maracanã e Praça da Bandeira	Tijuca
Macrozona 5	Jardim América, Parque Colúmbia, Vista Alegre, Brás de Pina, Cordovil, Costa Barros, Penha Circular, Complexo do Alemão, Acari, Maré, Barros Filho, Coelho Neto, Pavuna, Vila Cosmos, Vila da Penha, Colégio, Vicente de Carvalho, Vigário Geral, Parada de Lucas, Inhaúma, Tomás Coelho, Higienópolis, Engenho da Rainha, Jacarezinho, Del Castilho, Olaria, Manguinhos, Irajá, Maria da Graça, Bonsucesso, Penha e Ramos	Zona Norte
Macrozona 6	Vaz Lobo, Água Santa, Turiaçu, Encantado, Honório Gurgel, Bento Ribeiro, Campinho, Engenho de Dentro, Piedade, Cavalcanti, Cachambi, Oswaldo Cruz, Lins de Vasconcelos, Madureira, Rocha Miranda, Marechal Hermes, Pilares, Riachuelo, Rocha, Quintino de Bocaiuva, Abolição, Jacaré, São Francisco Xavier, Sampaio, Cascadura, Todos os Santos, Engenheiro Leal, Engenho Novo e Méier	Zona Central
Macrozona 7	Jacarepaguá, Anil, Curicica, Gardência Azul, Freguesia, Pechincha, Taquara, Tanque, Cidade de Deus, Praça Seca e Vila Valqueire	Jacarepaguá
Macrozona 8	Barra de Guaratiba, Guaratiba, Gericinó, Sepetiba, Pedra de Guaratiba, Santíssimo, Santa Cruz, Campo Grande, Inhoaíba, Padre Miguel, Senador Vasconcelos, Senador Camará, Cosmos, Bangu e Paciência	Extremo Oeste
Macrozona 9	Paquetá, Zumbi, Tauá, Ribeira, Bancários, Jardim Carioca, Praia da Bandeira, Pitangueiras, Moneró, Freguesia, Cacuia, Cocotá, Galeão, Portuguesa, Jardim Guanabara, Cidade Universitária	Ilha do Governador
Macrozona 10	Jardim Sulacap, Campo dos Afonsos, Guadalupe, Parque Anchieta, Anchieta, Vila Militar, Ricardo de Albuquerque, Deodoro, Realengo e Magalhães Bastos	Zona Oeste
Macrozona 11	Vargem Grande, Vargem Pequena, Camorim, Itanhangá, Grumari, Joá, Recreio dos Bandeirantes e Barra da Tijuca	Barra da Tijuca

Fonte: Elaboração Própria (2020)

4.8.1 Macrozona 1: Zona Portuária

A macrozona 1 corresponde aos bairros Caju, Gamboa e Santo Cristo, localizados na zona portuária do Rio de Janeiro. A Tabela 1 representa os dados sobre vulnerabilidade: vulnerabilidade média e o % de ligações por bairro com vulnerabilidade inexistente, baixa e alta.

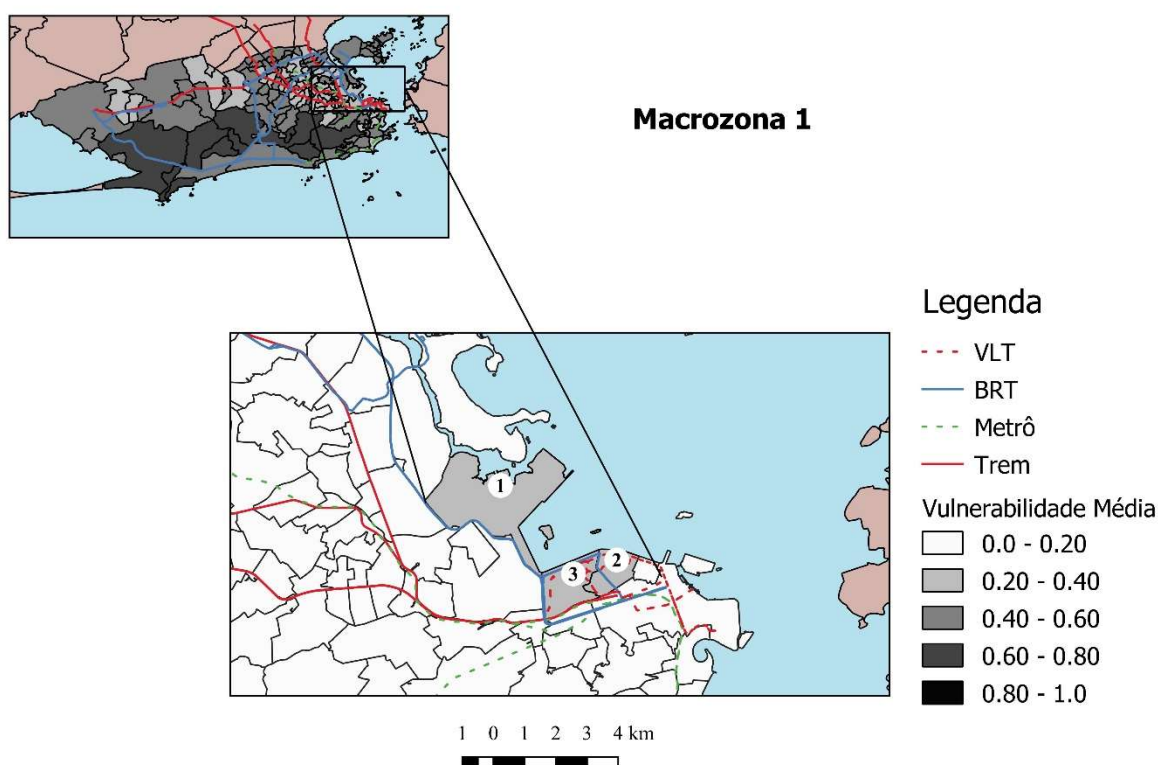
Tabela 1- Vulnerabilidade por bairro (Macrozona 1 – Zona Portuária)

Código	Bairro	Vulnerabilidade Média	% de ligações por bairro com vulnerabilidade:		
			Inexistente	Baixa	Alta
1	Caju	0,40	45,9%	0,0%	54,1%
2	Gamboa	0,34	53,4%	0,6%	45,9%
3	Santo Cristo	0,31	57,2%	0,0%	42,8%

Fonte: Elaboração Própria (2020)

Em ordem decrescente, os níveis de vulnerabilidade média são apresentados pelos seguintes bairros: Caju, Gamboa e Santo Cristo. O bairro do Caju apresenta o maior nível de vulnerabilidade média e o maior percentual com ligações de vulnerabilidade alta. A Figura 22 apresenta um mapa com o nível médio de vulnerabilidade para a macrozona 1.

Figura 22 - Mapa com o nível de vulnerabilidade média da Macrozona 1



Fonte: Elaboração Própria (2020)

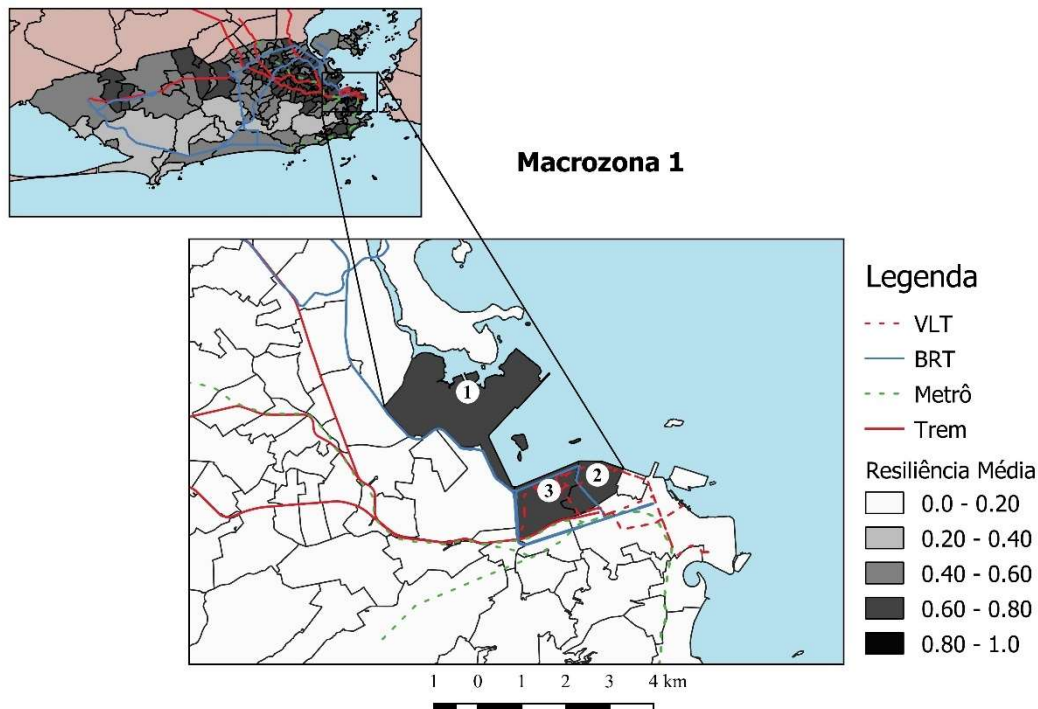
A resiliência média do bairro Caju é 0,61, do bairro Gamboa é 0,66 e do bairro Santo Cristo é 0,69. Ao analisar o código de resiliência, o bairro Caju possui 46% das ligações classificadas como persistentes, enquanto Gamboa possui 54% e enquanto o bairro Santo Cristo possui 57% das ligações persistentes. As informações sobre resiliência média e o código de resiliência são apresentadas na Tabela 2. O bairro Santo Cristo possui os melhores índices tanto na resiliência média, quanto na maior quantidade de ligações classificadas como persistentes.

Tabela 2 - Resiliência por bairro (Macrozona 1 - Zona Portuária)

Código	Bairro	Resiliência Média	% de ligações por bairro com nível de resiliência:		
			Persistência	Adaptação	Transformação
1	Caju	0,61	0,46	0,27	0,28
2	Gamboa	0,66	0,54	0,15	0,31
3	Santo Cristo	0,69	0,57	0,09	0,33

Com base na resiliência média da Macrozona 1, foi elaborado um mapa ilustrado na Figura 23.

Figura 23 – Mapa com o nível de Resiliência média da Macrozona 1



Fonte: Elaboração Própria (2020)

4.8.2 Macrozona 2: Centro

A macrozona 2 corresponde a 7 bairros no centro da cidade do Rio de Janeiro. A Tabela 3 representa os dados sobre vulnerabilidade: vulnerabilidade média e o percentual de ligações por bairro com vulnerabilidade inexistente, baixa e alta.

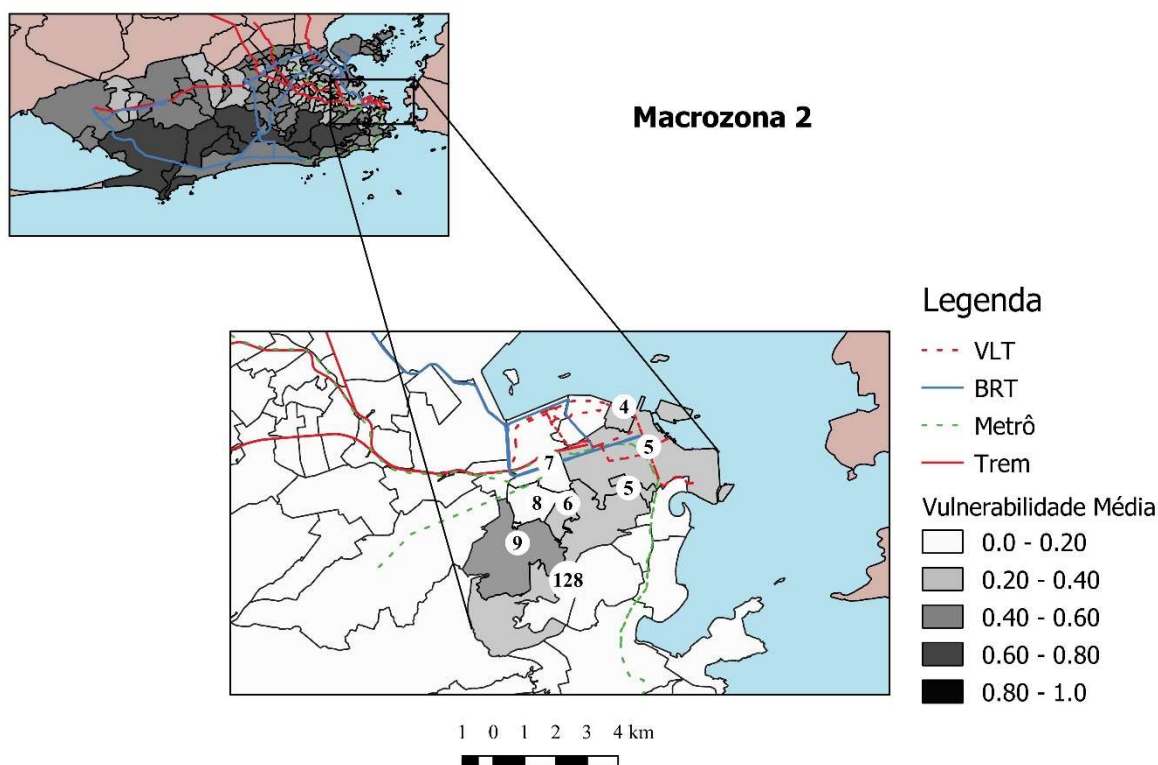
Tabela 3- Vulnerabilidade por bairro (Macrozona 2 - Centro)

Código	Bairro	Vulnerabilidade Média	% de ligações por bairro com vulnerabilidade:		
			Inexistente	Baixa	Alta
4	Saúde	0,28	62,2%	0,0%	37,8%
5	Centro	0,23	71,3%	0,0%	28,8%
6	Catumbi	0,39	46,9%	0,0%	53,1%
7	Cidade Nova	0,16	77,5%	0,0%	22,5%
8	Estácio	0,19	73,8%	0,6%	25,6%
9	Rio Comprido	0,53	29,4%	0,0%	70,6%
128	Santa Teresa	0,25	65,9%	0,3%	33,8%

Fonte: Elaboração Própria (2020)

O bairro Rio Comprido apresenta a maior vulnerabilidade média, seguido por Catumbi, Saúde, Santa Teresa, Centro e Cidade Nova. O bairro com maior percentual de ligações sem vulnerabilidade à ameaça escolhida é Cidade Nova. A Figura 24 apresenta o mapa com o nível de vulnerabilidade média da macrozona 2.

Figura 24- Mapa com o nível de vulnerabilidade média da Macrozona 2



Fonte: Elaboração Própria (2020)

As respectivas resiliências, em ordem decrescente, são: Cidade Nova (0,84), Estácio (0,82), Centro (0,79), Santa Teresa (0,76), Saúde (0,72), Catumbi (0,62) e Rio Comprido (0,49). Os bairros Cidade Nova, Estácio e Centro possuem o 2º, 3º e 4º maiores níveis de resiliência de toda análise. O bairro de Cidade Nova possui 78% das ligações classificadas como persistentes, ou seja, índices de resiliências para cada par origem-destino maiores que 0,625, seguido por Estácio com 74% das ligações e Centro com 71%.

É importante ressaltar que essa macrozona possui uma diferença significativa dos níveis médios de resiliência entre os bairros. O maior nível de resiliência média é do bairro Cidade Nova com 0,84, enquanto o Rio Comprido possui 0,49. A quantidade de ligações persistentes também apresenta diferenças que merecem ser ressaltadas: Cidade Nova apresenta o maior percentual com 79%, enquanto Rio Comprido com o menor índice de 29% das ligações.

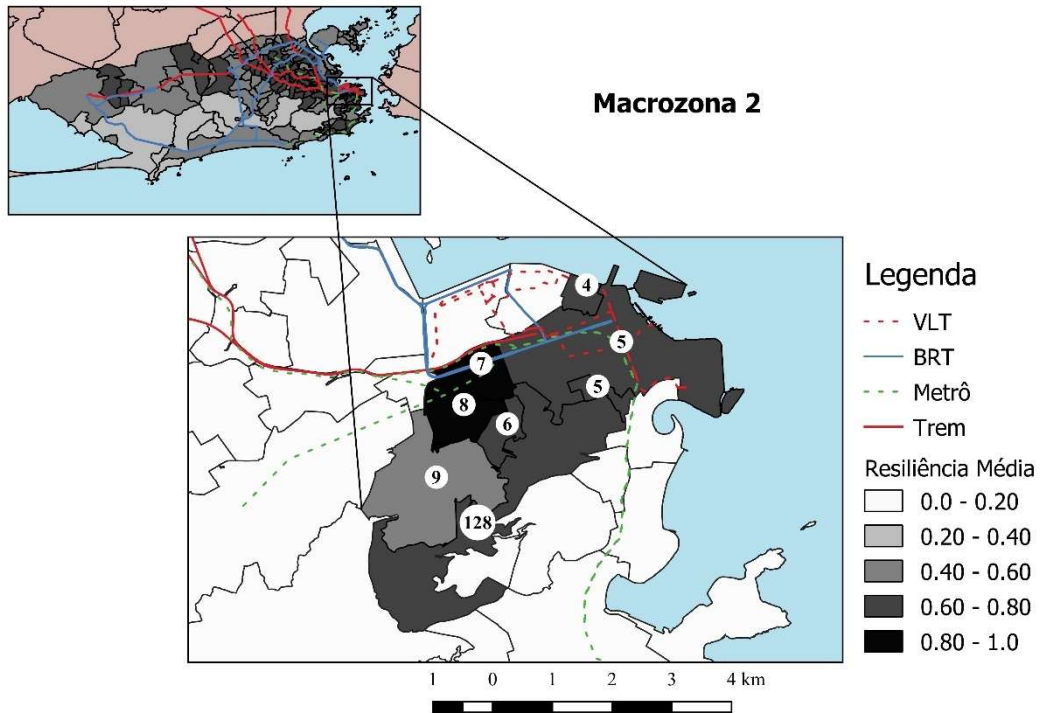
Tabela 4-Resiliência por bairro (Macrozona 2 - Centro)

Código	Bairro	Resiliência Média	% de ligações por bairro com nível de resiliência:		
			Persistência	Adaptação	Transformação
4	Saúde	0,72	0,62	0,08	0,30
5	Centro	0,79	0,71	0,12	0,17
6	Catumbi	0,62	0,47	0,26	0,28
7	Cidade Nova	0,84	0,78	0,09	0,13
8	Estácio	0,81	0,74	0,11	0,15
9	Rio Comprido	0,48	0,29	0,21	0,49
128	Santa Teresa	0,76	0,66	0,21	0,13

Fonte: Elaboração Própria (2020)

O nível de resiliência médio pode ser observado no mapa ilustrado na Figura 25, que possui 3 cores distintas por nível de resiliência médio, ratificando a heterogeneidade desta macrozona.

Figura 25- Mapa com o nível de Resiliência média da Macrozona 2



Fonte: Elaboração Própria (2020)

4.8.3 Macrozona 3: Zona Sul

A macrozona 3 refere-se a Zona Sul da cidade do Rio de Janeiro e contempla 18 bairros. As respectivas vulnerabilidades em ordem decrescente são: Rocinha (0,64), Vidigal (0,58), Cosme Velho (0,49), São Conrado (0,49), Urca (0,49), Leme (0,48), Botafogo (0,44), Humaitá (0,44), Jardim Botânico (0,44), Catete (0,43), Lagoa (0,41), Leblon (0,41), Gávea (0,40), Glória (0,40), Copacabana (0,38), Ipanema (0,38), Flamengo (0,36) e Laranjeiras (0,35). A Tabela 5 apresenta os dados da vulnerabilidade média e o percentual de ligações por bairro com vulnerabilidade inexistente, baixa ou alta.

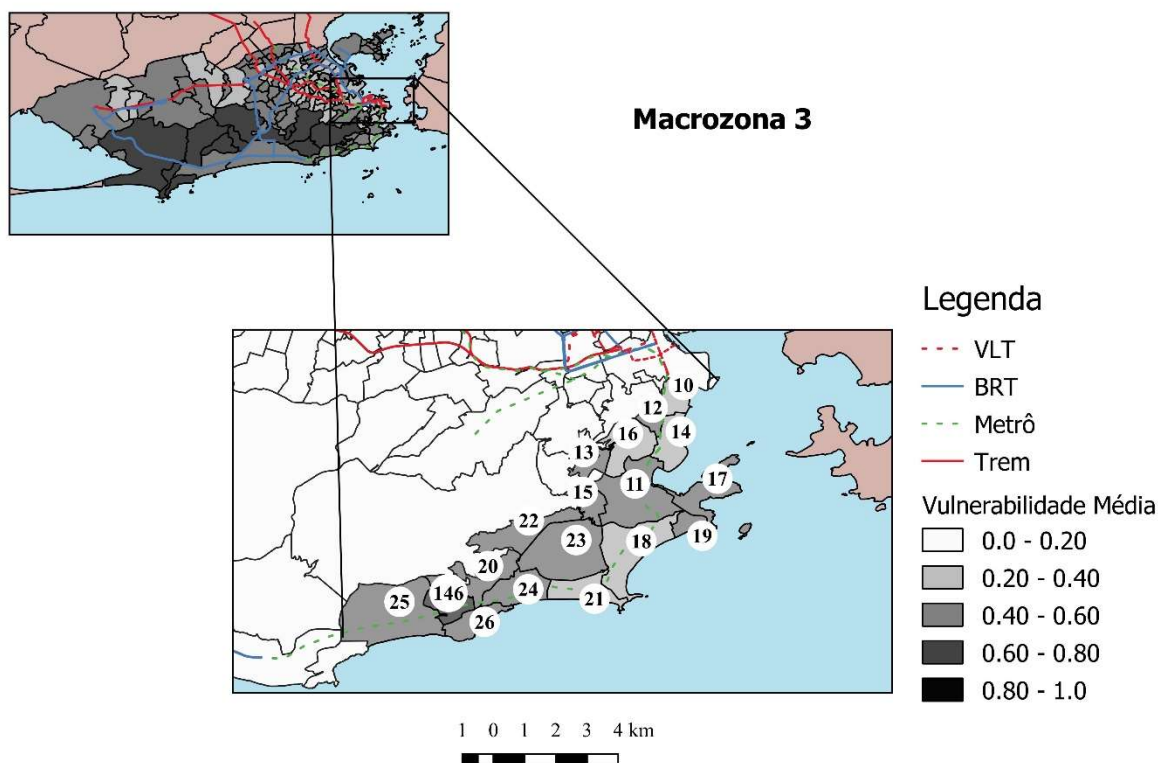
Tabela 5 -Vulnerabilidade por bairro (Macrozona 3 – Zona Sul)

Código	Bairro	Vulnerabilidade Média	% de ligações por bairro com vulnerabilidade:		
			Inexistente	Baixa	Alta
16	Laranjeiras	0,36	42,8%	2,2%	55,0%
18	Copacabana	0,39	45,0%	2,2%	52,8%
14	Flamengo	0,36	40,9%	3,8%	55,3%
10	Glória	0,40	43,4%	1,3%	55,3%
21	Ipanema	0,38	41,6%	3,4%	55,0%
20	Gávea	0,40	36,6%	3,1%	60,3%
11	Botafogo	0,44	39,1%	0,0%	60,9%
12	Catete	0,43	38,8%	3,1%	58,1%
24	Leblon	0,41	37,2%	4,1%	58,8%
23	Lagoa	0,41	31,3%	2,5%	66,3%
15	Humaitá	0,44	31,3%	1,6%	67,2%
22	Jardim Botânico	0,44	27,8%	2,2%	70,0%
25	São Conrado	0,49	19,1%	9,4%	71,6%
19	Leme	0,48	27,2%	0,0%	72,8%
17	Urca	0,49	26,3%	0,0%	73,8%
13	Cosme Velho	0,49	24,4%	0,0%	75,6%
26	Vidigal	0,58	20,6%	0,0%	79,4%
146	Rocinha	0,64	12,2%	0,0%	87,8%

Fonte: Elaboração Própria (2020)

O bairro com maior percentual de ligações com vulnerabilidade alta é o bairro da Rocinha (87,8%), enquanto o menor percentual é Laranjeiras (55%). A Figura 26 apresenta o mapa da macrozona 3 com o nível de vulnerabilidade média de cada bairro.

Figura 26- Mapa com o nível de vulnerabilidade média da Macrozona 3



Fonte: Elaboração Própria (2020)

Em ordem decrescente do nível de resiliência média tem-se os seguintes bairros: Laranjeiras (0,66), Flamengo (0,65), Ipanema (0,64), Gávea (0,61), Copacabana (0,61), Glória (0,61), Lagoa (0,61), Leblon (0,61), Jardim Botânico (0,59), Catete (0,58), Humaitá (0,58), Botafogo (0,57), Leme (0,55), Urca (0,54), São Conrado (0,54), Cosme Velho (0,53), Vidigal (0,44) e Rocinha (0,38).

Quanto às ligações persistentes, os bairros Laranjeiras, Copacabana e Flamengo possuem 45% das ligações classificadas como persistentes, seguidos por Glória, Ipanema, Gávea, Botafogo e Catete, com 43%, 42%, 39% e 39%, respectivamente. Estes bairros possuem os maiores níveis de persistência da macrozona 3. Os menores níveis são Cosme Velho (24%), Vidigal (21%) e Rocinha (12%), que coincidiram com os menores níveis de resiliência média. Os valores de resiliência média e percentual de ligações persistentes, adaptáveis e transformáveis estão colocadas na Tabela 6.

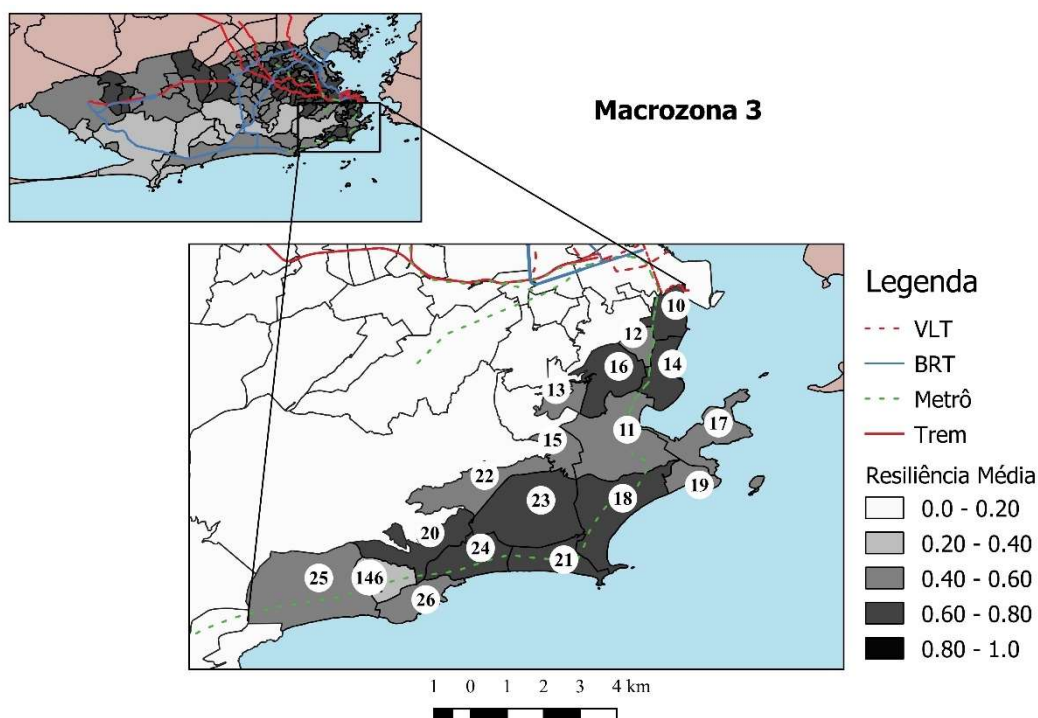
Tabela 6- Resiliência por bairro (Macrozona 3 - Zona Sul)

Código	Bairro	Resiliência Média	% de ligações por bairro com nível de resiliência:		
			Persistência	Adaptação	Transformação
10	Glória	0,61	0,43	0,24	0,32
11	Botafogo	0,57	0,39	0,26	0,35
12	Catete	0,58	0,39	0,30	0,31
13	Cosme Velho	0,53	0,24	0,61	0,15
14	Flamengo	0,66	0,45	0,34	0,21
15	Humaitá	0,58	0,33	0,53	0,14
16	Laranjeiras	0,67	0,45	0,34	0,21
17	Urca	0,55	0,26	0,58	0,16
18	Copacabana	0,61	0,45	0,12	0,43
19	Leme	0,55	0,27	0,58	0,15
20	Gávea	0,62	0,39	0,44	0,17
21	Ipanema	0,64	0,42	0,36	0,22
22	Jardim Botânico	0,58	0,30	0,57	0,13
23	Lagoa	0,61	0,34	0,53	0,14
24	Leblon	0,61	0,37	0,35	0,28
25	São Conrado	0,54	0,28	0,58	0,14
26	Vidigal	0,44	0,21	0,50	0,29
146	Rocinha	0,38	0,12	0,52	0,36

Fonte: Elaboração Própria (2020)

A Figura 27 apresenta o mapa com o nível de resiliência média da Macrozona 3, que corresponde à zona sul da cidade do Rio de Janeiro.

Figura 27- Mapa com o nível de Resiliência média da Macrozona 3



Fonte: Elaboração Própria (2020)

4.8.4 Macrozona 4: Tijuca

A macrozona 4 corresponde a 11 bairros na região da Tijuca. As respectivas vulnerabilidades médias em ordem decrescente são: Alto da Boa Vista (0,66), Andaraí (0,50), Tijuca (0,46), Vila Isabel (0,42), Vasco da Gama (0,39), Grajaú (0,38), São Cristóvão (0,33), Mangueira (0,30), Benfica (0,29), Maracanã (0,24) e Praça da Bandeira (0,16). A Tabela 7 apresenta os dados da vulnerabilidade média e o percentual de ligações por bairro com vulnerabilidade inexistente, baixa ou alta.

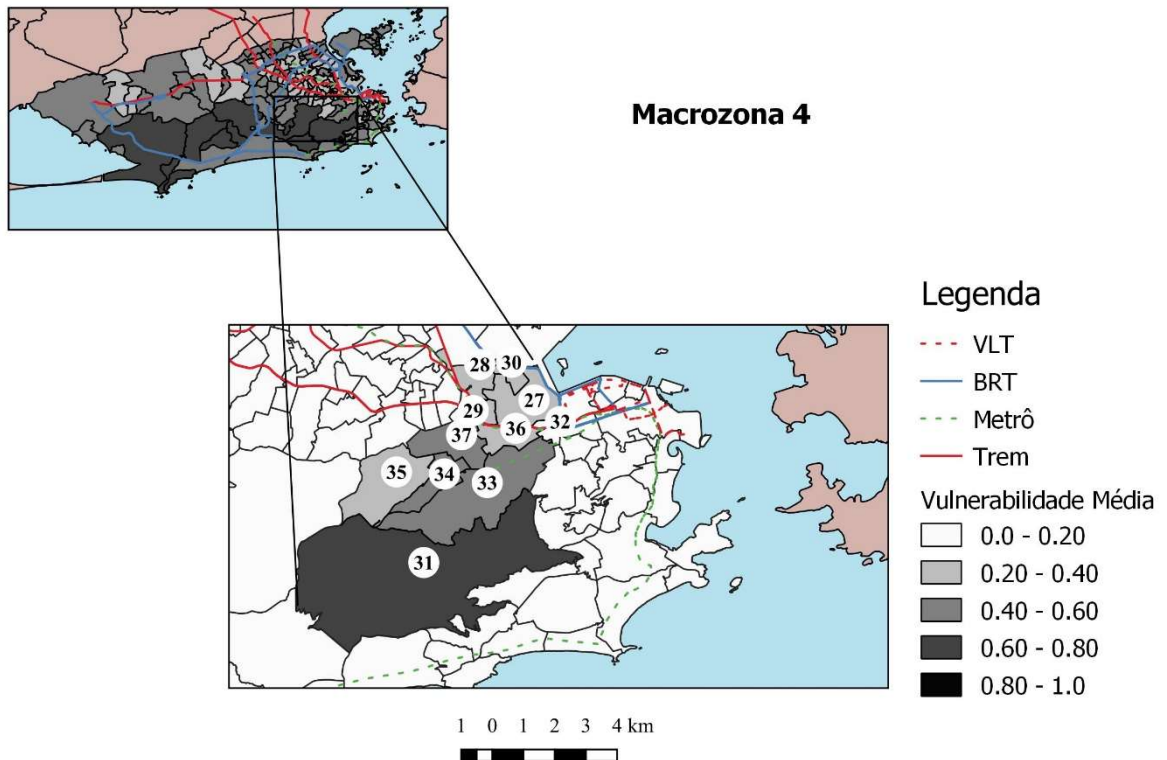
Tabela 7- Vulnerabilidade por bairro (Macrozona 4 - Tijuca)

Código	Bairro	Vulnerabilidade Média	% de ligações por bairro com vulnerabilidade:		
			Inexistente	Baixa	Alta
27	São Cristóvão	0,33	58,4%	0,0%	41,6%
28	Benfica	0,29	60,3%	0,0%	39,7%
29	Mangueira	0,30	58,4%	0,3%	41,3%
30	Vasco da Gama	0,39	46,6%	0,0%	53,4%
31	Alto da Boa Vista	0,66	9,1%	0,0%	90,9%
32	Praça da Bandeira	0,16	77,2%	1,6%	21,3%
33	Tijuca	0,46	34,4%	0,0%	65,6%
34	Andaraí	0,50	31,3%	0,0%	68,8%
35	Grajaú	0,38	40,9%	0,0%	59,1%
36	Maracanã	0,24	65,6%	1,6%	32,8%
37	Vila Isabel	0,42	43,4%	0,0%	56,6%

Fonte: Elaboração Própria (2020)

O bairro com maior percentual de ligações com vulnerabilidade alta é o bairro do Alto da Boa Vista com 90,9% das ligações com vulnerabilidade alta, enquanto o menor percentual de ligações é a Praça da Bandeira, com 21,3%. A Figura 28 ilustra o mapa da Macrozona 4 com o nível de resiliência média de cada bairro.

Figura 28- Mapa com o nível de Vulnerabilidade média da Macrozona 4



Fonte: Elaboração Própria (2020)

Os índices de resiliência média em ordem decrescente são: Praça da Bandeira (0,85), Maracanã (0,77), Benfica (0,72), Mangueira (0,71), São Cristóvão (0,70), Grajaú (0,65), Vasco da Gama (0,61), Vila Isabel (0,61), Tijuca (0,55), Andaraí (0,53) e Alto da Boa Vista (0,35).

Sob outra análise, o percentual de ligações persistentes em ordem decrescente são: Praça da Bandeira (78%), Maracanã (66%), Benfica (60%), Mangueira (59%), São Cristóvão (58%), Vasco da Gama (47%), Grajaú (43%), Tijuca (34%), Andaraí (31%) e Alto da boa Vista (9%). De toda análise, o bairro com o maior nível de resiliência média, bem como o maior número de ligações persistentes é o bairro Praça da Bandeira. Na Tabela 8 estão os valores de resiliência média, bem como a quantidade de ligações por nível de resiliência (persistência, adaptação e transformação) de cada um dos bairros da Macrozona 4.

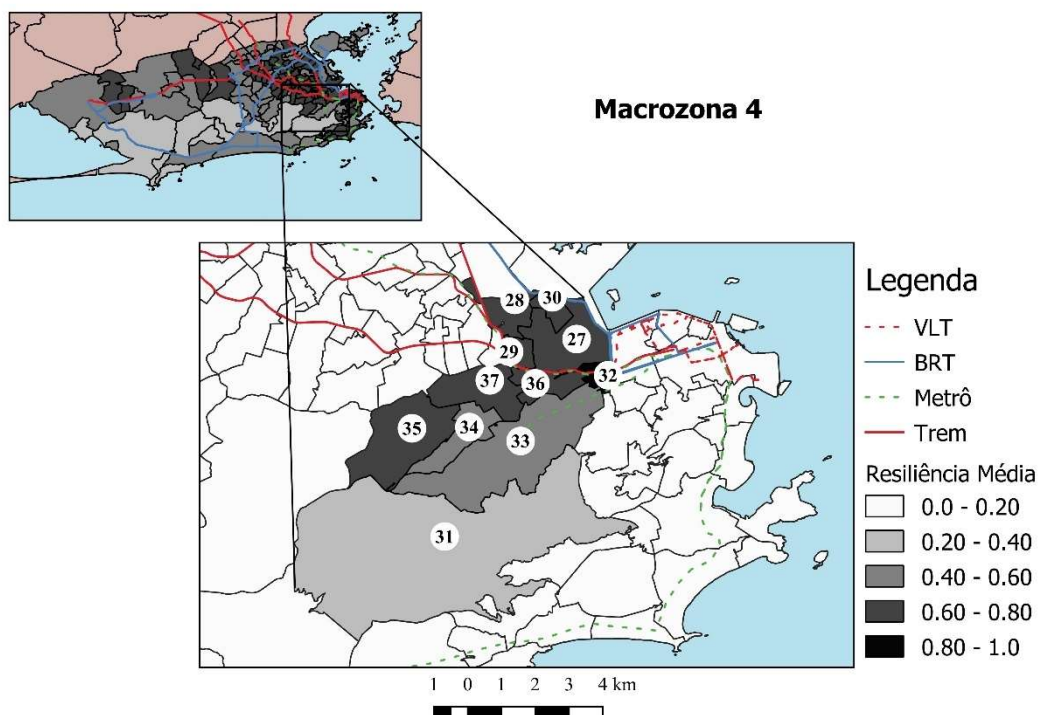
Tabela 8- Resiliência por bairro (Macrozona 4 - Tijuca)

Código	Bairro	Resiliência Média	% de ligações por bairro com nível de resiliência:		
			Persistência	Adaptação	Transformação
27	São Cristóvão	0,70	0,58	0,13	0,29
28	Benfica	0,72	0,60	0,14	0,26
29	Mangueira	0,71	0,59	0,19	0,23
30	Vasco da Gama	0,61	0,47	0,14	0,39
31	Alto da Boa Vista	0,35	0,09	0,30	0,61
32	Praça da Bandeira	0,85	0,78	0,09	0,13
33	Tijuca	0,55	0,34	0,29	0,36
34	Andaraí	0,53	0,31	0,32	0,37
35	Grajaú	0,65	0,41	0,42	0,18
36	Maracanã	0,77	0,66	0,16	0,18
37	Vila Isabel	0,61	0,43	0,23	0,34

Fonte: Elaboração Própria (2020)

A Figura 29 apresenta o mapa com o nível de resiliência média da Macrozona 4, que corresponde à zona sul da cidade do Rio de Janeiro. Importante destacar que o bairro Praça da Bandeira (número 32), é o único bairro da macrozona com resiliência média maior que 0,80.

Figura 29 - Mapa com o nível de Resiliência média da Macrozona 4



Fonte: Elaboração Própria (2020)

4.8.5 Macrozona 5: Zona Norte

A macrozona 5 denominada zona norte da cidade do Rio de Janeiro possui 32 bairros. A vulnerabilidade média em ordem decrescente é: Jardim América (0,59), Parque Colúmbia (0,55), Vista Alegre (0,53), Brás de Pina (0,49), Cordovil (0,48) Costa Barros (0,47), Penha Circular (0,47), Complexo do Alemão (0,47), Acari (0,43), Maré (0,42), Barros Filho (0,42), Coelho Neto (0,41), Pavuna (0,41), Vila Cosmos (0,39), Vila da Penha (0,39), Colégio (0,38), Vicente de Carvalho (0,37), Vigário Geral (0,37), Parada de Lucas (0,36), Inhaúma (0,36), Tomás Coelho (0,36), Higienópolis (0,35), Engenho da Rainha (0,35), Jacarezinho (0,34), Del Castilho (0,34), Olaria (0,33), Manguinhos (0,31), Irajá (0,31), Maria da Graça (0,30), Bonsucesso (0,29), Penha (0,28) e Ramos (0,28). A Tabela 9 apresenta os dados de vulnerabilidade média por bairro, bem como o percentual de ligações por bairro com vulnerabilidade inexistente, baixa ou alta.

Tabela 9 - Vulnerabilidade por bairro (Macrozona 5 – Zona Norte)

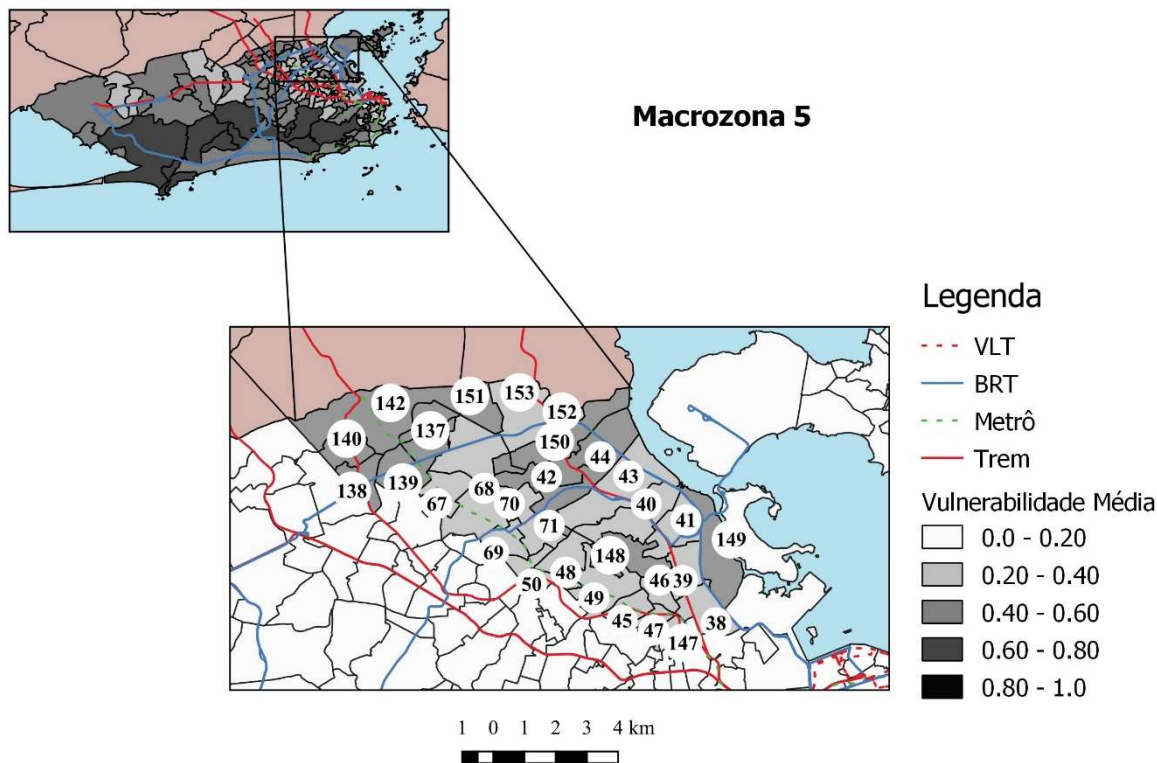
Código	Bairro	Vulnerabilidade Média	% de ligações por bairro com vulnerabilidade:		
			Inexistente	Baixa	Alta
38	Manguinhos	0,31	55,6%	0,6%	43,8%
39	Bonsucesso	0,29	60,0%	0,6%	39,4%
40	Olaria	0,33	53,8%	0,3%	45,9%
41	Ramos	0,28	61,9%	0,0%	38,1%
42	Brás de Pina	0,49	30,9%	0,0%	69,1%
43	Penha	0,28	60,0%	0,6%	39,4%
44	Penha Circular	0,47	34,4%	0,3%	65,3%
45	Del Castilho	0,34	52,8%	0,3%	46,9%
46	Higienópolis	0,35	50,9%	0,3%	48,8%
47	Maria da Graça	0,30	58,4%	0,0%	41,6%
48	Engenho da Rainha	0,35	52,2%	0,3%	47,5%
49	Inhaúma	0,36	49,1%	0,6%	50,3%
50	Tomás Coelho	0,36	50,3%	0,3%	49,4%
67	Colégio	0,38	45,9%	0,6%	53,4%
68	Irajá	0,31	57,2%	0,6%	42,2%
69	Vicente de Carvalho	0,37	49,4%	0,3%	50,3%
70	Vila da Penha	0,39	46,6%	0,3%	53,1%
71	Vila Cosmos	0,39	46,6%	0,3%	53,1%
72	Vista Alegre	0,53	27,8%	0,0%	72,2%
137	Acari	0,43	39,1%	0,6%	60,3%
138	Barros Filho	0,42	39,4%	0,6%	60,0%
139	Coelho Neto	0,41	42,8%	0,3%	56,9%
140	Costa Barros	0,47	32,5%	1,9%	65,6%
141	Parque Colúmbia	0,55	23,4%	0,3%	76,3%
142	Pavuna	0,41	42,5%	0,6%	56,9%
147	Jacarezinho	0,34	51,6%	0,3%	48,1%
148	Complexo do Alemão	0,47	35,0%	0,0%	65,0%
149	Maré	0,42	40,6%	0,3%	59,1%
150	Cordovil	0,48	33,8%	0,9%	65,3%
151	Jardim América	0,59	19,4%	0,3%	80,3%
152	Parada de Lucas	0,36	48,1%	2,2%	49,7%
153	Vigário Geral	0,37	48,1%	0,3%	51,6%

Fonte: Elaboração Própria (2020)

A vulnerabilidade média varia de 0,29 a 0,58. O bairro com o maior percentual de ligações com vulnerabilidade alta é Jardim América (80,3%) e o bairro com menor percentual

de ligações com vulnerabilidade alta é Ramos (38,1%). A Figura 30 apresenta o mapa com a vulnerabilidade média de cada bairro da macrozona 5.

Figura 30- Mapa com o nível de Vulnerabilidade média da Macrozona 5



Fonte: Elaboração Própria (2020)

No que tange à resiliência dos bairros da macrozona 5, a resiliência média varia de 0,43 a 0,73. O número de ligações persistentes apresenta uma variação de 20 a 62%. Os bairros com as maiores resiliências médias são: Ramos (0,73), Penha (0,72), Bonsucesso (0,72), Maria da Graça (0,70) e Irajá (0,70). Por outro lado, os bairros com as menores resiliências médias são: Cordovil (0,53), Brás de Pina (0,52), Vista Alegre (0,49), Parque Colúmbia (0,45) e Jardim América (0,43).

Pelo nível de resiliência, os bairros com os maiores percentuais de ligações persistentes são: Ramos (62%), Penha (60%), Bonsucesso (60%), Maria da Graça (58%) e Irajá (58%), e os bairros com os menores são: Costa Barros (34%), Brás de Pina (31%), Vista Alegre (28%), Parque Colúmbia (23%) e Jardim América (20%). A Tabela 10 apresenta as informações quanto a resiliência média e o nível de resiliência por bairro da Macrozona 5.

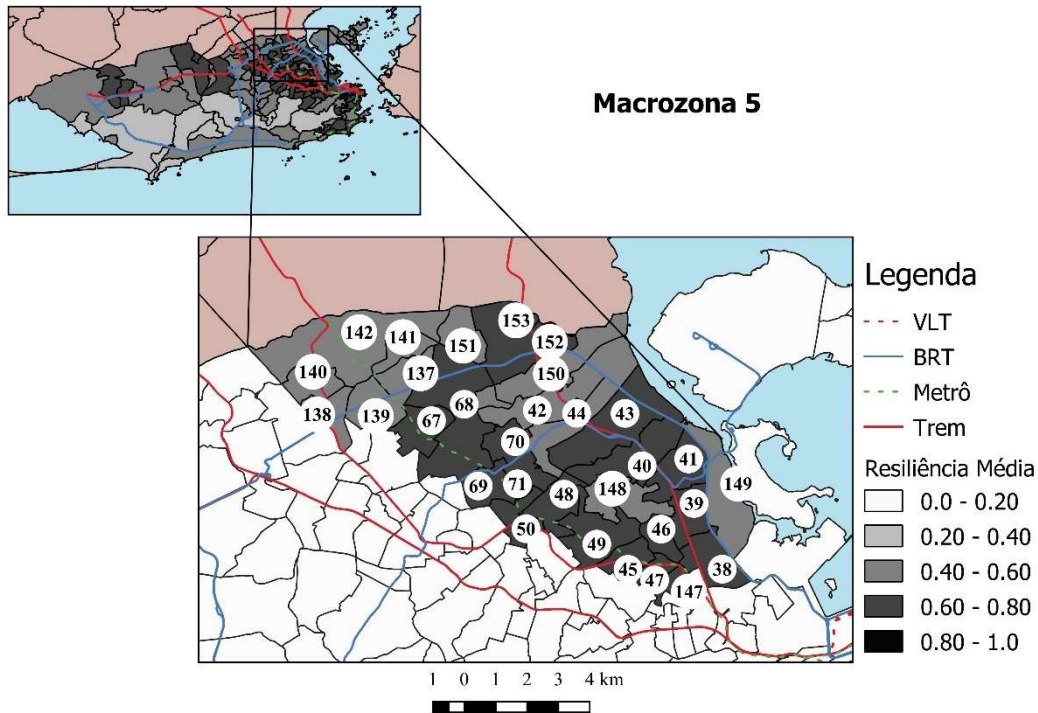
Tabela 10 - Resiliência por bairro (Macrozona 5 – Zona Norte)

Código	Bairro	Resiliência Média	% de ligações por bairro com nível de resiliência:		
			Persistência	Adaptação	Transformação
38	Manguinhos	0,69	0,56	0,18	0,26
39	Bonsucesso	0,72	0,60	0,14	0,26
40	Olaria	0,68	0,54	0,19	0,27
41	Ramos	0,73	0,62	0,14	0,24
42	Brás de Pina	0,52	0,31	0,16	0,53
43	Penha	0,72	0,60	0,15	0,25
44	Penha Circular	0,54	0,34	0,26	0,40
45	Del Castilho	0,67	0,53	0,21	0,26
46	Higienópolis	0,65	0,51	0,20	0,29
47	Maria da Graça	0,70	0,58	0,18	0,24
48	Engenho da Rainha	0,66	0,53	0,21	0,26
49	Inhaúma	0,64	0,49	0,23	0,28
50	Tomás Coelho	0,65	0,51	0,22	0,28
67	Colégio	0,62	0,46	0,23	0,31
68	Irajá	0,70	0,58	0,18	0,24
69	Vicente de Carvalho	0,64	0,50	0,21	0,29
70	Vila da Penha	0,62	0,47	0,22	0,31
71	Vila Cosmos	0,62	0,47	0,22	0,31
72	Vista Alegre	0,49	0,28	0,26	0,46
137	Acari	0,57	0,39	0,24	0,36
138	Barros Filho	0,59	0,39	0,30	0,30
139	Coelho Neto	0,59	0,43	0,23	0,34
140	Costa Barros	0,54	0,34	0,29	0,37
141	Parque Colúmbia	0,45	0,23	0,16	0,61
142	Pavuna	0,59	0,43	0,20	0,37
147	Jacarezinho	0,66	0,52	0,20	0,28
148	Complexo do Alemão	0,54	0,35	0,30	0,35
149	Maré	0,58	0,41	0,13	0,46
150	Cordovil	0,53	0,34	0,26	0,40
151	Jardim América	0,43	0,20	0,22	0,58
152	Parada de Lucas	0,64	0,49	0,22	0,29
153	Vigário Geral	0,64	0,48	0,21	0,30

Fonte: Elaboração Própria (2020)

A Figura 31 apresenta o mapa com o nível de resiliência média da Macrozona 5, que corresponde à zona norte da cidade do Rio de Janeiro, com 32 bairros.

Figura 31- Mapa com o nível de Resiliência média da Macrozona 5



Fonte: Elaboração Própria (2020)

4.8.6 Macrozona 6: Zona Central

A macrozona 6 é denominada zona central da cidade do Rio de Janeiro, possui 29 bairros. A vulnerabilidade média em ordem decrescente é composta pelos bairros: Vaz Lobo (0,53), Água Santa (0,52), Turiaçu (0,49), Encantado (0,43), Honório Gurgel (0,41), Bento Ribeiro (0,41), Campinho (0,39), Engenho de Dentro (0,38), Piedade (0,38), Cavalcanti (0,37), Cachambi (0,37), Oswaldo Cruz (0,36), Lins de Vasconcelos (0,35), Madureira (0,34), Rocha Miranda (0,34), Marechal Hermes (0,33), Pilares (0,31), Riachuelo (0,31), Rocha (0,30), Quintino de Bocaiuva (0,30), Abolição (0,29), Jacaré (0,28), São Francisco Xavier (0,27), Sampaio (0,27), Cascadura (0,26), Todos os Santos (0,25), Engenheiro Leal (0,24), Engenho Novo (0,23) e Méier (0,23). A Tabela 11 apresenta os dados de vulnerabilidade por bairro da macrozona 6.

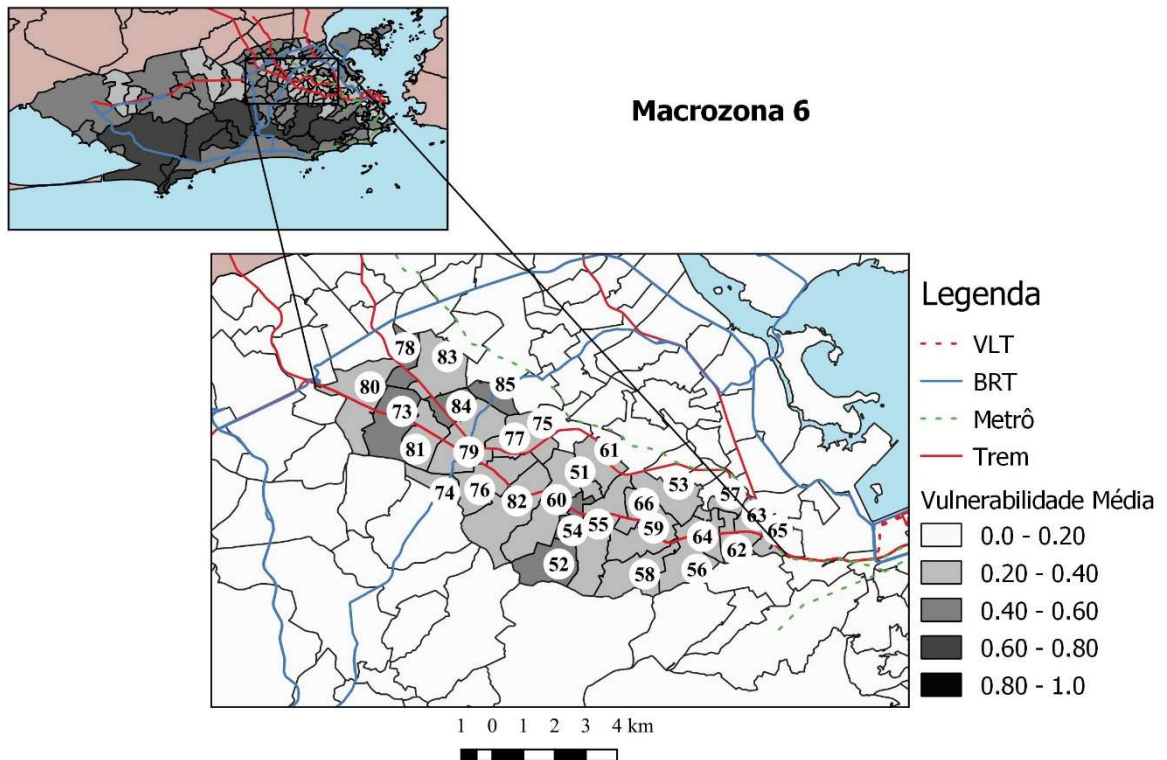
Tabela 11- Vulnerabilidade por bairro (Macrozona 6 – Zona Central)

Código	Bairro	Vulnerabilidade Média	% de ligações por bairro com vulnerabilidade:		
			Inexistente	Baixa	Alta
51	Abolição	0,29	59,7%	0,0%	40,3%
52	Água Santa	0,52	28,8%	0,0%	71,3%
53	Cachambi	0,37	50,0%	0,0%	50,0%
54	Encantado	0,43	41,6%	0,0%	58,4%
55	Engenho de Dentro	0,38	46,3%	0,0%	53,8%
56	Engenho Novo	0,23	68,1%	0,0%	31,9%
57	Jacaré	0,28	61,9%	0,0%	38,1%
58	Lins de Vasconcelos	0,35	51,6%	0,0%	48,4%
59	Méier	0,23	67,5%	2,2%	30,3%
60	Piedade	0,38	48,1%	0,0%	51,9%
61	Pilares	0,31	56,6%	0,3%	43,1%
62	Riachuelo	0,31	58,1%	0,0%	41,9%
63	Rocha	0,30	58,4%	0,0%	41,6%
64	Sampaio	0,27	62,2%	0,0%	37,8%
65	São Francisco Xavier	0,27	61,6%	0,3%	38,1%
66	Todos os Santos	0,25	65,6%	0,0%	34,4%
73	Bento Ribeiro	0,41	43,4%	0,0%	56,6%
74	Campinho	0,39	46,3%	0,0%	53,8%
75	Cavalcanti	0,37	48,8%	0,3%	50,9%
76	Cascadura	0,26	63,1%	0,0%	36,9%
77	Engenheiro Leal	0,24	65,6%	0,0%	34,4%
78	Honório Gurgel	0,41	41,9%	0,3%	57,8%
79	Madureira	0,34	52,2%	0,0%	47,8%
80	Marechal Hermes	0,33	53,1%	0,0%	46,9%
81	Oswaldo Cruz	0,36	50,6%	0,0%	49,4%
82	Quintino Bocaiuva	0,30	58,4%	0,0%	41,6%
83	Rocha Miranda	0,34	52,2%	0,6%	47,2%
84	Turiaçu	0,49	32,5%	0,3%	67,2%
85	Vaz Lobo	0,53	27,5%	0,3%	72,2%

Fonte: Elaboração Própria (2020)

A vulnerabilidade média varia de 0,23 a 0,53. O bairro com o maior percentual de ligações alta foi Vaz Lobo, com 72,2%, e o bairro com menor percentual foi o Méier, com 30,3% das ligações. A Figura 32 mostra o mapa com a vulnerabilidade média dos bairros da macrozona 6.

Figura 32 - Mapa com o nível de Vulnerabilidade média da Macrozona 6



Fonte: Elaboração Própria (2020)

A resiliência média varia de 0,48 a 0,78. O número de ligações persistentes apresenta uma variação de 28 a 68%. Os bairros com as maiores resiliências médias são: Méier (0,78), Engenho Novo (0,78), Engenheiro Leal (0,76), Todos os Santos (0,76) e Cascadura (0,74). Por outro lado, os bairros com os menores níveis de resiliência média são: Honório Gurgel (0,60), Encantado (0,58), Turiaçu (0,51), Água Santa (0,48) e Vaz Lobo (0,48).

Pelo nível de resiliência, os bairros com os maiores percentuais de ligações persistentes são: Méier (68%), Engenho Novo (68%), Engenheiro Leal (66%), Todos os Santos (66%) e Cascadura (63%). A Tabela 12 apresenta as informações quanto à resiliência média e o nível de resiliência por bairro da Macrozona 6.

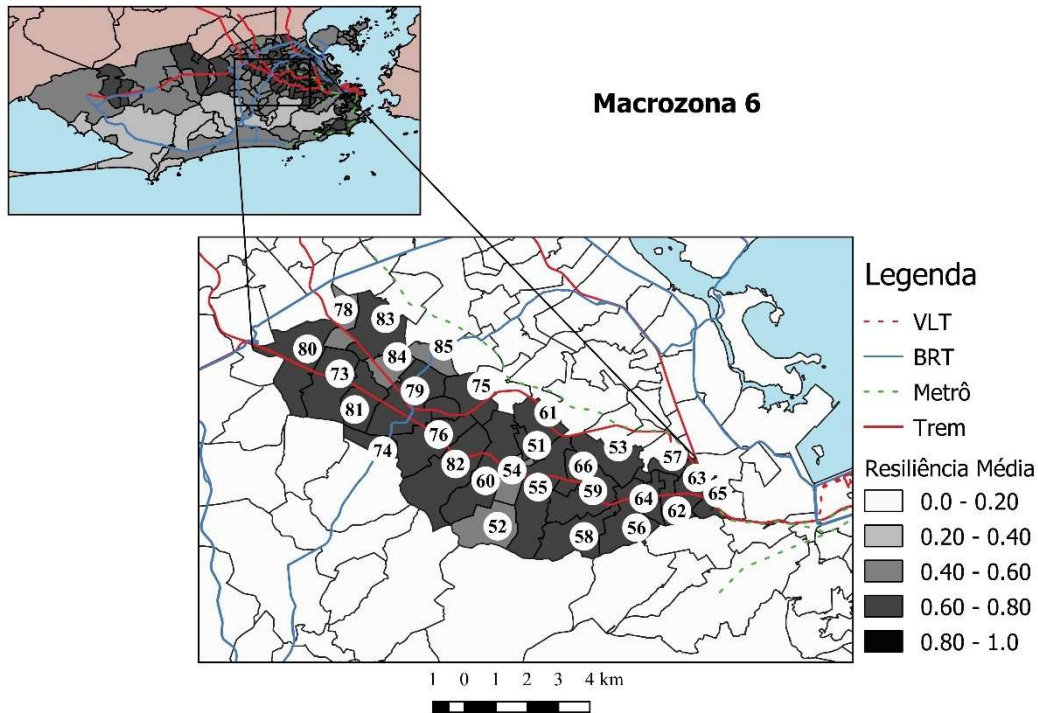
Tabela 12- Resiliência por bairro (Macrozona 6 – Zona Central)

Código	Bairro	Resiliência Média	% de ligações por bairro com nível de resiliência:		
			Persistência	Adaptação	Transformação
51	Abolição	0,71	0,68	0,15	0,17
52	Água Santa	0,48	0,68	0,14	0,18
53	Cachambi	0,64	0,66	0,18	0,17
54	Encantado	0,58	0,66	0,18	0,16
55	Engenho de Dentro	0,63	0,63	0,18	0,19
56	Engenho Novo	0,78	0,62	0,15	0,23
57	Jacaré	0,73	0,62	0,18	0,20
58	Lins de Vasconcelos	0,66	0,62	0,15	0,23
59	Méier	0,78	0,60	0,07	0,33
60	Piedade	0,63	0,58	0,21	0,20
61	Pilares	0,69	0,58	0,15	0,27
62	Riachuelo	0,70	0,58	0,15	0,27
63	Rocha	0,70	0,57	0,18	0,26
64	Sampaio	0,73	0,53	0,23	0,24
65	São Francisco Xavier	0,73	0,52	0,22	0,26
66	Todos os Santos	0,76	0,52	0,20	0,28
73	Bento Ribeiro	0,60	0,52	0,19	0,29
74	Campinho	0,62	0,51	0,23	0,27
75	Cavalcanti	0,64	0,50	0,17	0,33
76	Cascadura	0,74	0,49	0,20	0,31
77	Engenheiro Leal	0,76	0,48	0,20	0,32
78	Honório Gurgel	0,60	0,46	0,21	0,33
79	Madureira	0,66	0,46	0,20	0,34
80	Marechal Hermes	0,68	0,43	0,24	0,33
81	Oswaldo Cruz	0,66	0,42	0,25	0,33
82	Quintino Bocaiuva	0,71	0,42	0,18	0,40
83	Rocha Miranda	0,67	0,33	0,09	0,58
84	Turiação	0,51	0,29	0,13	0,58
85	Vaz Lobo	0,48	0,28	0,23	0,49

Fonte: Elaboração Própria (2020)

A Figura 33 apresenta o mapa com o nível de resiliência média da Macrozona 6, que corresponde à zona central da cidade do Rio de Janeiro, com 29 bairros.

Figura 33- Mapa com o nível de Resiliência média da Macrozona 6



Fonte: Elaboração Própria (2020)

4.8.7 Macrozona 7: Jacarepaguá

A macrozona 7 é denominada Jacarepaguá e contempla 11 bairros. A vulnerabilidade média em ordem decrescente é: Jacarepaguá (0,63), Anil (0,62), Curicica (0,57), Gardênia Azul (0,45), Freguesia (0,56), Pechincha (0,55), Taquara (0,55), Tanque (0,53), Cidade de Deus (0,53), Praça Seca (0,51) e Vila Valqueire (0,46). A Tabela 13 mostra os valores de vulnerabilidade para a Macrozona 7.

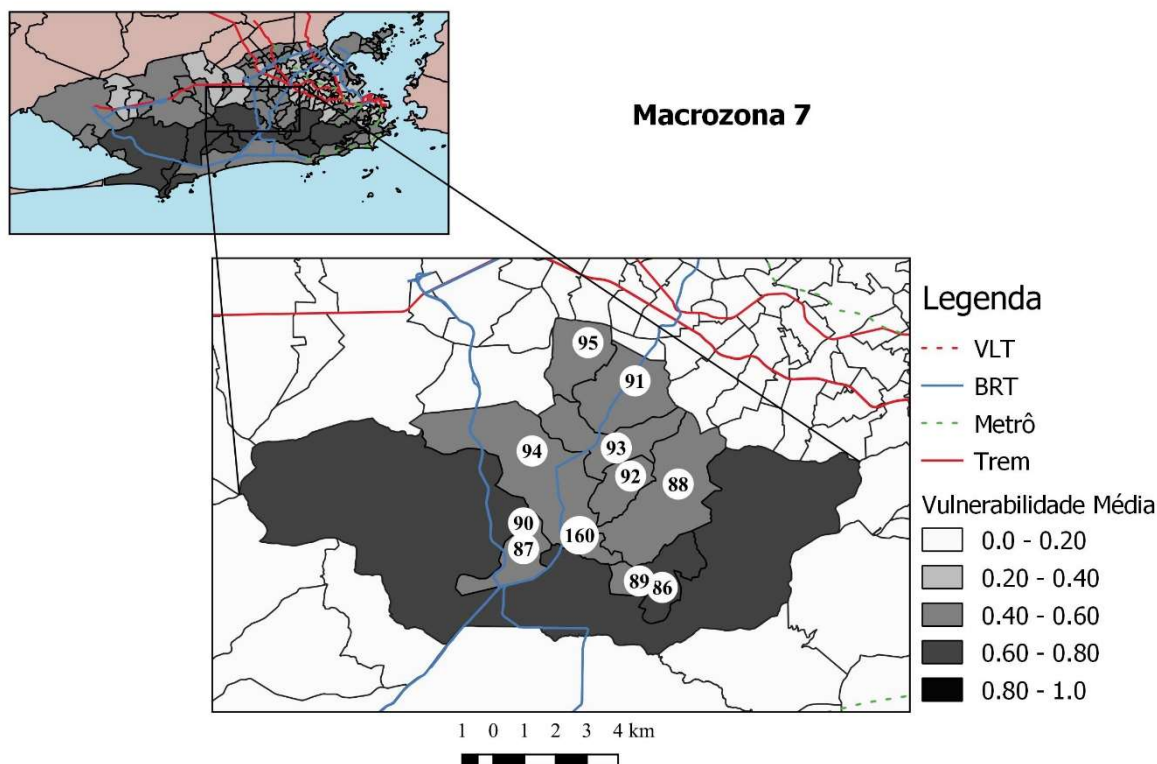
Tabela 13 - Vulnerabilidade por bairro (Macrozona 7 - Jacarepaguá)

Código	Bairro	Vulnerabilidade Média	% de ligações por bairro com vulnerabilidade:		
			Inexistente	Baixa	Alta
86	Anil	0,62	15,0%	0,6%	84,4%
87	Curicica	0,57	22,2%	0,0%	77,8%
88	Freguesia de Jacarepaguá	0,56	23,8%	0,6%	75,6%
89	Gardênia Azul	0,56	22,5%	0,0%	77,5%
90	Jacarepaguá	0,63	13,4%	0,0%	86,6%
91	Praça Seca	0,51	30,0%	0,0%	70,0%
92	Pechincha	0,55	25,0%	0,0%	75,0%
93	Tanque	0,53	27,8%	0,0%	72,2%
94	Taquara	0,55	25,3%	0,0%	74,7%
95	Vila Valqueire	0,46	37,5%	0,0%	62,5%
160	Cidade de Deus	0,53	27,2%	0,0%	72,8%

Fonte: Elaboração Própria (2020)

O bairro da macrozona 7 com maior percentual de vulnerabilidade alta é o bairro de Jacarepaguá com 86,6% das ligações. Em contrapartida, o bairro com o menor percentual de ligações com vulnerabilidade alta é Vila Valqueire com 62,5% das ligações. A vulnerabilidade média varia de 0,46 a 0,63. A Figura 34 mostra o mapa com o nível de vulnerabilidade média da macrozona 7.

Figura 34- Mapa com o nível de Vulnerabilidade média da Macrozona 7



Fonte: Elaboração Própria (2020)

Em ordem decrescente, a resiliência média dos bairros é: Vila Valqueire (0,56), Praça Seca (0,50), Tanque (0,48), Cidade de Deus (0,49), Tanque (0,48), Penchicha (0,47), Taquara (0,56), Freguesia (0,45), Gardênia Azul (0,45), Curicica (0,45), Anil (0,39) e Jacarepaguá (0,37).

Os bairros com os maiores percentuais de ligações persistentes, em ordem decrescente são: Vila Valqueire, Praça Seca, Tanque, Cidade de Deus, Taquara, Pechincha, Freguesia, Gardênia Azul, Curicida, Anil e Jacarepaguá.

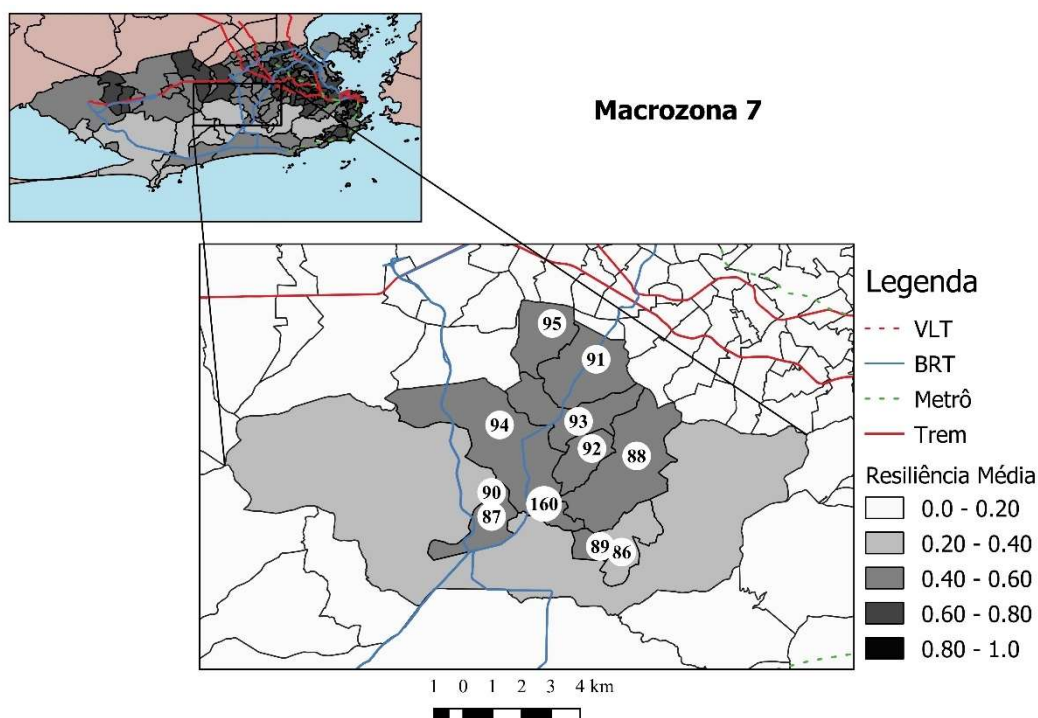
Tabela 14- Resiliência por bairro (Macrozona 7 - Jacarepaguá)

Código	Bairro	Resiliência Média	% de ligações por bairro com nível de resiliência:		
			Persistência	Adaptação	Transformação
86	Anil	0,39	0,15	0,28	0,57
87	Curicica	0,45	0,22	0,27	0,51
88	Freguesia de Jacarepaguá	0,45	0,24	0,18	0,59
89	Gardênia Azul	0,45	0,23	0,36	0,42
90	Jacarepaguá	0,37	0,13	0,06	0,80
91	Praça Seca	0,50	0,30	0,08	0,63
92	Pechincha	0,47	0,25	0,31	0,44
93	Tanque	0,48	0,28	0,22	0,51
94	Taquara	0,46	0,25	0,19	0,56
95	Vila Valqueire	0,56	0,38	0,28	0,34
160	Cidade de Deus	0,49	0,27	0,34	0,38

Fonte: Elaboração Própria (2020)

A Figura 35 apresenta o mapa com o nível de resiliência média da Macrozona 7 que corresponde a Jacarepaguá da cidade do Rio de Janeiro, com 11 bairros.

Figura 35- Mapa com o nível de Resiliência média da Macrozona 7



Fonte: Elaboração Própria (2020)

4.8.8 Macrozona 8: Extremo Oeste

A macrozona 8 é o extremo oeste da cidade do Rio de Janeiro com 15 bairros. A vulnerabilidade média dos bairros em ordem decrescente é: Barra de Guaratiba (0,68), Guaratiba (0,67), Gericinó (0,62), Sepetiba (0,59), Pedra de Guaratiba (0,56), Santíssimo (0,55), Santa Cruz (0,48), Campo Grande (0,46), Inhoaíba (0,43), Padre Miguel (0,42), Senador Vasconcelos (0,41), Senador Camará (0,41), Cosmos (0,39), Bangu (0,38) e Paciência (0,35). A Tabela 15 mostra os valores de vulnerabilidade por bairro para a macrozona 8.

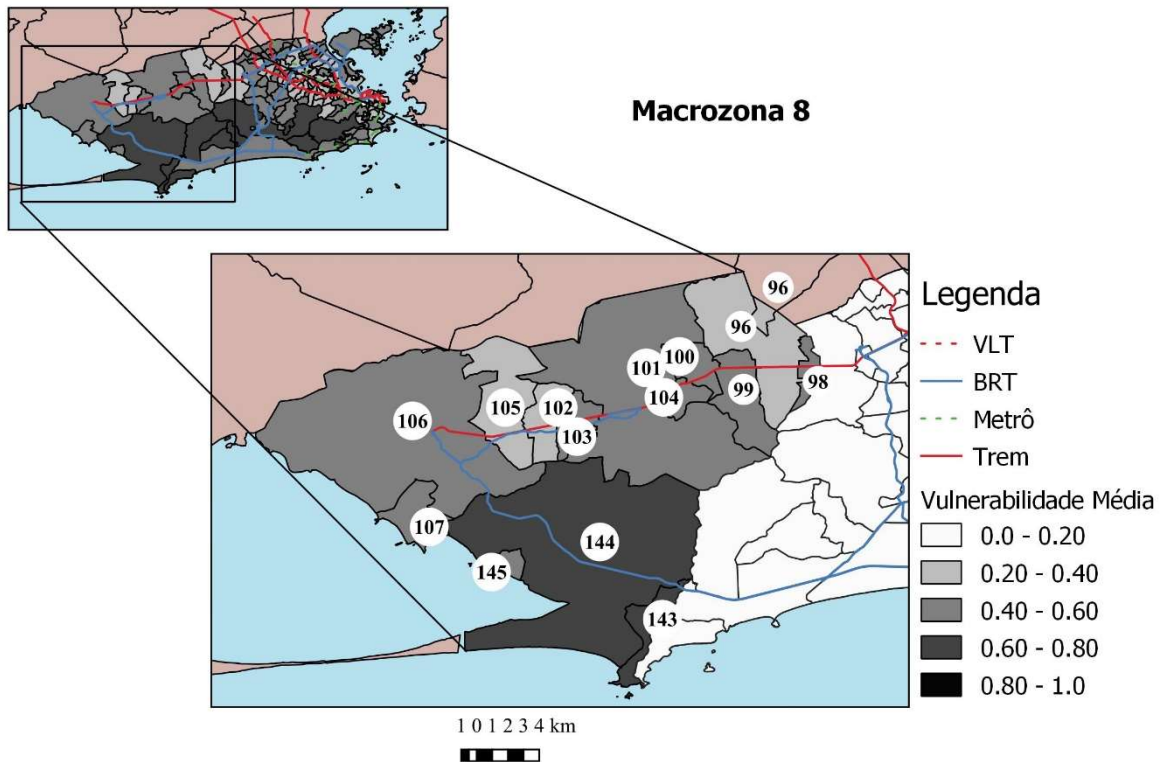
Tabela 15 - Vulnerabilidade por bairro (Macrozona 8 – Extremo Oeste)

Código	Bairro	Vulnerabilidade Média	% de ligações por bairro com vulnerabilidade:		
			Inexistente	Baixa	Alta
96	Bangu	0,38	46,9%	0,3%	52,8%
97	Gericinó	0,62	13,8%	0,0%	86,3%
98	Padre Miguel	0,42	40,9%	0,9%	58,1%
99	Senador Camará	0,41	42,2%	1,3%	56,6%
100	Santíssimo	0,55	22,8%	0,6%	76,6%
101	Campo Grande	0,46	40,9%	2,2%	56,9%
102	Cosmos	0,39	42,2%	3,8%	54,1%
103	Inhoaíba	0,43	37,8%	3,8%	58,4%
104	Senador Vasconcelos	0,41	39,7%	3,1%	57,2%
105	Paciência	0,35	48,8%	2,5%	48,8%
106	Santa Cruz	0,48	33,1%	0,0%	66,9%
107	Sepetiba	0,59	17,8%	0,0%	82,2%
143	Barra de Guaratiba	0,68	6,3%	0,0%	93,8%
144	Guaratiba	0,67	7,2%	0,0%	92,8%
145	Pedra de Guaratiba	0,56	21,9%	0,0%	78,1%

Fonte: Elaboração Própria (2020)

O bairro com maior percentual de ligações com vulnerabilidade alta é Barra de Guaratiba (93,8%) e o bairro com menor percentual de ligações com vulnerabilidade alta é Paciência (48,8%). A Figura 36 ilustra a vulnerabilidade média de cada bairro da macrozona 8.

Figura 36- Mapa com o nível de Vulnerabilidade média da Macrozona 8



Fonte: Elaboração Própria (2020)

A resiliência média dos bairros varia de 0,33 a 0,65. Os bairros com maiores resiliências médias em ordem decrescente são: Paciência, Bangu, Cosmos, Senador Camará e Senador Vasconcelos. Por outro lado, os menores índices de resiliência média são: Pedra de Guaratiba, Sepetiba, Gericinó, Guaratiba e Barra de Guaratiba.

Sobre o nível de resiliência, as ligações com maiores percentuais de persistência são: Paciência (51%), Bangu (47%), Cosmos (44%), Senador Camará (43%) e Campo Grande (43%). A Tabela 16 representa a resiliência por bairros da Macrozona 8.

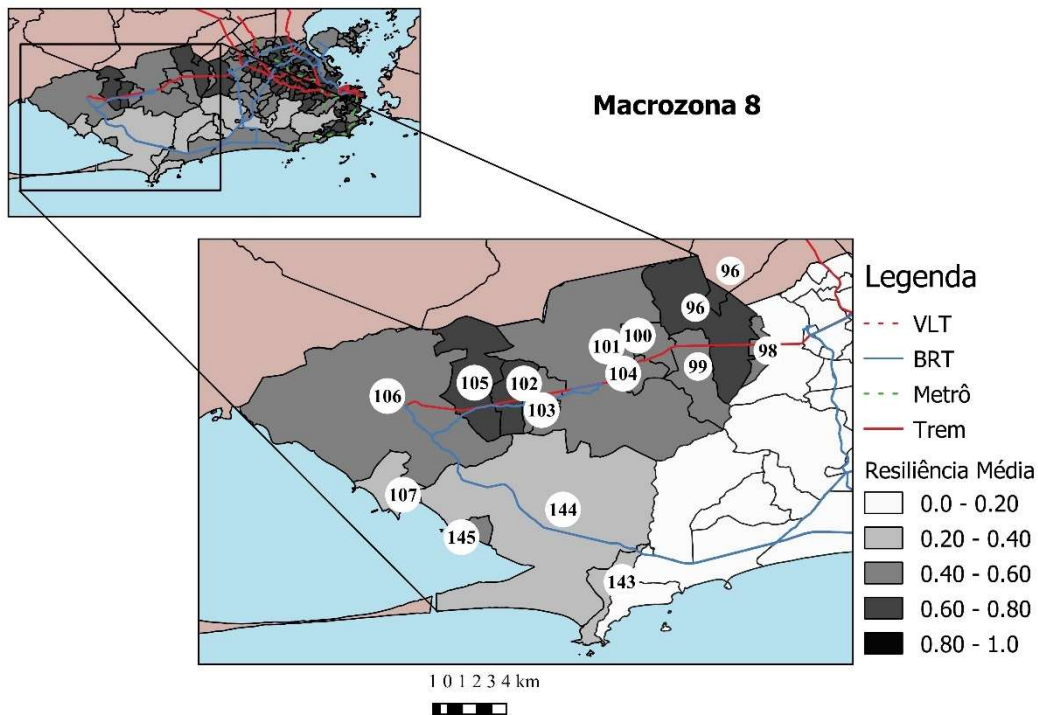
Tabela 16- Resiliência por bairro (Macrozona 8 – Extremo Oeste)

Código	Bairro	Resiliência Média	% de ligações por bairro com nível de resiliência:		
			Persistência	Adaptação	Transformação
96	Bangu	0,62	0,47	0,07	0,46
97	Gericinó	0,38	0,14	0,30	0,56
98	Padre Miguel	0,59	0,42	0,16	0,43
99	Senador Camará	0,60	0,43	0,22	0,36
100	Santíssimo	0,46	0,23	0,29	0,48
101	Campo Grande	0,58	0,43	0,07	0,50
102	Cosmos	0,61	0,44	0,22	0,33
103	Inhoaíba	0,58	0,40	0,25	0,35
104	Senador Vasconcelos	0,59	0,42	0,21	0,38
105	Paciência	0,65	0,51	0,16	0,33
106	Santa Cruz	0,50	0,33	0,08	0,59
107	Sepetiba	0,39	0,18	0,29	0,53
143	Barra de Guaratiba	0,33	0,06	0,33	0,61
144	Guaratiba	0,34	0,07	0,33	0,60
145	Pedra de Guaratiba	0,44	0,22	0,25	0,53

Fonte: Elaboração Própria (2020)

A Figura 37 ilustra o nível de resiliência média na macrozona 8 denominada zona oeste.

Figura 37 - Mapa com o nível de Resiliência média da Macrozona 8



Fonte: Elaboração Própria (2020)

4.8.9 Macrozona 9: Ilha do Governador

A macrozona 9 é denominada “Ilha do Governador” com 16 bairros. Os valores de vulnerabilidade média por ordem decrescente: Paquetá (0,64), Zumbi (0,61), Tauá (0,60), Ribeira (0,60), Bancários (0,60), Jardim Carioca (0,59), Praia da Bandeira (0,56), Pitangueiras (0,56), Moneró (0,55), Freguesia (0,55), Cacua (0,55), Cocotá (0,55), Galeão (0,53), Portuguesa (0,52), Jardim Guanabara (0,49), Cidade Universitária (0,48). A Tabela 17 mostra os valores da vulnerabilidade por bairro para a Macrozona 9.

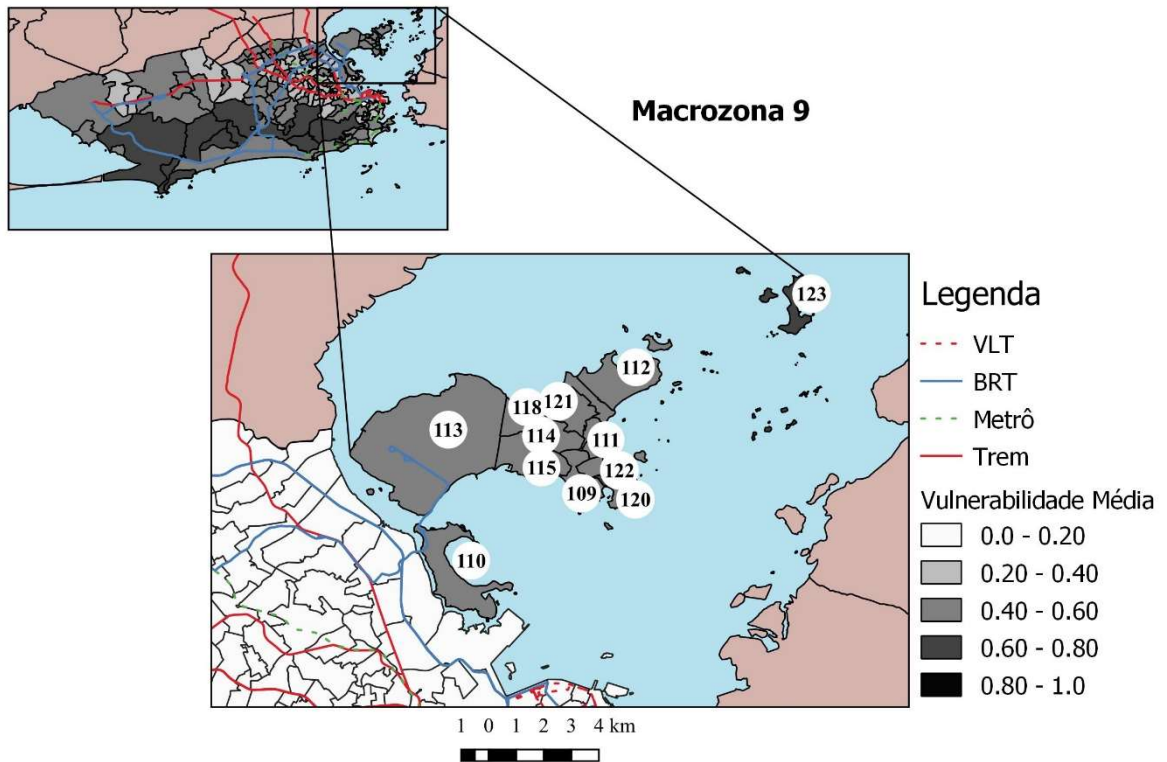
Tabela 17 - Vulnerabilidade por bairro (Macrozona 9 – Ilha do Governador)

Código	Bairro	Vulnerabilidade Média	% de ligações por bairro com vulnerabilidade:		
			Inexistente	Baixa	Alta
108	Bancários	0,60	18,8%	0,0%	81,3%
109	Cacua	0,55	24,7%	0,0%	75,3%
110	Cidade Universitária	0,48	33,4%	0,0%	66,6%
111	Cocotá	0,55	25,0%	0,0%	75,0%
112	Freguesia	0,55	24,7%	0,6%	74,7%
113	Galeão	0,53	27,8%	0,0%	72,2%
114	Jardim Carioca	0,59	20,0%	0,0%	80,0%
115	Jardim Guanabara	0,49	24,7%	0,0%	75,3%
116	Moneró	0,55	19,4%	0,0%	80,6%
117	Pitangueiras	0,56	23,8%	0,0%	76,3%
118	Portuguesa	0,52	28,8%	0,0%	71,3%
119	Praia da Bandeira	0,56	22,8%	0,0%	77,2%
120	Ribeira	0,60	18,4%	0,0%	81,6%
121	Tauá	0,60	18,4%	0,0%	81,6%
122	Zumbi	0,61	16,3%	0,0%	83,8%
123	Paquetá	0,64	0,6%	0,0%	99,4%

Fonte: Elaboração Própria (2020)

O bairro com maior percentual de ligações com vulnerabilidade alta é Paquetá com 99,4% das ligações, enquanto o bairro com menor percentual é Cidade Universitária com 66,6%. Os valores de resiliência média para a macrozona 9 variam de 0,48 a 0,64. A Figura 38 ilustra a vulnerabilidade média dos bairros desta região.

Figura 38- Mapa com o nível de Vulnerabilidade média da Macrozona 9



Fonte: Elaboração Própria (2020)

Os níveis de resiliência média variam de 0,34 a 0,53. As ligações com maiores níveis de resiliência média em ordem decrescente são: Jardim Guanabara, Cidade Universitária, Portuguesa, Galeão e Cocotá. Por outro lado, os menores níveis de resiliência média são: Bancários, Ribeira, Tauá, Zumbi e Paquetá.

Ao analisar a resiliência sob a ótica do nível de persistência, os bairros com maiores percentuais de ligações persistentes são: Cidade Universitária (33%), Portuguesa (29%), Galeão (28%), Cocotá (25%) e Jardim Guanabara (25%). As ligações com menores percentuais de ligações persistentes são: Bancários (19%), Ribeira (18%), Tauá (18%), Zumbi (16%) e Paquetá (3%). A Tabela 18 representa o nível de resiliência por bairro para a Macrozona 9 (Ilha do Governador).

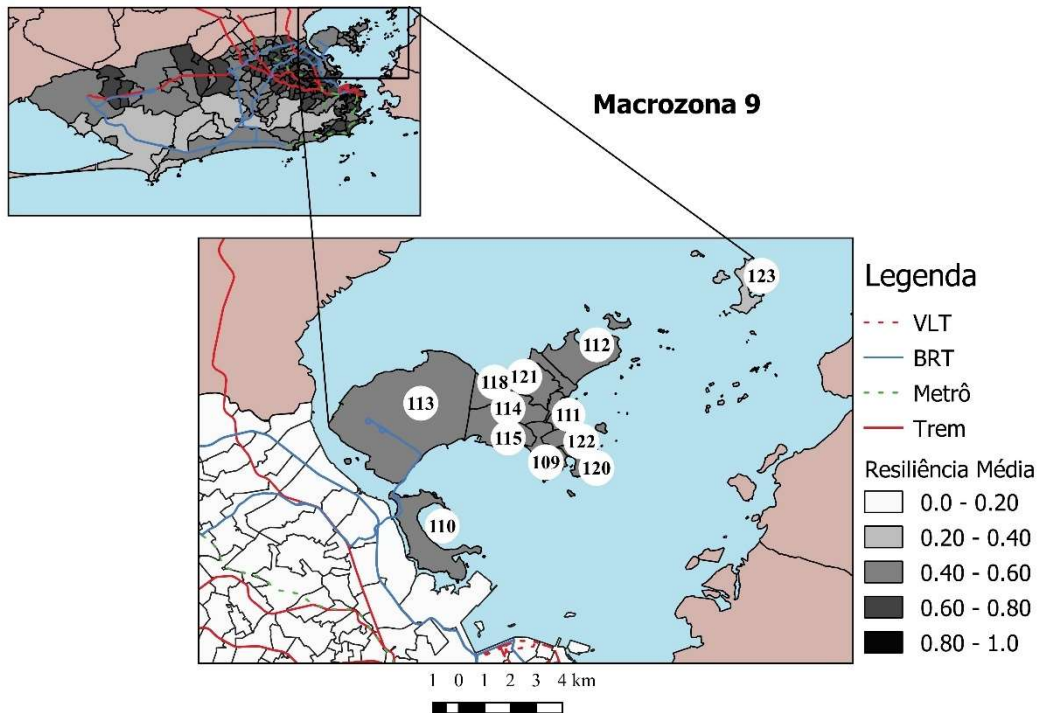
Tabela 18-Resiliência média por bairro (Macrozona 9 – Ilha do Governador)

Código	Bairro	Resiliência Média	% de ligações por bairro com nível de resiliência:		
			Persistência	Adaptação	Transformação
108	Bancários	0,42	0,19	0,30	0,52
109	Cacuaia	0,46	0,25	0,27	0,48
110	Cidade Universitária	0,52	0,33	0,04	0,63
111	Cocotá	0,46	0,25	0,27	0,48
112	Freguesia	0,46	0,25	0,24	0,52
113	Galeão	0,47	0,28	0,05	0,67
114	Jardim Carioca	0,43	0,20	0,28	0,52
115	Jardim Guanabara	0,53	0,25	0,63	0,13
116	Moneró	0,46	0,19	0,69	0,12
117	Pitangueiras	0,46	0,24	0,27	0,50
118	Portuguesa	0,49	0,29	0,24	0,48
119	Praia da Bandeira	0,45	0,23	0,26	0,51
120	Ribeira	0,42	0,18	0,31	0,51
121	Tauá	0,42	0,18	0,30	0,52
122	Zumbi	0,40	0,16	0,31	0,53
123	Paquetá	0,29	0,03	0,00	0,97

Fonte: Elaboração Própria (2020)

A Figura 39 ilustra o nível de resiliência média na macrozona 9, denominada Ilha do Governador.

Figura 39- Mapa com nível de Resiliência média da Macrozona 9



Fonte: Elaboração Própria (2020)

4.8.10 Macrozona 10: Zona Oeste

A macrozona 10 possui 10 bairros e é denominada Zona Oeste. A ordem decrescente da vulnerabilidade média por bairro é: Jardim Sulacap (0,50), Campo dos Afonsos (0,55), Guadalupe (0,44), Parque Anchieta (0,43), Anchieta (0,42), Vila Militar (0,42), Ricardo de Albuquerque (0,41), Deodoro (0,38), Realengo (0,37) e Magalhães Bastos (0,35). A Tabela 19 apresenta os valores da vulnerabilidade dos bairros da macrozona 10.

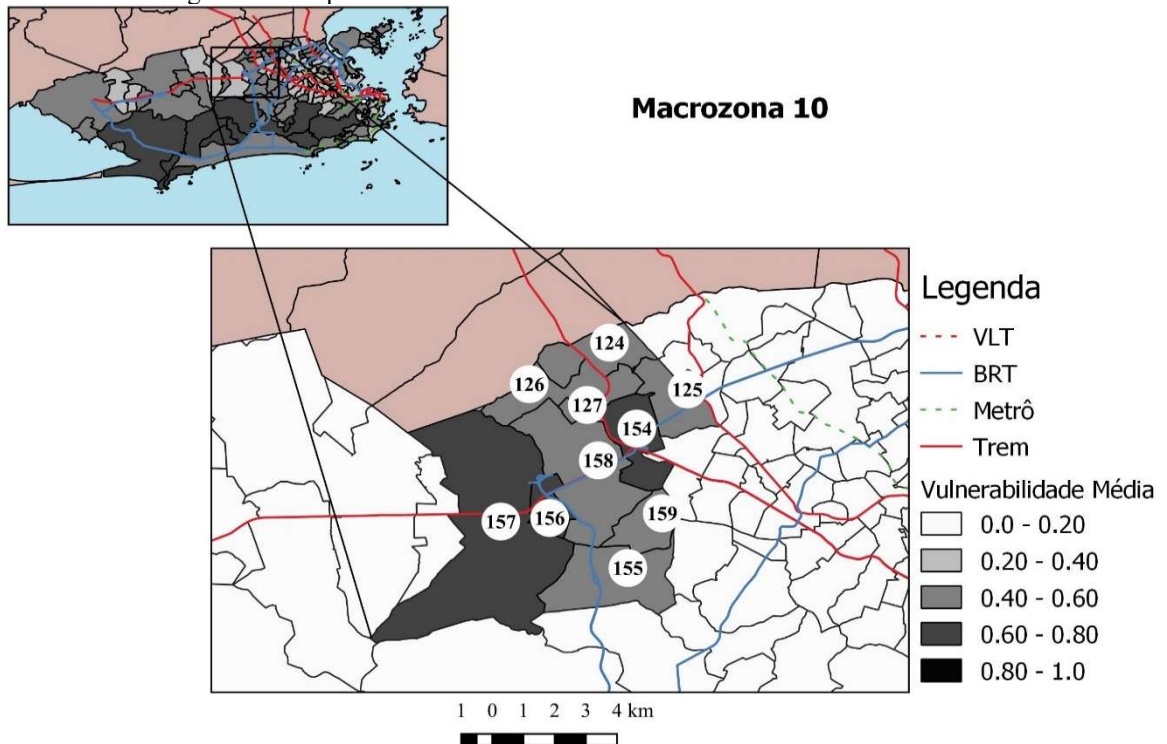
Tabela 19 - Vulnerabilidade por bairro (Macrozona 10 – Zona Oeste)

Código	Bairro	Vulnerabilidade Média	% de ligações por bairro com vulnerabilidade:		
			Inexistente	Baixa	Alta
124	Anchieta	0,42	40,0%	0,0%	60,0%
125	Guadalupe	0,44	38,8%	0,3%	60,9%
126	Parque Anchieta	0,43	40,3%	0,0%	59,7%
127	Ricardo de Albuquerque	0,41	42,5%	0,3%	57,2%
154	Deodoro	0,38	47,2%	0,0%	52,8%
155	Jardim Sulacap	0,50	31,6%	0,0%	68,4%
156	Magalhães Bastos	0,35	49,4%	0,0%	50,6%
157	Realengo	0,37	47,8%	0,0%	52,2%
158	Vila Militar	0,42	40,6%	1,9%	57,5%
159	Campo dos Afonsos	0,47	27,5%	0,0%	72,5%
124	Anchieta	0,42	40,0%	0,0%	60,0%

Fonte: Elaboração Própria (2020)

O bairro com maior percentual de ligações com vulnerabilidade alta é Campo dos Afonsos com 72,5% e o menor percentual refere-se ao bairro de Magalhães Bastos. A macrozona 10 apresenta os valores de vulnerabilidade média variando de 0,35 a 0,50. A Figura 40 ilustra o mapa da vulnerabilidade média dos bairros da macrozona 10.

Figura 40 - Mapa com o nível de Vulnerabilidade média da Macrozona 10



Fonte: Elaboração Própria (2020)

Os níveis de resiliência média em ordem decrescente desta macrozona são: Magalhães Bastos, Realengo, Deodoro, Ricardo Albuquerque, Vila Militar, Parque Anchieta, Anchieta, Guadalupe, Campo dos Afonsos e Jardim Sulacap.

Quanto a nível de persistência, os bairros que possuem o percentual de ligações persistentes em ordem decrescente: Magalhães Bastos, Realengo, Deodoro, Ricardo de Albuquerque, Vila Militar, Parque Anchieta, Anchieta, Guadalupe, Jardim Sulacap e Campo dos Afonsos. A Tabela 20 representa o nível de resiliência por bairro para a Macrozona 10.

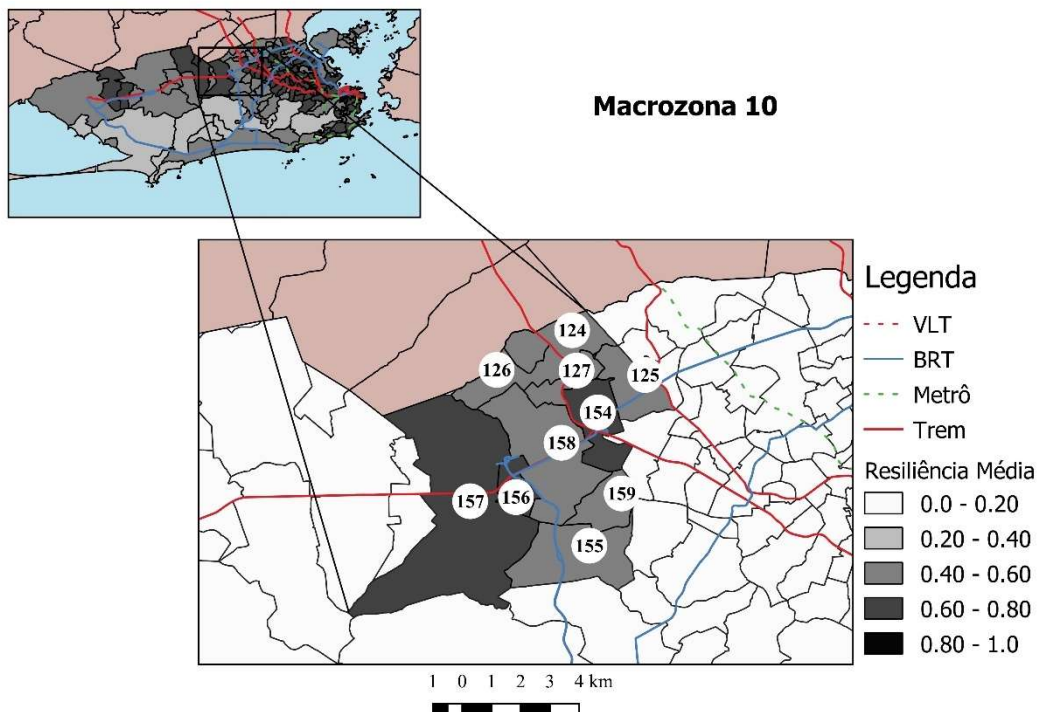
Tabela 20- Resiliência por bairro (Macrozona 10 - Zona Oeste)

Código	Bairro	Resiliência Média	% de ligações por bairro com nível de resiliência:		
			Persistência	Adaptação	Transformação
124	Anchieta	0,58	0,40	0,16	0,44
125	Guadalupe	0,57	0,39	0,24	0,37
126	Parque Anchieta	0,59	0,40	0,28	0,31
127	Ricardo de Albuquerque	0,60	0,43	0,25	0,33
154	Deodoro	0,63	0,47	0,23	0,29
155	Jardim Sulacap	0,51	0,32	0,21	0,47
156	Magalhães Bastos	0,66	0,49	0,27	0,24
157	Realengo	0,64	0,48	0,11	0,42
158	Vila Militar	0,59	0,41	0,24	0,35
159	Campo dos Afonsos	0,55	0,28	0,56	0,17

Fonte: Elaboração Própria (2020)

A Figura 41 ilustra o nível de resiliência média na macrozona 10, denominada zona oeste.

Figura 41 – Mapa do Nível de Resiliência da Macrozona 10



Fonte: Elaboração Própria (2020)

4.8.11 Macrozona 11: Barra da Tijuca

A macrozona 11 possui 8 bairros e é denominada Barra da Tijuca. Em ordem decrescente, a vulnerabilidade média dos bairros da macrozona 11 é: Vargem Grande (0,67), Vargem Pequena (0,65), Camorim (0,65), Itanhangá (0,62), Grumari (0,60), Joá (0,56), Recreio dos Bandeirantes (0,55) e Barra da Tijuca (0,51). A Tabela 21 apresenta os valores de vulnerabilidade para os bairros da macrozona 11.

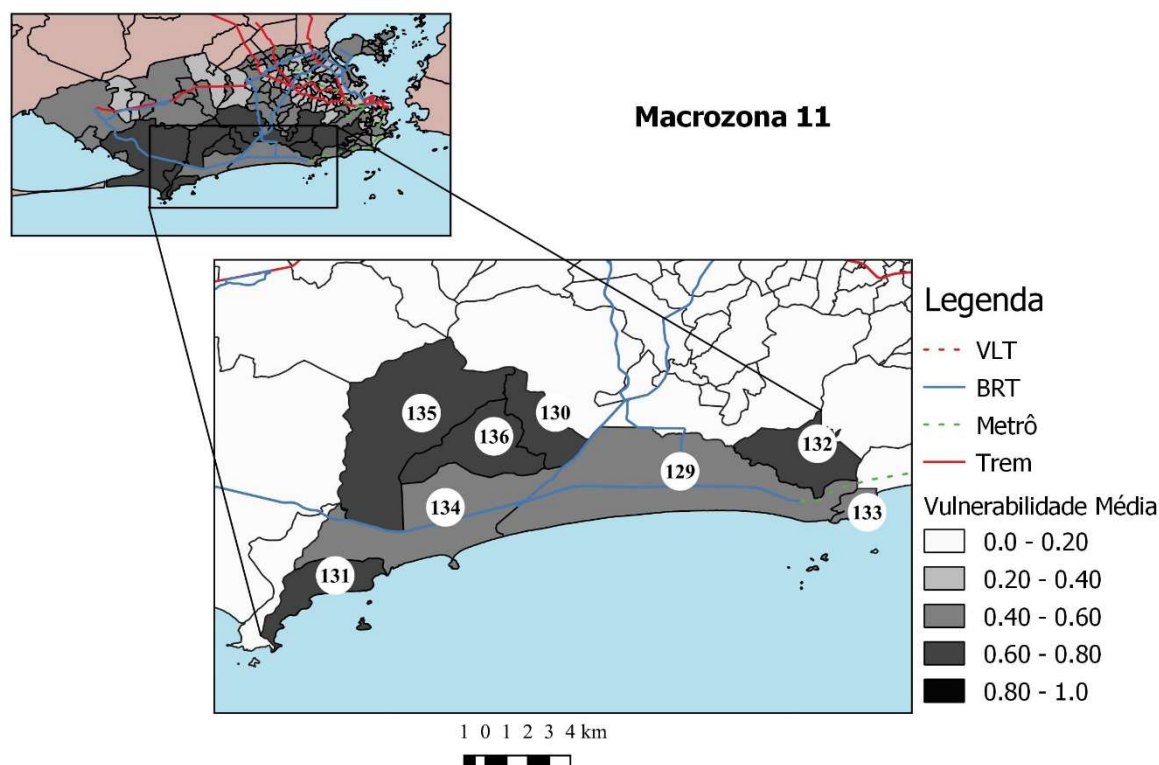
Tabela 21 - Vulnerabilidade por bairro (Macrozona 11 – Barra da Tijuca)

Código	Bairro	Vulnerabilidade Média	% de ligações por bairro com vulnerabilidade:		
			Inexistente	Baixa	Alta
129	Barra da Tijuca	0,51	25,3%	1,6%	73,1%
130	Camorim	0,65	10,3%	0,0%	89,7%
131	Grumari	0,60	6,9%	0,0%	93,1%
132	Itanhangá	0,62	15,0%	0,3%	84,7%
133	Joá	0,56	8,1%	2,8%	89,1%
134	Recreio dos Bandeirantes	0,55	15,0%	0,0%	85,0%
135	Vargem Grande	0,67	7,8%	0,0%	92,2%
136	Vargem Pequena	0,65	10,0%	0,0%	90,0%

Fonte: Elaboração Própria (2020)

O bairro com o maior percentual de ligações com vulnerabilidade alta é Grumari com 93,1%, enquanto o bairro com menor percentual é a Barra da Tijuca com 73,1%. A vulnerabilidade média dos bairros varia entre 0,51 e 0,67. A Figura 42 apresenta o mapa com o a vulnerabilidade média dos bairros da macrozona 11.

Figura 42- Mapa com o nível de Vulnerabilidade média da Macrozona 11



Fonte: Elaboração Própria (2020)

Os índices de resiliência média em ordem decrescente são: Barra da Tijuca, Recreio dos Bandeirantes, Joá, Itanhangá, Grumari, Camorim, Vargem Pequena e Vargem Grande. Os

percentuais de ligações persistentes, em ordem decrescente são: Barra da Tijuca, Recreio dos Bandeirantes, Itanhangá, Camorim, Vargem Pequena, Joá, Vargem Grande e Grumari.

Tabela 22 - Resiliência por bairro (Macrozona 11 – Barra da Tijuca)

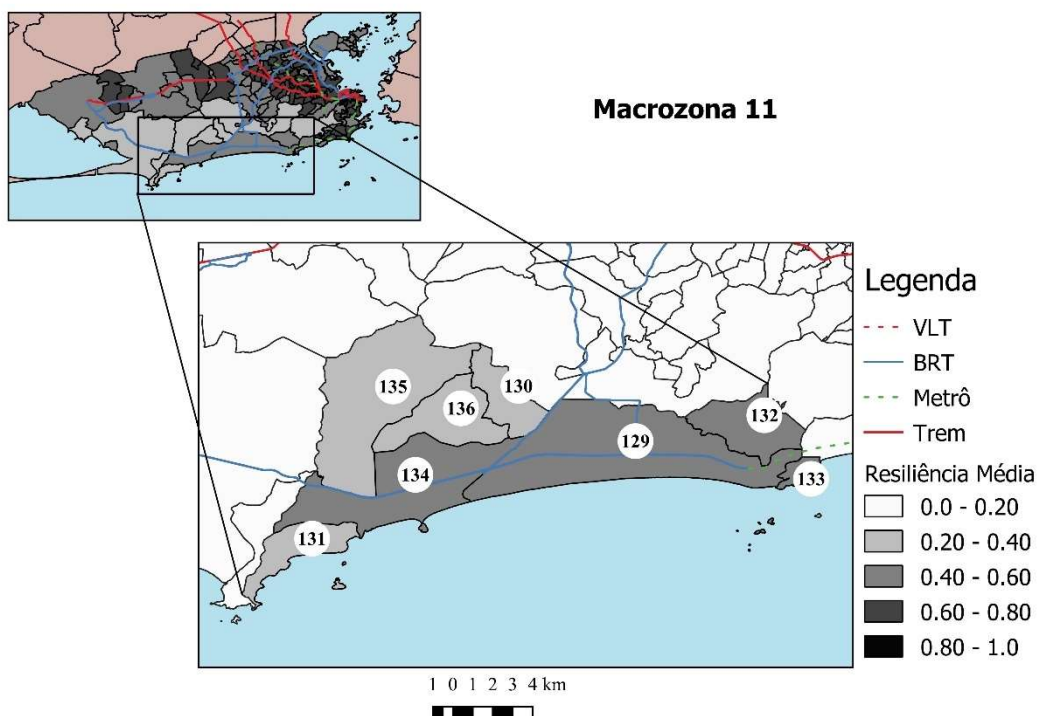
Código	Bairro	Resiliência Média	% de ligações por bairro com nível de resiliência:		
			Persistência	Adaptação	Transformação
129	Barra da Tijuca	0,48	0,26	0,38	0,37
130	Camorim	0,34	0,10	0,29	0,61
131	Grumari	0,37	0,07	0,35	0,58
132	Itanhangá	0,40	0,15	0,49	0,36
133	Joá	0,45	0,08	0,76	0,16
134	Recreio dos Bandeirantes	0,48	0,15	0,48	0,38
135	Vargem Grande	0,32	0,08	0,32	0,60
136	Vargem Pequena	0,32	0,10	0,30	0,60

Fonte: Elaboração Própria (2020)

A

Figura 43 ilustra o nível de resiliência média na macrozona 11, denominada Barra de Tijuca.

Figura 43- Mapa com nível de Resiliência média (Macrozona 11)

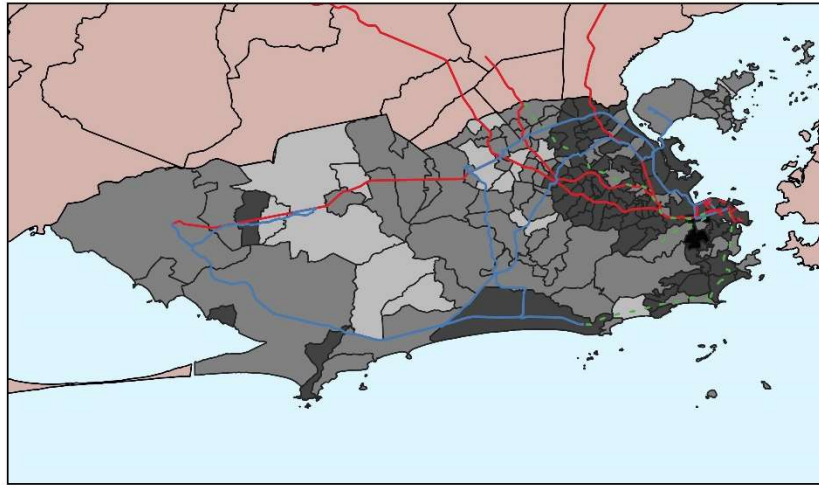


Fonte: Elaboração Própria (2020)

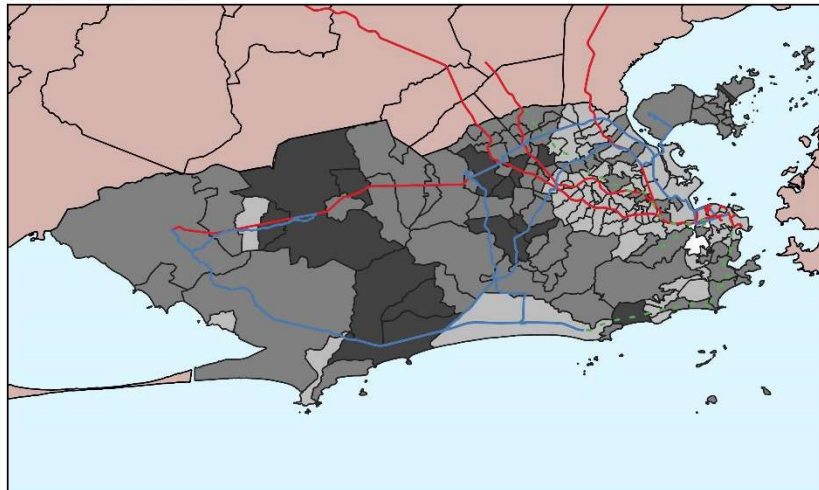
Por fim, a Figura 44 ilustra os mapas com os níveis médios de vulnerabilidade e resiliência para os 160 bairros da cidade do Rio de Janeiro.

Figura 44 - Mapas com vulnerabilidade e resiliência médias

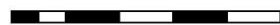
Resiliência Média



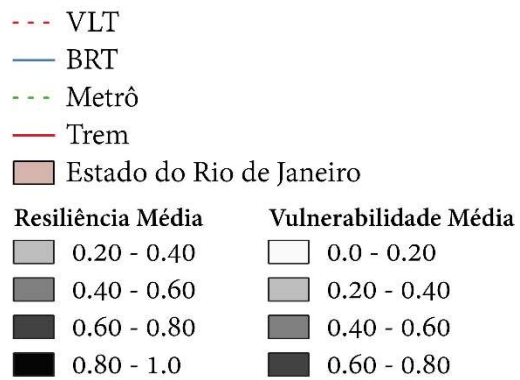
Vulnerabilidade Média



5 0 5 10 15 20 km



Resiliência e Vulnerabilidade Média



Fonte: Elaboração Própria (2020)

4.9 Análise dos resultados

Esta seção é dividida em dois pontos. O primeiro visa analisar os maiores e menores níveis de vulnerabilidade média, e o segundo ponto é a análise dos maiores e menores níveis de resiliência. Para essas análises, foram considerados os seguintes fatores: a renda, a quantidade de empregos nos bairros, localização geográfica e a disponibilidade de transporte de massa.

4.9.1 Nível de vulnerabilidade

Os dez bairros com maiores níveis de vulnerabilidade média em ordem decrescente, os seja, os mais vulneráveis são: Barra de Guaratiba (0,68), Guaratiba (0,67), Vargem Grande (0,67), Alto da Boa Vista (0,66), Vargem Pequena (0,65), Camorim (0,65), Paquetá (0,64), Rocinha (0,64), Jacarepaguá (0,63) e Gericinó (0,62). Destes bairros, 3 deles ficam na zona oeste da cidade (Barra de Guaratiba, Guaratiba e Gericinó), três são localizados na macrozona da Barra da Tijuca (Vargem Grande, Vargem Pequena e Camorim) e os outros em macrozonas distintas na cidade (Alto da Boa Vista na macrozona da Tijuca, Paquetá na macrozona da Ilha do Governador, Rocinha na macrozona Zona Sul e o bairro de Jacarepaguá, que fica em uma macrozona homônima).

Uma análise sobre os dez bairros com maiores níveis de vulnerabilidade média, mostram que nenhum deles possui transporte de massa disponível (trem ou metrô). Os bairros Rocinha e Gericinó são os que apresentam uma renda média menor em comparação com os outros bairros da cidade. O bairro do Gericinó fica em 150º lugar no nível de renda, enquanto a Rocinha fica em 152º lugar. Quanto a comparação com a quantidade de empregos, os bairros: Gericinó, Rocinha, Camorim e Paquetá estão entre os dez bairros com piores ofertas de empregos formais de toda cidade do Rio de Janeiro. Gericinó não apresenta empregos formais, enquanto a Rocinha possui 1 emprego formal, Camorim apresenta 131 empregos e por fim, Paquetá possui 184 empregos formais.

Isso mostra que os piores índices de vulnerabilidade média, caso haja a ausência de integração tarifária, não estão associados apenas a fatores de forma isolada. Os bairros podem apresentar criticidade quanto à renda ou à quantidade de empregos formais na região, embora seja unânime a ausência de transporte de massa em todos eles.

Os bairros com menores níveis de vulnerabilidade média, ou seja, menos vulneráveis são: Praça da Bandeira (0,16), Cidade Nova (0,16), Estácio (0,18), Méier (0,23), Centro (0,22),

Engenho Novo (0,23), Maracanã (0,24), Engenheiro Leal (0,24), Santa Teresa (0,24) e Todos os Santos (0,24). Todos estes bairros estão localizados em 3 macrozonas da cidade: Tijuca (Praça da Bandeira e Maracanã), Centro (Cidade Nova, Estácio, Centro e Santa Teresa) e a Zona Central (Méier, Engenho Novo, Engenheiro Leal e Todos os Santos). Dados os dez bairros com menor vulnerabilidade, eles serão analisados quanto a disponibilidade do transporte de massa, renda e oferta de empregos.

Uma análise espacial destes bairros, mostram que estão localizados em uma área próxima ao centro da cidade (que apresenta uma maior oferta de empregos). Além disso, sete dos dez bairros apresentam transporte de massa, seja metrô (Cidade Nova e Estácio), trem (Méier e Engenho Novo) ou ambos (Praça da Bandeira, Centro e Maracanã).

Ainda sobre estes bairros, a análise quanto à renda mostra que 3 destes aparecem nas 30 primeiras posições quanto à renda. O bairro do Maracanã está na 19ª posição quanto à renda, o Méier fica na 24ª e o bairro Todos os Santos apresenta a 26ª maior renda entre os 160 bairros.

Quanto à oferta de empregos por bairro, o destaque é para o bairro centro da cidade, com aproximadamente 627 mil empregos, o equivalente a 28% de todos os empregos formais ofertados na cidade. Há dois bairros com menor vulnerabilidade que aparecem entre os 30 com maior número de empregos: Maracanã (em 16º lugar com 23 mil empregos formais), Cidade Nova (em 25º lugar com 18 mil empregos) e Méier (em 27º lugar com aproximadamente 17 mil empregos).

Para os menores níveis de vulnerabilidade média, o fator que predomina na análise não é a renda ou a quantidade de empregos disponíveis, mas sim a presença de transporte de massa e a localização próxima da região do centro da cidade.

4.9.2 Nível de Resiliência

Os dez bairros que apresentam menores índices de resiliência média, em ordem crescente, são: Vargem Grande (0,32), Vargem Pequena (0,32), Barra de Guaratiba (0,33), Guaratiba (0,34), Camorim (0,34), Paquetá (0,34), Alto da Boa Vista (0,35), Grumari (0,37), Jacarepaguá (0,37) e Rocinha (0,38). Esses bairros estão localizados na macrozona da Barra da Tijuca (Vargem Grande, Vargem Pequena, Camorim e Grumari), Zona Oeste (Barra de Guaratiba e Guaratiba), Ilha do Governador (Paquetá), Tijuca (Alto da Boa Vista), Jacarepaguá e Zona Sul (Rocinha). Nenhum dos bairros possui transporte de massa disponível, corroborando o que foi analisado nos índices de menor vulnerabilidade média.

Quanto a análise da renda, o bairro de Grumari apresenta a menor renda de toda análise com uma renda média mensal de R\$ 973, a Rocinha está na 153ª posição com R\$ 1.209 e Guaratiba fica na 139ª posição com renda média mensal de R\$1.486,91. Ao analisar a quantidade de empregos disponíveis, o bairro de Paquetá está na 151ª posição com 184 empregos, Camorim está na 153ª posição com 131 empregos, Grumari na 154ª posição com 8 empregos, Rocinha na 155ª posição com 1 emprego e Gericinó é um dos 5 bairros que não possui empregos formais na cidade do Rio de Janeiro. Com isso, 4 dos 10 bairros com piores níveis de resiliência, também apresentam a menor quantidade de empregos entre os bairros.

Os dez bairros com maiores níveis de resiliência média são os mesmos com os menores níveis de vulnerabilidade média, mudando apenas a ordem do Centro e Méier. Os bairros e valores dos maiores índices de resiliência em ordem decrescente são: Praça da Bandeira (0,85), Cidade Nova (0,84), Estácio (0,82), Centro (0,79), Méier (0,78), Engenho Novo (0,78), Maracanã (0,77), Santa Teresa (0,77), Engenheiro Leal (0,76) e Todos os Santos (0,76). Como já comentado, estes bairros estão localizados em 3 macrozonas (Tijuca, Centro e Zona Central) e 7 deles apresentando transporte de massa (trem, metrô ou ambos).

4.9.3 Considerações sobre resultados

O procedimento proposto nesta tese foi aplicado anteriormente em Santos *et al.* (2020). No entanto, no artigo os autores apresentaram uma análise mais agregada, que considerou as 33 regiões administrativas da cidade do Rio de Janeiro em que fizeram uma análise separada para origem e o destino de cada região administrativa, considerando quais deles apresentaram a maior percentual de ligações persistentes e adaptáveis (para o nível de resiliência) e os que apresentaram maior percentual de ligações com vulnerabilidade alta.

Nesta tese, como o nível de agregação menor foi observada a necessidade de simplificar a forma de análise, já que ao invés de 33 regiões administrativas são 160 bairros. Por isso, não foi considerada a análise separada na origem e no destino, mas sim uma média aritmética entre os níveis de vulnerabilidade e resiliência. Pela análise do nível de vulnerabilidade e resiliência por bairros, o resultado foi que as áreas mais vulneráveis foram as menos resilientes e vice-versa, mostrando uma correlação entre estes dois níveis.

Na análise por região administrativa, apresentada por Santos *et al.* (2020), foi discutido que as regiões administrativas Rocinha, Cidade de Deus e Paquetá (que nesse caso coincidem em serem bairros também) foram as piores de toda análise: apresentam os menores níveis de

resiliência e maiores de vulnerabilidade, na origem e destino. Nesta tese, em uma análise em nível mais desagregado, os bairros da Ilha de Paquetá e Rocinha continuaram a aparecer como os mais vulneráveis à ausência de integração tarifária e os menos resilientes.

A mudança no nível de agregação também afetou os resultados das regiões mais resilientes. No trabalho de Santos *et al.* (2020), as regiões mais resilientes concentravam-se na região costeira, destacando-se a Zona Sul, possivelmente pela facilidade de alcançar empregos no centro da cidade, um alto nível de renda e presença de transporte de massa. Ao diminuir o nível de agregação para bairro e utilizando o mesmo procedimento, percebeu-se que as regiões mais resilientes se concentram em bairros com uma alta oferta de empregos e em torno da zona central (localizadas mais ao norte da cidade) e próximas ao centro, mas não necessariamente os bairros que apresentaram maiores níveis de renda. A similaridade para as áreas mais resilientes, seja numa análise por região administrativa ou bairros é a presença de transporte de massa, a oferta de empregos e a facilidade de alcançar o centro da cidade que é responsável por 28% de todo emprego formal que a cidade oferece.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Conclusões

A resiliência é a capacidade de um sistema em continuar o seu funcionamento mesmo após uma ruptura. Analisando esse conceito sob a ótica de viagens motivados pelo emprego, a ameaça pode acontecer de várias formas. As ameaças mais comuns encontradas na literatura são relacionadas a desastres naturais (como enchentes e terremotos) e uma abordagem mais recente, que trata sobre os combustíveis fósseis. No entanto, pouco vem sendo discutido sob possíveis impactos em relação a mudanças econômicas que podem afetar os sistemas de transporte, especialmente aos países em desenvolvimento, como o Brasil.

Apesar do conceito bastante discutido na literatura, há lacunas quanto à forma de mensurar a resiliência. Nesta tese, foi escolhida a cidade do Rio de Janeiro e os 160 bairros para mensurar o nível de vulnerabilidade e resiliência considerando a ausência de integração tarifária no acesso aos empregos. Além disso, houve a preocupação de gerar um procedimento em que não há necessidade de pesquisa O-D (que não está disponível para a maioria das cidades brasileiras) mas que utiliza dados disponíveis em pesquisas censitárias e *Google API*, utilizando a lógica nebulosa como ferramenta.

A escolha da lógica nebulosa deve-se ao fato que essa ferramenta permite analisar problemas complexos, utilizando variáveis linguísticas, sem recorrer a métodos multicritérios que possam implicar na fixação de valores. Assim, foram obtidas duas matrizes que indicam o nível de resiliência e vulnerabilidade em cada par origem e destino. Cada matriz apresenta 25.600 *links*.

O procedimento foi inicialmente publicado no artigo de Santos *et al.* (2020) e conforme recomendado no artigo, esta tese utilizou uma menor agregação da escala geográfica. Com isso, foi necessário mudar a forma de análise para que ficasse mais claro o entendimento. Por isso, trabalhou-se com média e realizou-se uma análise separada dos bairros seguindo as 11 macrozonas da cidade.

Com o objetivo de analisar os 160 bairros da cidade do Rio de Janeiro, foi calculado o nível médio de vulnerabilidade e resiliência de cada um dos bairros da cidade. Essa análise difere do que foi apresentado em Santos *et al.* (2020), em que os autores analisaram o nível de resiliência e vulnerabilidade de forma separada na origem e no destino para as 33 regiões administrativas do Rio de Janeiro. Em uma análise mais desagregada, percebe-se que os níveis de resiliência e vulnerabilidade apresentam uma correlação negativa, diferente do que foi visto em uma análise mais agregada realizada por Santos *et al.* (2020).

Além de propor uma forma de medir o nível de resiliência, o método pode ser replicado em outras cidades brasileiras.

Os resultados desta tese servem de reflexão sobre as políticas de sustentabilidade e resiliência para a cidade do Rio de Janeiro. Os transportes de massa, como o trem urbano ou o sistema metroviário, auxiliam no aumento da resiliência e diminuição da vulnerabilidade. Outra diretriz que pode ser recomendada seria uma política de distribuição de empregos formais em áreas mais periféricas da cidade.

5.2 Implicações

O método aqui proposto pode ser aplicado em outras cidades para examinar os potenciais efeitos sobre a mobilidade urbana de outras ameaças, considerando as particularidades de cada cidade. Espera-se que o procedimento possa servir como um suporte a indicadores de mobilidade sustentável, e vice-versa, no sentido de desenvolver e implementar políticas que equilibram a manutenção e aprimoramento do meio vivido, para preservar a qualidade de vida das gerações futuras (sustentabilidade) e também criar condições resilientes para as gerações presentes, capacitando-os a responderem e se adaptarem a condições de estresses econômicos adversos que podem impactar a mobilidade urbana, com políticas de descentralização de postos de trabalho e redução da desigualdade socioeconômica da cidade, por exemplo.

Além disso, este trabalho aponta condições deficientes que estão relacionadas à relação dicotômica entre o crescimento econômico e o desenvolvimento sustentável das cidades na atualidade, especialmente a contínua expansão geográfica das cidades nos países em desenvolvimento. Neste contexto, os valores de resiliência tendem a aumentar perto das áreas costeiras e distritos comerciais centrais das cidades, gerando uma maior desigualdade socioespacial.

Outro ponto constatado é que em cidades como o Rio de Janeiro, os desafios não estão apenas relacionados à redução do tempo de viagem para pessoas que moram nos subúrbios por meio dos avanços tecnológicos disponíveis nos sistemas de transporte; eles também estão relacionados aos custos de transporte para aqueles considerados minorias políticas e grupos socioeconômicos vulneráveis que estão expostos e afetados por condições de mobilidade onerosas, que levam à redução da acessibilidade às oportunidades urbanas em termos de empregos, lazer, educação e serviços básicos.

5.3 Limitações e sugestões de trabalhos futuros

A análise de resiliência e vulnerabilidade considerada nesta tese pressupõe a ausência de subsídios para a utilização de mais de um meio de transporte público na cidade do Rio de Janeiro. Esse é apenas um dos aspectos que pode ser visto da perspectiva das ameaças econômicas nos países emergentes.

Para trabalhos futuros, recomenda-se uma replicação em outras cidades brasileiras para fins de comparação. Além disto, sugere-se um estudo sobre variáveis que possam ser utilizadas na medição do nível de vulnerabilidade e resiliência para ameaças de ordem econômica.

Outra recomendação de trabalhos futuros é analisar o impacto de diferentes políticas tarifárias que considerem a renda da população e verificar, através de cenários, como isto influencia no nível de resiliência e vulnerabilidade das regiões estudadas.

Por fim, analisando também a criação de cenários, pode-se sugerir a criação de empregos formais em áreas mais periféricas e verificar como isto altera a resiliência e vulnerabilidade frente a ameaças econômicas.

REFERÊNCIAS

- ABDRABO, M. A.; HASSAAN, M. A. An integrated framework for urban resilience to climate change – Case study: Sea level rise impacts on the Nile Delta coastal urban areas. **Urban Climate**, v. 14, Part 4, p. 554–565, 2015.
- ADJETEY-BAHUN, K.; BIRREGAH, B.; CH??TELET, E.; PLANCHET, J. L. A model to quantify the resilience of mass railway transportation systems. **Reliability Engineering and System Safety**, v. 153, p. 1–14, 2016.
- AERTS, J. C. J. H.; BOTZEN, W. J. W.; MOEL, H. DE; BOWMAN, M. Cost estimates for flood resilience and protection strategies in New York City. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1294, n. 1, p. 1–104, 2013.
- AHERN, J. From fail-safe to safe-to-fail: Sustainability and resilience in the new urban world. **Landscape and Urban Planning**, v. 100, n. 4, SI, p. 341–343, 2011.
- _____. Urban landscape sustainability and resilience: the promise and challenges of integrating ecology with urban planning and design. **Landscape Ecology**, v. 28, n. 6, p. 1203–1212, jul. 2013.
- AJIBADE, I. Can a future city enhance urban resilience and sustainability? A political ecology analysis of Eko Atlantic city, Nigeria. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 26, p. 85–92, 2017.
- AYTAC, D. O.; ARSLAN, T. V.; DURAK, S. Adaptive Reuse as A Strategy Toward Urban Resilience. **European Journal of Sustainable Development**, v. 5, n. 4, p. 523–532, 2016.
- AZOLIN, L. G.; RODRIGUES DA SILVA, A. N.; PINTO, N. Incorporating public transport in a methodology for assessing resilience in urban mobility. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 85, p. 102386, 2020.
- BARATA-SALGUEIRO, T.; ERKIP, F. Retail planning and urban resilience - An introduction to the special issue. **Cities**, v. 36, p. 107–111, 2014.
- BERCHE, B.; FERBER, C. VON; HOLOVATCH, T.; HOLOVATCH, Y. Resilience of public transport networks against attacks. **European Physical Journal B**, v. 71, n. 1, p. 125–137, 2009.
- BERDICA, K. An introduction to road vulnerability: What has been done, is done and should be done. **Transport Policy**, v. 9, n. 2, p. 117–127, 2002.
- BERTOLINI, L. Evolutionary urban transportation planning: An exploration. **Environment and Planning A**, v. 39, n. 8, p. 1998–2019, 2007.
- BOSCHETTI, F.; GAFFIER, C.; MOGLIA, M.; WALKE, I.; PRICE, J. Citizens' perception of the resilience of Australian cities. **Sustainability Science**, v. 12, n. 3, p. 345–364, 2017.
- BOSHER, L.; PENNING-ROUSELL, E.; TAPSELL, S. Resource accessibility and vulnerability in Andhra Pradesh: Caste and non-caste influences. **Development and Change**, v. 38, n. 4, p. 615–640, 2007.

BOTEQUILHA LEITÃO, A.; AHERN, J. Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning. **Landscape and Urban Planning**, v. 59, n. 2, p. 65–93, 2002.

BOZZA, A.; ASPRONE, D.; MANFREDI, G. Developing an integrated framework to quantify resilience of urban systems against disasters. **Natural Hazards**, v. 78, n. 3, p. 1729–1748, 2015.

BRASIL. **PLANMOB: Caderno de Referência para Elaboração de Plano de Mobilidade Urbana** Brasília Ministério das Cidades, , 2015.

BRUNEAU, M.; CHANG, S. E.; EGUCHI, R. T.; LEE, G. C.; O’ROURKE, T. D.; REINHORN, A. M.; SHINOZUKA, M.; TIERNEY, K.; WALLACE, W. A.; WINTERFELDT, D. VON. A Framework to Quantitatively Assess and Enhance the Seismic Resilience of Communities. **Earthquake Spectra**, v. 19, n. 4, p. 733–752, 2003.

CAMPANELLA, T. J. Urban resilience and the recovery of New Orleans. **Sustainable Cities and Society**, v. 72, n. 2, p. 141–146, 2006.

CASCHILI, S.; REGGIANI, A.; MEDDA, F. Resilience and Vulnerability of Spatial Economic Networks. **Networks and Spatial Economics**, v. 15, n. 2, p. 205–210, 2015.

CATS, O.; JENELIUS, E. Dynamic Vulnerability Analysis of Public Transport Networks: Mitigation Effects of Real-Time Information. **Networks and Spatial Economics**, v. 14, n. 3–4, p. 435–463, 2014.

CATS, O.; YAP, M.; OORT, N. VAN. Exposing the role of exposure: Public transport network risk analysis. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 88, p. 1–14, 2016.

CAVALLARO, M.; ASPRONE, D.; LATORA, V.; MANFREDI, G.; NICOSIA, V. Assessment of Urban Ecosystem Resilience through Hybrid Social-Physical Complex Networks. **Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering**, v. 29, n. 8, p. 608–625, 2014.

CCC. **How well prepared is the UK for climate change?** United Kingdom: [s.n.]. Disponível em: <<https://www.theccc.org.uk/>>.

CHAN, R.; SCHOFER, J. L. Measuring Transportation System Resilience: Response of Rail Transit to Weather Disruptions. **Natural Hazards Review**, v. 17, n. 1, p. 05015004, fev. 2016.

CHELLERI, L.; WATERS, J. J.; OLAZABAL, M.; MINUCCI, G. Resilience trade-offs: addressing multiple scales and temporal aspects of urban resilience. **Environment and Urbanization**, v. 27, n. 1, p. 181–198, 2015.

CHEN, L.; MILLER-HOOKS, E. Resilience: An Indicator of Recovery Capability in Intermodal Freight Transport. **Transportation Science**, v. 46, n. 1, p. 109–123, 2012.

CHMUTINA, K.; LIZARRALDE, G.; DAINTY, A.; BOSHER, L. Unpacking resilience policy discourse. **Cities**, v. 58, p. 70–79, 2016.

COAFFEE, J. Risk, resilience, and environmentally sustainable cities. **Energy Policy**, v. 36, n. 12, p. 4633–4638, 2008.

- COLDING, J.; BARTHEL, S. The potential of 'Urban Green Commons' in the resilience building of cities. **Ecological Economics**, v. 86, p. 156–166, 2013.
- COLLIER, M. J.; NEDOVIC-BUDIC, Z.; AERTS, J.; CONNOP, S.; FOLEY, D.; FOLEY, K.; NEWPORT, D.; MCQUAID, S.; SLAEV, A.; VERBURG, P. Transitioning to resilience and sustainability in urban communities. **Cities**, v. 32, n. 1, SI, p. S21–S28, jul. 2013.
- COSENZA, C.; SANDRES, G.; JUNIOR, P. S.; SIGGETE, E. CRFM: An application of the fuzzy logic in APELL programme. **International Journal of Safety and Security Engineering**, v. 6, n. 1, p. 63–72, 2016.
- CURY, M. V. Q. Método para avaliar a percepção do usuário sobre a qualidade de sistemas de transporte urbano sobre trilhos com utilização da tecnologia neuro-fuzzy. **Transportes**, v. XV, n. 1, p. 7–15, 2007.
- DAS, R. Approach for measuring transportation network resiliency: A case study on Dhaka, Bangladesh. **Case Studies on Transport Policy**, v. 8, n. 2, p. 586–592, 2020.
- DEBOOSERE, R.; EL-GENEIDY, A. Evaluating equity and accessibility to jobs by public transport across Canada. **Journal of Transport Geography**, v. 73, 2018.
- DESOUZA, K. C.; FLANERY, T. H. Designing, planning, and managing resilient cities: A conceptual framework. **Cities**, v. 35, 2013.
- DONOVAN, B.; WORK, D. B. Empirically quantifying city-scale transportation system resilience to extreme events. **Transportation Research Part C-Emerging Technologies**, v. 79, p. 333–346, jun. 2017.
- DUY, P. N.; CHAPMAN, L.; TIGHT, M. Resilient transport systems to reduce urban vulnerability to floods in emerging-coastal cities : A case study of Ho Chi Minh City , Vietnam. **Travel Behaviour and Society**, v. 15, n. July 2017, p. 28–43, 2019.
- EL-GENEIDY, A.; LEVINSON, D.; DIAB, E.; BOISJOLY, G.; VERBICH, D.; LOONG, C. The cost of equity: Assessing transit accessibility and social disparity using total travel cost. **TRANSPORTATION RESEARCH PART A-POLICY AND PRACTICE**, v. 91, p. 302–316, 2016.
- ERNSTSON, H.; LEEUW, S. E. V. DER; REDMAN, C. L.; MEFFERT, D. J.; DAVIS, G.; ALFSEN, C.; ELMQVIST, T. Urban transitions: On urban resilience and human-dominated ecosystems. **Ambio**, v. 39, n. 8, p. 531–545, 2010.
- FAIZI, S.; RASHID, T.; SAŁABUN, W.; ZAFAR, S.; WĄTRÓBSKI, J. Decision Making with Uncertainty Using Hesitant Fuzzy Sets. **International Journal of Fuzzy Systems**, v. 20, n. 1, p. 93–103, 2018.
- FERNANDES, V. A.; HENRÍQUEZ, C.; SOTO, C. L. Cidade para Viver ou Trabalhar? Contradições da Distribuição de Atividades, Transporte e Condições Sociais : Estudo de Caso. **Espaço Aberto**, v. 7, n. 2, p. 157–179, 2017.
- FERNANDES, V. A.; ROTHFUSS, R.; HOCHSCHILD, V.; RIBEIRO, W. Resiliência da mobilidade urbana : uma proposta conceitual e de sistematização. **Transportes**, v. 25, n. 2, p.

1–15, 2017.

FERNANDES, V. A.; ROTHFUSS, R.; HOCHSCHILD, V.; SILVA, M. A. V. DA; SILVA, W. R. DA; STEINIGER, S.; SANTOS, T. F. DOS. Urban resilience in the face of fossil fuel dependency: the case of Rio de Janeiro's urban mobility. **Urbe: Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 11, p. 1–19, 2019.

FERNANDES, V. A.; ROTHFUSS, R.; HOCHSCHILD, V.; SILVA, W. R. DA; SANTOS, M. P. DE S. **RESILIÊNCIA DA MOBILIDADE URBANA: UMA PROPOSTA CONCEITUAL** XXIX Congresso Nacional de Pesquisa em Transporte. **Anais...Ouro Preto: ANPET**, 2015

FOLKE, C. Resilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses. **Global Environmental Change**, v. 16, n. 3, p. 253–267, 2006.

FOLKE, C.; CARPENTER, S. R.; WALKER, B.; SCHEFFER, M.; CHAPIN, T.; ROCKSTRÖM, J. Resilience thinking: integrating resilience, adaptability and transformability. **Ecology & Society**, v. 15, n. 4, 2010.

FOLKE, C.; CARPENTER, S.; WALKER, B.; SCHEFFER, M.; ELMQVIST, T.; GUNDERSON, L.; HOLLING, C. S. Regime Shifts, Resilience, and Biodiversity in Ecosystem Management. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 35, n. 1, p. 557–581, 2004.

FRATINI, C. F.; GELDOF, G. D.; KLUCK, J.; MIKKELSEN, P. S. Three Points Approach (3PA) for urban flood risk management: A tool to support climate change adaptation through transdisciplinarity and multifunctionality. **Urban Water Journal**, v. 9, n. 5, p. 317–331, 2012.

FRECKLETON, D.; HEASLIP, K.; LOUISELL, W.; COLLURA, J. Evaluation of resiliency of transportation networks after disasters. **Transportation Research Record**, n. 2284, p. 109–116, 2012.

GAITANIDOU, E.; TSAMI, M.; BEKIARIS, E. A review of resilience management application tools in the transport sector. **Transportation Research Procedia**, v. 24, p. 235–240, 2017.

GALLAGHER, D.; CRUICKSHANK, H. Planning under new extremes: resilience and the most vulnerable. **Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Municipal Engineer**, v. 169, n. 3, p. 127–137, 2016.

GALLOPÍ, G. Linkages between vulnerability, resilience and adaptive capacity. **Global Environmental Change**, v. 16, p. 293–303, 2006.

GEURS, K. T.; WEE, B. VAN. Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions. **Journal of Transport Geography**, v. 12, n. 2, p. 127–140, 2004.

GIL, J.; STEINBACH, P. From flood risk to indirect flood impact: Evaluation of street network performance for effective management, response and repair. **WIT Transactions on Ecology and the Environment**, v. 118, p. 335–344, 2008.

GONZÁLEZ-MUZZIO, C. El rol del lugar y el capital social en la resiliencia comunitaria posdesastre. Aproximaciones mediante un estudio de caso después del terremoto del 27/F. **EURE**, v. 39, n. 117, p. 25–48, 2013.

GUZMAN, L. A.; OVIEDO, D.; CARDONA, R. Accessibility changes: Analysis of the integrated public transport system of Bogotá. **Sustainability (Switzerland)**, v. 10, n. 11, 2018.

HERNÁNDEZ, D. Activos y estructuras de oportunidades de movilidad. Una propuesta analítica para el estudio de la accesibilidad por transporte público, el bienestar y la equidad. **EURE**, v. 38, n. 115, p. 117–135, 2012.

HOLLING, C. S. Resilience and Stability of Ecological Systems. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 4, p. 1–23, 1973.

ILBEIGI, M. Statistical process control for analyzing resilience of transportation networks. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 33, n. October 2018, p. 155–161, 2019.

IPEA. **EFEITOS DA VARIAÇÃO DA TARIFA E DA RENDA DA POPULAÇÃO SOBRE A DEMANDA DE TRANSPORTE PÚBLICO COLETIVO URBANO NO BRASIL** (I. D. E. P. E. E. APLICADA, Ed.) Brasília, 2011.

_____. **ASPECTOS REGULATÓRIOS E CONCEITUAIS DAS POLÍTICAS TARIFÁRIAS DOS SISTEMAS DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO NO BRASIL** Brasília, 2016.

JABAREEN, Y. Planning the resilient city: Concepts and strategies for coping with climate change and environmental risk. **Cities**, v. 31, p. 220–229, 2013.

JAROSZWESKI, D.; HOOPER, E.; CHAPMAN, L. The impact of climate change on urban transport resilience in a changing world. **Progress in Physical Geography**, v. 38, n. 4, p. 448–463, 2014.

JENELIUS, E.; MATTSSON, L. G. Road network vulnerability analysis: Conceptualization, implementation and application. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 49, p. 136–147, 2015.

KERNAGHAN, S.; SILVA, J. DA. Initiating and sustaining action: Experiences building resilience to climate change in Asian cities. **Urban Climate**, v. 7, p. 47–63, 2014.

KIM, H.; SONG, Y. An integrated measure of accessibility and reliability of mass transit systems. **Transportation**, v. 45, n. 4, p. 1075–1100, 1 jul. 2018.

KNOOP, V. L.; SNELDER, M.; ZUYLEN, H. J. VAN; HOOGENDOORN, S. P. Link-level vulnerability indicators for real-world networks. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 46, n. 5, p. 843–854, 2012.

LANGRIDGE, R.; CHRISTIAN-SMITH, J.; LOHSE, K. A. Access and resilience: Analyzing the construction of social resilience to the threat of water scarcity. **Ecology and Society**, v. 11, n. 2, 2006.

LEICHENKO, R. Climate change and urban resilience. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 3, n. 3, p. 164–168, 2011.

- LEUNG, A.; BURKE, M.; CUI, J. The tale of two (very different) cities - Mapping the urban transport oil vulnerability of Brisbane and Hong Kong. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 65, n. November 2017, p. 796–816, 2017.
- LEUNG, A.; BURKE, M.; PERL, A.; CUI, J. The peak oil and oil vulnerability discourse in urban transport policy: A comparative discourse analysis of Hong Kong and Brisbane. **Transport Policy**, v. 65, n. March 2017, p. 5–18, 2018.
- LEVINSON, D. Network Structure and City Size. **PLoS ONE**, v. 7, n. 1, p. 1–25, 2012.
- LHOMME, S.; SERRE, D.; DIAB, Y.; LAGANIER, R. Analyzing resilience of urban networks: A preliminary step towards more flood resilient cities. **Natural Hazards and Earth System Science**, v. 13, n. 2, p. 221–230, 2013.
- LITMAN, T. Evaluating Accessibility for Transport Planning Measuring People ' s Ability to Reach Desired Goods and Activities. **Victoria Transport Policy Institute**, 2018.
- LU, P.; STEAD, D. Understanding the notion of resilience in spatial planning: A case study of Rotterdam, The Netherlands. **Cities**, v. 35, n. SI, p. 200–212, 2013.
- MARCHESE, D.; REYNOLDS, E.; BATES, M. E.; MORGAN, H.; CLARK, S. S.; LINKOV, I. Resilience and sustainability: Similarities and differences in environmental management applications. **Sci Total Environ**, v. 613–614, p. 1275–1283, 2018.
- MARTINS, M. C. DA M.; RODRIGUES DA SILVA, A. N.; PINTO, N. An indicator-based methodology for assessing resilience in urban mobility. **Transportation Research Part D**, v. 77, p. 352–363, 2019.
- MATTSSON, L. G.; JENELIUS, E. Vulnerability and resilience of transport systems - A discussion of recent research. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 81, p. 16–34, 2015.
- MCDANIELS, T.; CHANG, S.; COLE, D.; MIKAWOZ, J.; LONGSTAFF, H. Fostering resilience to extreme events within infrastructure systems: Characterizing decision contexts for mitigation and adaptation. **Global Environmental Change**, v. 18, n. 2, p. 310–318, 2008.
- MCMANUS, S.; SEVILLE, E.; BRUNSDON, D.; VARGO, J. Resilience management: A framework for assessing and improving the resilience of organisations executive summary. **Reserch Report - Resilient Organisations Programme**, p. 79, 2007.
- MCPHEARSON, T.; ANDERSSON, E.; ELMQVIST, T.; FRANTZESKAKI, N. Resilience of and through urban ecosystem services. **Ecosystem Services**, p. 1–5, 2014.
- MEEROW, S.; NEWELL, J. P.; STULTS, M. Defining urban resilience: A review. **Landscape and Urban Planning**, v. 147, p. 38–49, 2016.
- MEEROW, S.; PAJOUHESH, P.; MILLER, T. R. Social equity in urban resilience planning. **Local Environment**, v. 24, n. 9, p. 793–808, 2019.
- MELLO, A.; PORTUGAL, L. DA S. Um procedimento baseado na acessibilidade para a concepção de Planos Estratégicos de Mobilidade Urbana : o caso do Brasil. **EURE**, v. 43, n. 128, p. 99–125, 2017.

MULLER, M. Adapting to climate change: Water management for urban resilience. **Environment and Urbanization**, v. 19, n. 1, p. 99–113, 2007.

O'BRIEN, G. Vulnerability and Resilience in the European Energy System. **Energy & Environment**, v. 20, n. 3, p. 399–410, 2009.

OLAZABAL, M.; PASCUAL, U. Use of fuzzy cognitive maps to study urban resilience and transformation. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 18, p. 18–40, mar. 2016.

OLIVEIRA, E. L.; PORTUGAL, L. DA S.; PORTO JUNIOR, W. Indicators of reliability and vulnerability: Similarities and differences in ranking links of a complex road system. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 88, p. 195–208, 2016.

PEREIRA, R. H. M.; BANISTER, D.; SCHWANEN, T.; WESSEL, N. Distributional effects of transport policies on inequalities in access to opportunities in Rio de Janeiro. **Journal of Transport and Land Use**, v. 12, n. 1, p. 1–39, 2019.

PETERSON, G. D. Estimating Resilience Across Landscapes. **Ecology and Society**, v. 6, n. 1, p. 1–11, 2002.

PIZZO, B. Problematizing resilience: Implications for planning theory and practice. **Cities**, v. 43, p. 133–140, 2015.

RAJAK, S.; PARTHIBAN, P.; DHANALAKSHMI, R. Sustainable transportation systems performance evaluation using fuzzy logic. **Ecological Indicators**, v. 71, p. 503–513, 2016.

REGGIANI, A. Network resilience for transport security: Some methodological considerations. **Transport Policy**, v. 28, p. 63–68, 2013.

REGGIANI, A.; NIJKAMP, P.; LANZI, D. Transport resilience and vulnerability: The role of connectivity. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 81, p. 4–15, 2015.

RENDALL, S.; PAGE, S.; REITSMA, F.; HOUTEN, E. VAN; KRUMDIECK, S. Quantifying transport energy resilience: Active mode accessibility. **Transportation Research Record**, n. 2242, p. 72–80, 2011.

ROCKEFELLER, F. **Rio Resilient: Resilience Strategy of the City of Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: [s.n.].

_____. **Estratégia de Resiliência de Porto Alegre**. Porto Alegre: [s.n.].

_____. **100 Resilient Cities**. Disponível em: <<http://100resilientcities.org/>>. Acesso em: 10 out. 2018a.

_____. **Salvador Resiliente**. Disponível em: <<https://www.100resilientcities.org/cities/salvador>>. Acesso em: 10 out. 2018b.

ROGERS, C. D. F.; BOUCH, C. J.; WILLIAMS, S.; BARBER, A. R. G.; BAKER, C. J.; BRYSON, J. R.; CHAPMAN, D. N.; CHAPMAN, L.; COAFFEE, J.; JEFFERSON, I.; QUINN, A. D. Resistance and resilience – paradigms for critical local infrastructure. **Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Municipal Engineer**, v. 165, n. 2, p. 73–

83, 2012.

ROSE, A. Economic resilience to natural and man-made disasters: Multidisciplinary origins and contextual dimensions. **Environmental Hazards**, v. 7, n. 4, p. 383–398, 2007.

SALAŁUN, W. Reduction in the Number of Comparisons Required to Create Matrix of Expert Judgment in the Comet Method. **Management and Production Engineering Review**, v. 5, n. 3, p. 62–69, 2014.

SALAŁUN, W.; PALCZEWSKI, K.; WAŁTRÓBSKI, J. Multicriteria Approach to Sustainable Transport Evaluation under Incomplete Knowledge: Electric Bikes Case Study. **Sustainability**, v. 11, n. 12, p. 3314, 2019.

SÁNCHEZ, M. M. Security risk assessments in public transport networks. **Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit**, v. 225, n. 4, p. 417–424, 21 jul. 2011.

SANTOS, T.; SILVA, M. A.; FERNANDES, V. A.; MARSDEN, G. Resilience and Vulnerability of Public Transportation Fare Systems : The Case of the City of Rio De Janeiro , Brazil. **Sustainability (Switzerland)**, v. 12, n. 247, p. 1–22, 2020.

SCHEWENIUS, M.; MCPHEARSON, T.; ELMQVIST, T. Opportunities for Increasing Resilience and Sustainability of Urban Social-Ecological Systems: Insights from the URBES and the Cities and Biodiversity Outlook Projects. **AMBIO**, v. 43, n. 4, SI, p. 434–444, 2014.

SEELIGER, L.; TUROK, I. Towards sustainable cities: Extending resilience with insights from vulnerability and transition theory. **Sustainability (Switzerland)**, v. 5, n. 5, p. 2108–2128, 2013.

SELLBERG, M. M.; WILKINSON, C.; PETERSON, G. D. Resilience assessment: a useful approach to navigate urban sustainability challenges. **Ecology and Society**, v. 20, n. 1, 2015.

SHARIFI, A.; YAMAGATA, Y. Principles and criteria for assessing urban energy resilience: A literature review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 60, p. 1654–1677, 2016.

SHAW, K. The Rise of the Resilient Local Authority? **Local Government Studies**, v. 38, n. 3, p. 281–300, 2012.

SILVA, J. DA; KERNAGHAN, S.; LUQUE, A. A systems approach to meeting the challenges of urban climate change. **International Journal of Urban Sustainable Development**, v. 4, n. 2, p. 125–145, 2012.

SIMMIE, J.; MARTIN, R. The economic resilience of regions: towards an evolutionary approach. **Cambridge Journal of Regions, Economy and Society**, v. 3, n. January, p. 27–43, 2010.

SPAANS, M.; WATERHOUT, B. Building up resilience in cities worldwide – Rotterdam as participant in the 100 Resilient Cities Programme. **Cities**, v. 61, p. 109–116, 2017.

TA, C.; GOODCHILD, A. V.; IVANOV, B. Building resilience into freight transportation systems: Actions for state departments of transportation. **Transportation Research Record**, n. 2168, p. 129–135, 2010.

TA, C.; GOODCHILD, A. V; PITERA, K. Structuring a definition of resilience for the freight transportation system. **Transportation Research Record**, n. 2097, p. 19–25, 2009.

THURSTON, R. H. ON THE STRENGTH, ELASTICITY, DUCTILITY AND RESILIENCE OF MATEBIALS OF MACHINE CONSTRUCTION. **Journal of the Franklin Institute**, v. 97, n. 4, p. 273–288, 1874.

TROMEUR, E; MENARD, R.; BAILLY, J.-B.; SOULIE, C. Urban vulnerability and resilience within the context of climate change. **NATURAL HAZARDS AND EARTH SYSTEM SCIENCES**, v. 12, n. 5, p. 1811–1821, 2012.

TROMEUR, E.; MÉNARD, R.; BAILLY, J.-B.; SOULIÉ, C. Urban vulnerability and resilience within the context of climate change. **Natural Hazards and Earth System Science**, v. 12, n. 5, p. 1811–1821, 2012.

VALE, L. J. The politics of resilient cities: whose resilience and whose city? **Building Research & Information**, v. 42, n. 2, p. 191–201, 2013.

VINODH, S.; DEVADASAN, S. R. Twenty criteria based agility assessment using fuzzy logic approach. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 54, n. 9–12, p. 1219–1231, 2011.

WAMSLER, C.; BRINK, E.; RIVERA, C. Planning for climate change in urban areas: from theory to practice. **JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION**, v. 50, p. 68–81, jul. 2013.

WANG, C.-H.; CHEN, N.; CHAN, S.-L. A gravity model integrating high-speed rail and seismic-hazard mitigation through land-use planning: Application to California development. **Habitat International**, v. 62, p. 51–61, 2017.

WANG, J. W.; WANG, H. F.; ZHOU, Y. M.; WANG, Y.; ZHANG, W. J. On an integrated approach to resilient transportation systems in emergency situations. **Natural Computing**, 2 jan. 2017.

WANG, Q.; TAYLOR, J. E. Patterns and limitations of urban human mobility resilience under the influence of multiple types of natural disaster. **PLoS ONE**, v. 11, n. 1, p. 1–14, 2016.

WARDEKKER, J. A.; JONG, A. DE; KNOOP, J. M.; SLUIJS, J. P. VAN DER. Operationalising a resilience approach to adapting an urban delta to uncertain climate changes. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 77, n. 6, p. 987–998, jul. 2010.

YAGER, R. R. Simultaneous solution of fuzzy models: an application to economic equilibrium analysis. **Fuzzy Sets and Systems**, v. 115, p. 339–349, 2000.

YANG, Y.; NG, S. T.; XU, F. J.; SKITMORE, M. Towards sustainable and resilient high density cities through better integration of infrastructure networks. **Sustainable Cities and Society**, v. 42, n. July, p. 407–422, 2018.

ZHANG, X.; LI, H. Urban resilience and urban sustainability: What we know and what do not know? **Cities**, v. 72, n. December 2016, p. 141–148, 2018.

ZHAO, P.; CHAPMAN, R.; RANDAL, E.; HOWDEN-CHAPMAN, P. Understanding resilient urban futures: A systemic modelling approach. **Sustainability (Switzerland)**, v. 5, n. 7, p.

3202–3223, 2013.

ZUPIC, I.; ČATER, T. Bibliometric Methods in Management and Organization. **Organizational Research Methods**, v. 18, n. 3, p. 429–472, 2015.

APÊNDICE A – Blocos de Inferência

Bloco de Inferência 1 -Potencial de Uso

Name='potencialuso'
Type='mamdani'
Version=2.0
NumInputs=2
NumOutputs=1
NumRules=30
AndMethod='min'
OrMethod='max'
ImpMethod='min'
AggMethod='max'
DefuzzMethod='centroid'

[Input1]

Name='empregodestino'
Range=[0 630000]
NumMFs=6
MF1='muitobaixo': 'trapmf',[0 0 9692 19380]
MF2='baixo': 'trapmf',[19380 22290 31980 33920]
MF3='medio': 'trapmf',[31980 33920 58150 67850]
MF4='alto': 'trapmf',[67850 77540 116300 135700]
MF5='muitoalto': 'trapmf',[126000 135700 339200 436200]
MF6='extremamentealto': 'trapmf',[387700 436200 630000 630000]

[Input2]

Name='populacaoorigem'
Range=[0 232300]
NumMFs=5
MF1='muitobaixa': 'trapmf',[0 0 38720 46460]
MF2='baixa': 'trapmf',[38720 46460 85180 92920]
MF3='media': 'trapmf',[85180 92920 131600 139400]
MF4='alta': 'trapmf',[131600 139400 178100 185800]
MF5='muitoalta': 'trapmf',[178100 185800 232300 232300]

[Output1]

Name='PotencialUso'
Range=[0 1]
NumMFs=5
MF1='muitobaixo': 'gaussmf',[0.1062 0]
MF2='baixo': 'gaussmf',[0.1062 0.25]
MF3='medio': 'gaussmf',[0.1062 0.5]
MF4='alto': 'gaussmf',[0.1062 0.75]
MF5='muitoalto': 'gaussmf',[0.1062 1]

Bloco de Inferência 2 -Impedância

Name='impedancia'
Type='mamdani'

Version=2.0
NumInputs=2
NumOutputs=1
NumRules=25
AndMethod='min'
OrMethod='max'
ImpMethod='min'
AggMethod='max'
DefuzzMethod='centroid'

[Input1]
Name='tempo'
Range=[0 28500]
NumMFs=5
MF1='muitobaixo': 'trapmf',[0 0 2111 3167]
MF2='baixo': 'trapmf',[2639 3167 6333 7389]
MF3='medio': 'trapmf',[6333 7917 10560 12670]
MF4='alto': 'trapmf',[11080 12670 15830 17420]
MF5='muitoalto': 'trapmf',[15830 19000 28500 28500]

[Input2]
Name='oportunidadesintervenientes'
Range=[0 2263000]
NumMFs=5
MF1='muitobaixa': 'trapmf',[-507000 -54100 188000 386156.554712893]
MF2='baixa': 'trapmf',[216983.206933911 357000 567000 734000]
MF3='media': 'trapmf',[622000 737000 984000 1160921.45178765]
MF4='alta': 'trapmf',[1050000 1160000 1420000 1582628.92741062]
MF5='muitoalta': 'trapmf',[1490000 1615000 2263000 2263000]

[Output1]
Name='impedancia'
Range=[0 1]
NumMFs=5
MF1='muitobaixa': 'gaussmf',[0.1062 0]
MF2='baixa': 'gaussmf',[0.1062 0.25]
MF3='media': 'gaussmf',[0.1062 0.5]
MF4='alta': 'gaussmf',[0.1062 0.75]
MF5='muitoalta': 'gaussmf',[0.1062 0.998916576381365]

Bloco de Inferência 3 – Nível de Fluxo

Name='nivelfluxo'
Type='mamdani'
Version=2.0
NumInputs=2
NumOutputs=1
NumRules=25
AndMethod='min'
OrMethod='max'

ImpMethod='min'
AggMethod='max'
DefuzzMethod='centroid'

[Input1]
Name='potencialdeuso'
Range=[0 0.92]
NumMFs=5
MF1='muitobaixo':gaussmf,[0.0977 0]
MF2='baixo':gaussmf,[0.0977 0.23]
MF3='medio':gaussmf,[0.0977 0.46]
MF4='alto':gaussmf,[0.0977 0.69]
MF5='muitoalto':gaussmf,[0.0977 0.92]

[Input2]
Name='impedancia'
Range=[0 0.92]
NumMFs=5
MF1='muitobaixa':gaussmf,[0.0977 0]
MF2='baixa':gaussmf,[0.0977 0.23]
MF3='media':gaussmf,[0.0977 0.46]
MF4='alta':gaussmf,[0.0977 0.69]
MF5='muitoalta':gaussmf,[0.0977 0.92]

[Output1]
Name='niveldefluxo'
Range=[0 1]
NumMFs=5
MF1='muitobaixo':gaussmf,[0.1062 0]
MF2='baixo':gaussmf,[0.1062 0.25]
MF3='medio':gaussmf,[0.1062 0.5]
MF4='alto':gaussmf,[0.1062 0.751083423618635]
MF5='muitoalto':gaussmf,[0.1062 1]

Bloco de Inferência 4 – Acessibilidade

Name='acessibilidade'
Type='mamdani'
Version=2.0
NumInputs=2
NumOutputs=1
NumRules=36
AndMethod='min'
OrMethod='max'
ImpMethod='min'
AggMethod='max'
DefuzzMethod='centroid'

[Input1]

Name='emprego1tarifa'
Range=[184 1770000]
NumMFs=6
MF1='muitobaixo':'trapmf',[184 184 27420 54640]
MF2='baixo':'trapmf',[54640 62810 90030 95480]
MF3='medio':'trapmf',[90030 95480 163600 190800]
MF4='alto':'trapmf',[190800 218000 326900 381300]
MF5='muitoalto':'trapmf',[354100 381300 953200 1225000]
MF6='extremamentealto':'trapmf',[1089000 1225000 1770000 1770000]

[Input2]
Name='emprego60min'
Range=[0 1830000]
NumMFs=6
MF1='muitobaixo':'trapmf',[0 0 28160 56310]
MF2='baixo':'trapmf',[56310 64760 92910 98530]
MF3='medio':'trapmf',[92910 98530 168900 197100]
MF4='alto':'trapmf',[197100 225300 337900 394100]
MF5='extremamentealto':'trapmf',[1126000 1267000 1830000 1830000]
MF6='muitoalto':'trapmf',[366000 394100 985300 1267000]

[Output1]
Name='acessibilidade'
Range=[0 1]
NumMFs=5
MF1='muitobaixa':'gaussmf',[0.1062 0]
MF2='baixa':'gaussmf',[0.1062 0.25]
MF3='medio':'gaussmf',[0.1062 0.5]
MF4='alta':'gaussmf',[0.1062 0.75]
MF5='muitoalta':'gaussmf',[0.1062 1]

Bloco de Inferência 5 – Efeito da Integração

Name='efeitointegracao2'
Type='mamdani'
Version=2.0
NumInputs=2
NumOutputs=1
NumRules=30
AndMethod='min'
OrMethod='max'
ImpMethod='min'
AggMethod='max'
DefuzzMethod='centroid'

[Input1]
Name='renda'
Range=[0 16907]
NumMFs=5
MF1='muitobaixa':'trapmf',[0 0 1796 2699]

MF2='baixa':'trapmf',[1796 2699 4496 5394]
MF3='media':'trapmf',[4496 5394 8991 9894]
MF4='alta':'trapmf',[8991 9894 12590 13490]
MF5='muitoalta':'trapmf',[12590 13490 16910 16910]

[Input2]

Name='DifTarifaria'
Range=[0 6.65]
NumMFs=6
MF1='nula':'trimf',[-0.7389 0 0.03694]
MF2='baixa':'trapmf',[0.3694 0.5172 0.8867 1.034]
MF3='media':'trapmf',[0.8867 1.034 1.552 1.773]
MF4='alta':'trapmf',[1.478 1.699 2.66 3.103]
MF5='muitoalta':'trapmf',[2.956 3.694 7.544 7.544]
MF6='muitobaixa':'trapmf',[0.07389 0.2217 0.3694 0.4433]

[Output1]

Name='efeitointegracao'
Range=[0 1]
NumMFs=6
MF1='naoexiste':'trimf',[-0.25 0 0.01]
MF2='baixa':'gaussmf',[0.1062 0.25]
MF3='media':'gaussmf',[0.1062 0.5]
MF4='alta':'gaussmf',[0.1062 0.75]
MF5='muitoalta':'gaussmf',[0.1062 1]
MF6='muitobaixa':'gaussmf',[0.1062 0]

Bloco de Inferência 6 – Socioeconômico

Name='socioeconomico'
Type='mamdani'
Version=2.0
NumInputs=2
NumOutputs=1
NumRules=30
AndMethod='min'
OrMethod='max'
ImpMethod='min'
AggMethod='max'
DefuzzMethod='centroid'

[Input1]

Name='empregoorigem'
Range=[0 630000]
NumMFs=6
MF1='muitobaixo':'trapmf',[0 0 14670 19380]
MF2='baixo':'trapmf',[19380 19450 31980 33920]
MF3='medio':'trapmf',[33340 38560 66590 69200]
MF4='alto':'trapmf',[65180 76760 115300 129900]

MF5='muitoalto':'trapmf',[126000 135700 339200 436200]
MF6='extremamentealto':'trapmf',[387700 436200 630000 630000]

[Input2]

Name='IDS'

Range=[0.28 0.82]

NumMFs=5

MF1='muitobaixo':'trapmf',[0.28 0.28 0.3375 0.3662]

MF2='baixo':'trapmf',[0.3375 0.3662 0.4237 0.4522]

MF3='medio':'trapmf',[0.4237 0.4522 0.5672 0.5959]

MF4='alto':'trapmf',[0.5672 0.5959 0.6821 0.7108]

MF5='muitoalto':'trapmf',[0.6821 0.7108 0.82 0.82]

[Output1]

Name='socioeconomica'

Range=[0 1]

NumMFs=5

MF1='muitobaixo':'gaussmf',[0.1062 0]

MF2='baixo':'gaussmf',[0.1062 0.25]

MF3='medio':'gaussmf',[0.1062 0.5]

MF4='alto':'gaussmf',[0.1062 0.75]

MF5='muitoalto':'gaussmf',[0.1062 1]

Bloco de Inferência 7 – Vulnerabilidade

Name='vulnerabilidade'

Type='mamdani'

Version=2.0

NumInputs=2

NumOutputs=1

NumRules=25

AndMethod='min'

OrMethod='max'

ImpMethod='min'

AggMethod='max'

DefuzzMethod='centroid'

[Input1]

Name='socioeconomica'

Range=[0 1]

NumMFs=5

MF1='muitobaixa':'gaussmf',[0.1062 0]

MF2='baixa':'gaussmf',[0.1062 0.25]

MF3='media':'gaussmf',[0.1062 0.5]

MF4='alta':'gaussmf',[0.1062 0.75]

MF5='muitoalta':'gaussmf',[0.1062 1]

[Input2]

Name='EfeitoIntegracao'

Range=[0 1]

```
NumMFs=5
MF1='naoexiste':'trimf',[-0.1111 0 0.01111]
MF2='baixa':'trapmf',[0.0165 0.059 0.220476706392199 0.281]
MF3='media':'trapmf',[0.237 0.295 0.462 0.530335861321777]
MF4='alta':'trapmf',[0.478 0.551 0.713 0.775189599133261]
MF5='muitoalta':'trapmf',[0.729 0.819 1 1.13]
```

```
[Output1]
Name='vulnerabilidade'
Range=[0 1]
NumMFs=5
MF1='naoexiste':'trimf',[-0.25 0 0.01]
MF2='baixa':'gaussmf',[0.1062 0.25]
MF3='media':'gaussmf',[0.1062 0.501083423618635]
MF4='alta':'gaussmf',[0.1062 0.75]
MF5='muitoalta':'gaussmf',[0.1062 1]
```

Bloco de Inferência 8 – Resiliência (Vulnerabilidade x Acessibilidade)

```
Name='res_vul_aces'
Type='mamdani'
Version=2.0
NumInputs=2
NumOutputs=1
NumRules=30
AndMethod='min'
OrMethod='max'
ImpMethod='min'
AggMethod='max'
DefuzzMethod='centroid'
```

```
[Input1]
Name='vulnerabilidade'
Range=[0 1]
NumMFs=6
MF1='muitoabaixo':'trapmf',[0.0011 0.061 0.138 0.1977]
MF2='baixo':'trapmf',[0.04867 0.2012 0.2988 0.4513]
MF3='medio':'trapmf',[0.2987 0.4512 0.5488 0.7013]
MF4='alto':'trapmf',[0.5487 0.7012 0.7988 0.9513]
MF5='muitoalto':'trapmf',[0.7987 0.9512 1.049 1.201]
MF6='inexistente':'trimf',[0 0 0]
```

```
[Input2]
Name='acessibilidade'
Range=[0 1]
NumMFs=5
MF1='muitoabaixo':'gaussmf',[0.1062 0]
MF2='baixo':'gaussmf',[0.1062 0.25]
MF3='medio':'gaussmf',[0.1062 0.5]
MF4='alto':'gaussmf',[0.1062 0.75]
```


MF5='muitoalto':'gaussmf',[0.1062 1]

[Output1]

Name='resiliencia1'

Range=[0 1]

NumMFs=6

MF1='muitobaixo':'gaussmf',[0.1062 0]

MF2='baixo':'gaussmf',[0.1062 0.25]

MF3='medio':'gaussmf',[0.1062 0.5]

MF4='alto':'gaussmf',[0.1062 0.75]

MF5='muitoalto':'gaussmf',[0.1062 1]

MF6='maxima':'trimf',[1 1 1]

Bloco de Inferência 9 – Resiliência (Vulnerabilidade x Potencial de Fluxo)

Name='res_vul_fluxo'

Type='mamdani'

Version=2.0

NumInputs=2

NumOutputs=1

NumRules=30

AndMethod='min'

OrMethod='max'

ImpMethod='min'

AggMethod='max'

DefuzzMethod='centroid'

[Input1]

Name='vulnerabilidade'

Range=[0 1]

NumMFs=6

MF1='muitobaixo':'trapmf',[0.0011 0.061 0.138 0.1977]

MF2='baixo':'trapmf',[0.04867 0.2012 0.2988 0.4513]

MF3='medio':'trapmf',[0.2987 0.4512 0.5488 0.7013]

MF4='alto':'trapmf',[0.5487 0.7012 0.7988 0.9513]

MF5='muitoalto':'trapmf',[0.7987 0.9512 1.049 1.201]

MF6='inexistente':'trimf',[0 0 0]

[Input2]

Name='potencialfluxo'

Range=[0 1]

NumMFs=5

MF1='muitobaixo':'gaussmf',[0.1062 0]

MF2='baixo':'gaussmf',[0.1062 0.25]

MF3='medio':'gaussmf',[0.1062 0.5]

MF4='alto':'gaussmf',[0.1062 0.75]

MF5='muitoalto':'gaussmf',[0.1062 1]

[Output1]

Name='resiliencia3'

```
Range=[0 1]
NumMFs=6
MF1='muitobaixo':'gausmf',[0.1062 0]
MF2='baixo':'gausmf',[0.1062 0.25]
MF3='medio':'gausmf',[0.1062 0.5]
MF4='alto':'gausmf',[0.1062 0.75]
MF5='muitoalto':'gausmf',[0.1062 1]
MF6='maxima':'trimf',[1 1 1]
```

APÊNDICE B – Regras da Lógica Nebulosa

BI-1	BI-2	BI-3	BI-4	BI-5	BI-6	BI-7	BI-8	BI-9
A \wedge B \rightarrow C (FC)	A \wedge B \rightarrow C (FC)	A \wedge B \rightarrow C (FC)	A \wedge B \rightarrow C (FC)	A \wedge B \rightarrow C (FC)	A \wedge B \rightarrow C (FC)	A \wedge B \rightarrow C (FC)	A \wedge B \rightarrow C (FC)	A \wedge B \rightarrow C (FC)
1 \wedge 1 \rightarrow 1 -1	1 \wedge 1 \rightarrow 1 -1	1 \wedge 1 \rightarrow 2 (0.9)	1 \wedge 1 \rightarrow 1 -1	1 \wedge 1 \rightarrow 1 -1	1 \wedge 1 \rightarrow 1 -1	1 \wedge 1 \rightarrow 4 -1	1 \wedge 1 \rightarrow 3 (0.8)	1 \wedge 1 \rightarrow 5 -1
1 \wedge 2 \rightarrow 1 (0.95)	1 \wedge 2 \rightarrow 1 (0.95)	1 \wedge 2 \rightarrow 2 (0.95)	1 \wedge 2 \rightarrow 1 (0.95)	1 \wedge 2 \rightarrow 4 -1	1 \wedge 2 \rightarrow 1 (0.95)	2 \wedge 1 \rightarrow 3 (0.9)	1 \wedge 2 \rightarrow 3 (0.85)	1 \wedge 2 \rightarrow 5 (0.95)
1 \wedge 3 \rightarrow 2 (0.85)	1 \wedge 3 \rightarrow 2 (0.85)	1 \wedge 3 \rightarrow 2 -1	1 \wedge 3 \rightarrow 2 (0.95)	1 \wedge 3 \rightarrow 5 (0.9)	1 \wedge 3 \rightarrow 2 (0.85)	3 \wedge 1 \rightarrow 2 -1	1 \wedge 3 \rightarrow 4 (0.95)	1 \wedge 3 \rightarrow 4 (0.9)
1 \wedge 4 \rightarrow 3 (0.7)	1 \wedge 4 \rightarrow 3 (0.7)	1 \wedge 4 \rightarrow 1 (0.95)	1 \wedge 4 \rightarrow 2 (0.8)	1 \wedge 4 \rightarrow 5 (0.95)	1 \wedge 4 \rightarrow 3 (0.7)	4 \wedge 1 \rightarrow 6 (0.95)	1 \wedge 4 \rightarrow 5 (0.95)	1 \wedge 4 \rightarrow 4 -1
1 \wedge 5 \rightarrow 3 (0.8)	1 \wedge 5 \rightarrow 3 (0.8)	1 \wedge 5 \rightarrow 1 -1	1 \wedge 5 \rightarrow 4 (0.8)	1 \wedge 5 \rightarrow 5 -1	1 \wedge 5 \rightarrow 3 (0.8)	5 \wedge 1 \rightarrow 6 -1	1 \wedge 5 \rightarrow 5 -1	1 \wedge 5 \rightarrow 4 (0.95)
2 \wedge 1 \rightarrow 2 (0.95)	2 \wedge 1 \rightarrow 1 (0.95)	2 \wedge 1 \rightarrow 3 (0.85)	1 \wedge 6 \rightarrow 3 (0.7)	1 \wedge 6 \rightarrow 4 (0.95)	2 \wedge 1 \rightarrow 2 (0.95)	1 \wedge 2 \rightarrow 4 -1	2 \wedge 1 \rightarrow 3 (0.85)	2 \wedge 1 \rightarrow 5 (0.85)
2 \wedge 2 \rightarrow 2 -1	2 \wedge 2 \rightarrow 2 -1	2 \wedge 2 \rightarrow 3 (0.9)	2 \wedge 1 \rightarrow 1 (0.95)	2 \wedge 1 \rightarrow 1 -1	2 \wedge 2 \rightarrow 2 -1	2 \wedge 2 \rightarrow 3 (0.95)	2 \wedge 2 \rightarrow 3 (0.9)	2 \wedge 2 \rightarrow 5 (0.8)
2 \wedge 3 \rightarrow 2 (0.9)	2 \wedge 3 \rightarrow 2 (0.9)	2 \wedge 3 \rightarrow 3 (0.95)	2 \wedge 2 \rightarrow 2 -1	2 \wedge 2 \rightarrow 3 (0.9)	2 \wedge 3 \rightarrow 2 (0.9)	3 \wedge 2 \rightarrow 3 -1	2 \wedge 3 \rightarrow 4 (0.9)	2 \wedge 3 \rightarrow 4 (0.9)
2 \wedge 4 \rightarrow 3 (0.9)	2 \wedge 4 \rightarrow 3 (0.9)	2 \wedge 4 \rightarrow 2 (0.85)	2 \wedge 3 \rightarrow 3 (0.85)	2 \wedge 3 \rightarrow 4 (0.9)	2 \wedge 4 \rightarrow 3 (0.9)	4 \wedge 2 \rightarrow 2 -1	2 \wedge 4 \rightarrow 4 -1	2 \wedge 4 \rightarrow 4 (0.85)
2 \wedge 5 \rightarrow 4 (0.8)	2 \wedge 5 \rightarrow 4 (0.8)	2 \wedge 5 \rightarrow 1 (0.95)	2 \wedge 4 \rightarrow 3 (0.95)	2 \wedge 4 \rightarrow 5 (0.9)	2 \wedge 5 \rightarrow 4 (0.8)	5 \wedge 2 \rightarrow 6 (0.95)	2 \wedge 5 \rightarrow 5 (0.95)	2 \wedge 5 \rightarrow 4 (0.8)
3 \wedge 1 \rightarrow 2 (0.85)	3 \wedge 1 \rightarrow 2 (0.85)	3 \wedge 1 \rightarrow 4 (0.85)	2 \wedge 5 \rightarrow 4 (0.85)	2 \wedge 5 \rightarrow 5 (0.95)	3 \wedge 1 \rightarrow 2 (0.85)	1 \wedge 3 \rightarrow 5 (0.85)	3 \wedge 1 \rightarrow 2 (0.95)	3 \wedge 1 \rightarrow 4 (0.95)
3 \wedge 2 \rightarrow 2 (0.9)	3 \wedge 2 \rightarrow 2 (0.9)	3 \wedge 2 \rightarrow 4 (0.8)	2 \wedge 6 \rightarrow 4 (0.7)	3 \wedge 2 \rightarrow 3 (0.85)	3 \wedge 2 \rightarrow 3 (0.9)	2 \wedge 3 \rightarrow 4 -1	3 \wedge 2 \rightarrow 2 (0.9)	3 \wedge 2 \rightarrow 3 (0.95)
3 \wedge 3 \rightarrow 3 -1	3 \wedge 3 \rightarrow 3 -1	3 \wedge 3 \rightarrow 3 -1	3 \wedge 1 \rightarrow 2 (0.95)	3 \wedge 1 \rightarrow 1 -1	3 \wedge 3 \rightarrow 3 -1	3 \wedge 3 \rightarrow 4 -1	3 \wedge 3 \rightarrow 3 -1	3 \wedge 3 \rightarrow 3 -1
3 \wedge 4 \rightarrow 3 (0.95)	3 \wedge 4 \rightarrow 3 (0.95)	3 \wedge 4 \rightarrow 3 (0.8)	3 \wedge 2 \rightarrow 3 (0.85)	3 \wedge 2 \rightarrow 2 (0.9)	3 \wedge 4 \rightarrow 3 (0.95)	4 \wedge 3 \rightarrow 3 -1	3 \wedge 4 \rightarrow 3 (0.95)	3 \wedge 4 \rightarrow 2 (0.9)
3 \wedge 5 \rightarrow 4 (0.9)	3 \wedge 5 \rightarrow 4 (0.9)	3 \wedge 5 \rightarrow 2 (0.85)	3 \wedge 3 \rightarrow 3 -1	3 \wedge 3 \rightarrow 3 -1	3 \wedge 5 \rightarrow 4 (0.9)	5 \wedge 3 \rightarrow 3 -1	3 \wedge 5 \rightarrow 4 (0.95)	3 \wedge 5 \rightarrow 2 (0.95)
4 \wedge 1 \rightarrow 3 (0.7)	4 \wedge 1 \rightarrow 2 (0.7)	4 \wedge 1 \rightarrow 5 (0.95)	3 \wedge 4 \rightarrow 3 (0.95)	3 \wedge 4 \rightarrow 3 (0.95)	4 \wedge 1 \rightarrow 3 (0.7)	1 \wedge 4 \rightarrow 5 (0.95)	4 \wedge 1 \rightarrow 1 (0.95)	4 \wedge 1 \rightarrow 3 (0.85)
4 \wedge 2 \rightarrow 3 (0.9)	4 \wedge 2 \rightarrow 3 (0.9)	4 \wedge 2 \rightarrow 4 (0.85)	3 \wedge 5 \rightarrow 4 (0.95)	3 \wedge 5 \rightarrow 4 (0.95)	4 \wedge 2 \rightarrow 3 (0.9)	2 \wedge 4 \rightarrow 5 (0.9)	4 \wedge 2 \rightarrow 2 -1	4 \wedge 2 \rightarrow 2 (0.85)
4 \wedge 3 \rightarrow 3 (0.95)	4 \wedge 3 \rightarrow 3 (0.95)	4 \wedge 3 \rightarrow 4 (0.8)	3 \wedge 6 \rightarrow 4 (0.9)	3 \wedge 6 \rightarrow 2 (0.95)	4 \wedge 3 \rightarrow 4 (0.95)	3 \wedge 4 \rightarrow 4 -1	4 \wedge 3 \rightarrow 2 (0.9)	4 \wedge 3 \rightarrow 2 (0.9)
4 \wedge 4 \rightarrow 4 -1	4 \wedge 4 \rightarrow 4 -1	4 \wedge 4 \rightarrow 3 (0.9)	4 \wedge 1 \rightarrow 2 (0.8)	4 \wedge 1 \rightarrow 1 -1	4 \wedge 4 \rightarrow 4 -1	4 \wedge 4 \rightarrow 3 -1	4 \wedge 4 \rightarrow 2 (0.85)	4 \wedge 5 \rightarrow 1 (0.9)
4 \wedge 5 \rightarrow 5 (0.8)	4 \wedge 5 \rightarrow 5 (0.9)	4 \wedge 5 \rightarrow 3 (0.75)	4 \wedge 2 \rightarrow 3 (0.9)	4 \wedge 2 \rightarrow 2 -1	4 \wedge 5 \rightarrow 5 (0.8)	5 \wedge 4 \rightarrow 3 -1	4 \wedge 5 \rightarrow 3 (0.85)	4 \wedge 5 \rightarrow 1 (0.95)
5 \wedge 1 \rightarrow 3 (0.8)	5 \wedge 1 \rightarrow 3 (0.8)	5 \wedge 1 \rightarrow 5 -1	4 \wedge 3 \rightarrow 3 (0.95)	4 \wedge 3 \rightarrow 2 (0.9)	5 \wedge 1 \rightarrow 3 (0.8)	1 \wedge 5 \rightarrow 5 -1	5 \wedge 1 \rightarrow 1 -1	5 \wedge 1 \rightarrow 3 (0.8)
5 \wedge 2 \rightarrow 4 (0.8)	5 \wedge 2 \rightarrow 4 (0.8)	5 \wedge 2 \rightarrow 5 (0.95)	4 \wedge 4 \rightarrow 4 -1	4 \wedge 4 \rightarrow 2 (0.85)	5 \wedge 2 \rightarrow 3 (0.7)	2 \wedge 5 \rightarrow 5 (0.95)	5 \wedge 2 \rightarrow 1 (0.95)	5 \wedge 2 \rightarrow 2 (0.8)
5 \wedge 3 \rightarrow 4 (0.9)	5 \wedge 3 \rightarrow 4 (0.9)	5 \wedge 3 \rightarrow 4 (0.95)	4 \wedge 5 \rightarrow 5 (0.85)	4 \wedge 5 \rightarrow 3 (0.85)	5 \wedge 3 \rightarrow 4 (0.9)	3 \wedge 5 \rightarrow 4 -1	5 \wedge 3 \rightarrow 2 (0.95)	5 \wedge 3 \rightarrow 2 (0.95)
5 \wedge 4 \rightarrow 5 (0.8)	5 \wedge 4 \rightarrow 5 (0.9)	5 \wedge 4 \rightarrow 4 (0.9)	4 \wedge 6 \rightarrow 5 (0.8)	4 \wedge 6 \rightarrow 6 (0.95)	5 \wedge 4 \rightarrow 5 (0.8)	4 \wedge 5 \rightarrow 4 -1	5 \wedge 4 \rightarrow 2 (0.8)	5 \wedge 4 \rightarrow 2 (0.95)
5 \wedge 5 \rightarrow 5 (0.85)	5 \wedge 5 \rightarrow 5 -1	5 \wedge 5 \rightarrow 4 (0.85)	5 \wedge 1 \rightarrow 3 (0.7)	5 \wedge 1 \rightarrow 1 -1	5 \wedge 5 \rightarrow 5 (0.85)	5 \wedge 5 \rightarrow 4 -1	5 \wedge 5 \rightarrow 3 (0.8)	5 \wedge 5 \rightarrow 1 -1
6 \wedge 1 \rightarrow 4 (0.85)	A: Tempo	A: Pot de uso	5 \wedge 2 \rightarrow 3 (0.7)	5 \wedge 2 \rightarrow 6 (0.95)	6 \wedge 1 \rightarrow 4 (0.85)	1 \wedge 6 \rightarrow 1 -1	6 \wedge 1 \rightarrow 6 -1	6 \wedge 1 \rightarrow 6 -1
6 \wedge 2 \rightarrow 4 (0.95)	B: Oport Interv	B: Impedância	5 \wedge 3 \rightarrow 4 (0.9)	5 \wedge 3 \rightarrow 2 (0.95)	6 \wedge 2 \rightarrow 4 (0.95)	2 \wedge 6 \rightarrow 1 -1	6 \wedge 2 \rightarrow 6 -1	6 \wedge 2 \rightarrow 6 -1
6 \wedge 3 \rightarrow 5 (0.85)	C: Impedância	C: Nível de Fluxo	5 \wedge 4 \rightarrow 5 (0.8)	5 \wedge 4 \rightarrow 2 (0.8)	6 \wedge 3 \rightarrow 5 (0.85)	3 \wedge 6 \rightarrow 1 -1	6 \wedge 3 \rightarrow 6 -1	6 \wedge 3 \rightarrow 6 -1
6 \wedge 4 \rightarrow 5 (0.95)			5 \wedge 5 \rightarrow 5 (0.95)	5 \wedge 5 \rightarrow 3 (0.75)	6 \wedge 4 \rightarrow 5 (0.95)	4 \wedge 6 \rightarrow 1 -1	6 \wedge 4 \rightarrow 6 -1	6 \wedge 4 \rightarrow 6 -1
6 \wedge 5 \rightarrow 5 -1			5 \wedge 6 \rightarrow 5 (0.85)	5 \wedge 6 \rightarrow 6 -1	6 \wedge 5 \rightarrow 5 -1	5 \wedge 6 \rightarrow 1 -1	6 \wedge 5 \rightarrow 6 -1	6 \wedge 5 \rightarrow 6 -1
A: Emp destino			6 \wedge 1 \rightarrow 4 (0.8)	A: Renda	A: Emp Origem	A: Efeito	A: Vulnerabilidade	A: Vulnerabilidade
B: Pop origem			6 \wedge 2 \rightarrow 4 (0.85)	B: Dif Tarifária	B: IDS	Integração	B: Potencial de Fluxo	B: Acessibilidade
C: Pot de Uso			6 \wedge 3 \rightarrow 4 (0.95)	C: Efeito da Integração	C: Fator Sócio Econômico	B: Fator Sócio Econômico	C: Nível de Resiliência	C: Nível de Resiliência
			6 \wedge 4 \rightarrow 5 (0.85)			C: Vulnerabilidade		
			6 \wedge 5 \rightarrow 5 -1					
			6 \wedge 6 \rightarrow 5 (0.95)					
			A: Emp 1 tarifa					
			B: Emp 60'					
			C: Acessibilidade					

APÊNDICE C – Memorial de Cálculo

Este apêndice visa explicitar todas as etapas de cálculo utilizadas no software Matlab 2017. Todos os arquivos em formato .fis utilizados estão disponíveis no repositório: <https://github.com/talitaflor/resiliencia>

Os arquivos foram construídos com base nas regras explícitas no Apêndice A e B.

Ao abrir o programa Matlab 2017, foi inserido o argumento:

```
> fuzzy
```

A sequência exposta aqui é definida de acordo com os blocos de inferência definidos na arquitetura lógica do problema Figura 21.

Bloco de inferência 1: Potencial de Uso

Para gerar a saída de Potencial de uso, referente ao bloco de inferência 1 da arquitetura lógica do problema, na tela de comando “*Fuzzy Logic Designer*”, o arquivo: potencialuso.fis é importado.

Posteriormente, é necessário exportar esse arquivo para o espaço de trabalho. (Utilizar File > Export > To workspace) na tela de comando “*Fuzzy Logic Designer*”.

Para o bloco de inferência referente a Potencial de uso, as entradas “População (Origem)” e “Emprego (destino)” são necessárias. Os dados devem ser digitados em colunas separadas no espaço de trabalho. Posteriormente, é digitado:

```
>> out=evalfis(dados, potencialuso)
```

Com isso, o Matlab gera a saída para o potencial de uso, em uma única coluna, com um total de 25.600 linhas.

Bloco de inferência 2: Impedância

Para gerar a saída de impedância, referente ao bloco de inferência 2 da arquitetura lógica do problema, na tela de comando “*Fuzzy Logic Designer*”, o arquivo: impedancia.fis é importado.

Posteriormente, é necessário exportar esse arquivo para o espaço de trabalho. (Utilizar File > Export > To workspace) na tela de comando “Fuzzy Logic Designer”.

Para o bloco de inferência referente a Impedância, as entradas “Oportunidades Intervenientes” e “Tempo de Viagem” são necessárias. Os dados devem ser digitados em colunas separadas no espaço de trabalho. Posteriormente, é digitado:

```
>> out=evalfis(dados, impedância)
```

Com isso, o Matlab gera a saída para o potencial de uso, em uma única coluna, com um total de 25.600 linhas.

Bloco de inferência 3: Nível de Fluxo

Para gerar a saída de impedância, referente ao bloco de inferência 3 da arquitetura lógica do problema, na tela de comando “Fuzzy Logic Designer”, o arquivo: nivelfluxo.fis é importado.

Posteriormente, é necessário exportar esse arquivo para o espaço de trabalho. (Utilizar File > Export > To workspace) na tela de comando “Fuzzy Logic Designer”.

Para o bloco de inferência referente a Nível de fluxo, as entradas “Potencial de Uso” e “Impedância” são necessárias. Os dados devem ser digitados em colunas separadas no espaço de trabalho. Posteriormente, é digitado:

```
>> out=evalfis(dados, nivelfluxo)
```

Com isso, o Matlab gera a saída para o potencial de uso, em uma única coluna, com um total de 25.600 linhas.

Bloco de inferência 4: Acessibilidade

Para gerar a saída de impedância, referente ao bloco de inferência 4 da arquitetura lógica do problema, na tela de comando “Fuzzy Logic Designer”, o arquivo: acessibilidade.fis é importado.

Posteriormente, é necessário exportar esse arquivo para o espaço de trabalho. (Utilizar File > Export > To workspace) na tela de comando “Fuzzy Logic Designer”.

Para o bloco de inferência referente a acessibilidade, as entradas “Quantidade de empregos disponíveis em 60 minutos” e “quantidade de empregos disponíveis em 1 tarifa” são necessárias. Os dados devem ser digitados em colunas separadas no espaço de trabalho. Posteriormente, é digitado:

```
>> out=evalfis(dados, acessibilidade)
```

Bloco de inferência 5: Efeito da Integração Tarifária

Para gerar a saída do efeito de integração tarifária, referente ao bloco de inferência 5 da arquitetura lógica do problema, na tela de comando “Fuzzy Logic Designer”, o arquivo: efeitointegracao2.fis é importado.

Posteriormente, é necessário exportar esse arquivo para o espaço de trabalho. (Utilizar File > Export > To workspace) na tela de comando “Fuzzy Logic Designer”.

Para o bloco de inferência referente ao efeito de integração tarifária, as entradas “Diferença tarifária” e “renda (origem)” são necessárias. Os dados devem ser digitados em colunas separadas no espaço de trabalho. Posteriormente, é digitado:

```
>> out=evalfis(dados, efeitointegracao2)
```

Bloco de inferência 6: Fator socioeconômico

Para gerar a saída do fator socioeconômico, referente ao bloco de inferência 6 da arquitetura lógica do problema, na tela de comando “Fuzzy Logic Designer”, o arquivo: socioeconomico.fis é importado.

Posteriormente, é necessário exportar esse arquivo para o espaço de trabalho. (Utilizar File > Export > To workspace) na tela de comando “Fuzzy Logic Designer”.

Para o bloco de inferência referente ao efeito de integração tarifária, as entradas “Emprego (origem)” e “IDS (origem)” são necessárias. Os dados devem ser digitados em colunas separadas no espaço de trabalho. Posteriormente, é digitado:

```
>> out=evalfis(dados, socioeconomico)
```

Bloco de inferência 7: Nível de vulnerabilidade

Para gerar a saída do fator socioeconômico, referente ao bloco de inferência 7 da arquitetura lógica do problema, na tela de comando “Fuzzy Logic Designer”, o arquivo: vulnerabilidade.fis é importado.

Posteriormente, é necessário exportar esse arquivo para o espaço de trabalho. (Utilizar File > Export > To workspace) na tela de comando “Fuzzy Logic Designer”.

Para o bloco de inferência referente ao efeito de integração tarifária, as entradas “efeito da integração tarifária” e “fator socioeconômico” são necessárias. Os dados devem ser digitados em colunas separadas no espaço de trabalho. Posteriormente, é digitado:

```
>> out=evalfis(dados, vulnerabilidade)
```

Bloco de inferência 8: Nível de Resiliência 1 (pelo nível de fluxo e nível de vulnerabilidade)

Para gerar a saída do nível de resiliência 1, referente ao bloco de inferência 8 da arquitetura lógica do problema, na tela de comando “Fuzzy Logic Designer”, o arquivo: res_vul_fluxo.fis é importado.

Posteriormente, é necessário exportar esse arquivo para o espaço de trabalho. (Utilizar File > Export > To workspace) na tela de comando “Fuzzy Logic Designer”.

Para o bloco de inferência referente ao efeito de integração tarifária, as entradas “Nível de fluxo” e “Nível de vulnerabilidade” são necessárias. Os dados devem ser digitados em colunas separadas no espaço de trabalho. Posteriormente, é digitado:

```
>> out=evalfis(dados, res_vul_fluxo)
```

Bloco de inferência 9: Nível de Resiliência 2 (pela acessibilidade e nível de vulnerabilidade)

Para gerar a saída do fator socioeconômico, referente ao bloco de inferência 6 da arquitetura lógica do problema, na tela de comando “Fuzzy Logic Designer”, o arquivo: res_vul_acess.fis é importado.

Posteriormente, é necessário exportar esse arquivo para o espaço de trabalho. (Utilizar File > Export > To workspace) na tela de comando “Fuzzy Logic Designer”.

Para o bloco de inferência referente ao efeito de integração tarifária, as entradas “Acessibilidade” e “Nível de vulnerabilidade” são necessárias. Os dados devem ser digitados em colunas separadas no espaço de trabalho. Posteriormente, é digitado:

```
>> out=evalfis(dados, res_vul_acess)
```

O nível de resiliência definido é aquele que apresenta o menor valor entre o bloco de inferência 8 e o bloco de inferência 9.

APÊNDICE D – Código de Vulnerabilidade

Bairros		Código de Vulnerabilidade					
		Origem			Destino		
		Não existe	Baixa	Alta	Não existe	Baixa	Alta
1	Caju	0,47	0,00	0,53	0,45	0,00	0,55
2	Gamboa	0,47	0,00	0,53	0,60	0,01	0,39
3	Santo Cristo	0,65	0,00	0,35	0,49	0,00	0,51
4	Saúde	0,65	0,00	0,35	0,59	0,00	0,41
5	Centro	0,68	0,00	0,32	0,74	0,00	0,26
6	Catumbi	0,33	0,00	0,68	0,61	0,00	0,39
7	Cidade Nova	0,79	0,00	0,21	0,76	0,00	0,24
8	Estácio	0,79	0,00	0,21	0,68	0,01	0,31
9	Rio Comprido	0,28	0,00	0,72	0,31	0,00	0,69
10	Glória	0,44	0,03	0,54	0,43	0,00	0,57
11	Botafogo	0,38	0,00	0,62	0,40	0,00	0,60
12	Catete	0,40	0,06	0,54	0,38	0,01	0,62
13	Cosme Velho	0,23	0,00	0,78	0,26	0,00	0,74
14	Flamengo	0,39	0,08	0,53	0,43	0,00	0,58
15	Humaitá	0,29	0,03	0,68	0,34	0,00	0,66
16	Laranjeiras	0,40	0,04	0,56	0,46	0,00	0,54
17	Urca	0,36	0,00	0,64	0,16	0,00	0,84
18	Copacabana	0,44	0,04	0,53	0,46	0,01	0,53
19	Leme	0,36	0,00	0,64	0,18	0,00	0,82
20	Gávea	0,37	0,06	0,57	0,36	0,00	0,64
21	Ipanema	0,38	0,06	0,56	0,45	0,01	0,54
22	Jardim Botânico	0,28	0,04	0,69	0,28	0,01	0,71
23	Lagoa	0,28	0,04	0,68	0,35	0,01	0,64
24	Leblon	0,35	0,08	0,57	0,39	0,00	0,61
25	São Conrado	0,20	0,18	0,62	0,18	0,01	0,81
26	Vidigal	0,24	0,00	0,76	0,17	0,00	0,83
27	São Cristóvão	0,61	0,00	0,39	0,56	0,00	0,44
28	Benfica	0,53	0,00	0,47	0,68	0,00	0,33
29	Mangueira	0,54	0,00	0,46	0,63	0,01	0,37
30	Vasco da Gama	0,44	0,00	0,56	0,49	0,00	0,51
31	Alto da Boa Vista	0,09	0,00	0,91	0,09	0,00	0,91
32	Praça da Bandeira	0,85	0,01	0,14	0,69	0,02	0,29
33	Tijuca	0,38	0,00	0,62	0,31	0,00	0,69
34	Andaraí	0,29	0,00	0,71	0,33	0,00	0,67
35	Grajaú	0,40	0,00	0,60	0,42	0,00	0,58
36	Maracanã	0,68	0,03	0,29	0,64	0,00	0,36
37	Vila Isabel	0,44	0,00	0,56	0,43	0,00	0,58
38	Manguinhos	0,59	0,00	0,41	0,53	0,01	0,46
39	Bonsucesso	0,59	0,00	0,41	0,61	0,01	0,38

40	Olaria	0,58	0,00	0,43	0,50	0,01	0,49
41	Ramos	0,59	0,00	0,41	0,65	0,00	0,35
42	Brás de Pina	0,27	0,00	0,73	0,35	0,00	0,65
43	Penha	0,59	0,00	0,41	0,61	0,01	0,38
44	Penha Circular	0,35	0,00	0,65	0,34	0,01	0,66
45	Del Castilho	0,53	0,00	0,47	0,53	0,01	0,47
46	Higienópolis	0,51	0,00	0,49	0,51	0,01	0,48
47	Maria da Graça	0,59	0,00	0,41	0,58	0,00	0,42
48	Engenho da Rainha	0,49	0,00	0,51	0,56	0,01	0,44
49	Inhaúma	0,49	0,00	0,51	0,49	0,01	0,49
50	Tomás Coelho	0,46	0,00	0,54	0,54	0,01	0,45
51	Abolição	0,62	0,00	0,38	0,58	0,00	0,43
52	Água Santa	0,36	0,00	0,64	0,22	0,00	0,78
53	Cachambi	0,49	0,00	0,51	0,51	0,00	0,49
54	Encantado	0,44	0,00	0,56	0,39	0,00	0,61
55	Engenho de Dentro	0,46	0,00	0,54	0,46	0,00	0,54
56	Engenho Novo	0,68	0,00	0,33	0,69	0,00	0,31
57	Jacaré	0,63	0,00	0,37	0,61	0,00	0,39
58	Lins de Vasconcelos	0,53	0,00	0,48	0,51	0,00	0,49
59	Méier	0,69	0,04	0,28	0,66	0,01	0,33
60	Piedade	0,53	0,00	0,48	0,44	0,00	0,56
61	Pilares	0,58	0,00	0,42	0,55	0,01	0,44
62	Riachuelo	0,58	0,00	0,43	0,59	0,00	0,41
63	Rocha	0,61	0,00	0,39	0,56	0,00	0,44
64	Sampaio	0,61	0,00	0,39	0,63	0,00	0,37
65	São Francisco Xavier	0,66	0,00	0,34	0,57	0,01	0,43
66	Todos os Santos	0,66	0,00	0,34	0,65	0,00	0,35
67	Colégio	0,46	0,00	0,54	0,46	0,01	0,53
68	Irajá	0,59	0,00	0,41	0,56	0,01	0,43
69	Vicente de Carvalho	0,48	0,00	0,52	0,51	0,01	0,49
70	Vila da Penha	0,46	0,00	0,54	0,47	0,01	0,53
71	Vila Cosmos	0,45	0,00	0,55	0,48	0,01	0,51
72	Vista Alegre	0,25	0,00	0,75	0,31	0,00	0,69
73	Bento Ribeiro	0,41	0,00	0,59	0,46	0,00	0,54
74	Campinho	0,46	0,00	0,54	0,46	0,00	0,54
75	Cavalcanti	0,48	0,00	0,53	0,50	0,01	0,49
76	Cascadura	0,64	0,00	0,36	0,63	0,00	0,38
77	Engenheiro Leal	0,68	0,00	0,33	0,64	0,00	0,36
78	Honório Gurgel	0,39	0,00	0,61	0,45	0,01	0,54
79	Madureira	0,51	0,00	0,49	0,54	0,00	0,46
80	Marechal Hermes	0,56	0,00	0,44	0,50	0,00	0,50
81	Oswaldo Cruz	0,49	0,00	0,51	0,53	0,00	0,48
82	Quintino Bocaiuva	0,58	0,00	0,43	0,59	0,00	0,41
83	Rocha Miranda	0,52	0,00	0,48	0,53	0,01	0,46

84	Turiaçu	0,26	0,00	0,74	0,39	0,01	0,61
85	Vaz Lobo	0,26	0,00	0,74	0,29	0,01	0,71
86	Anil	0,16	0,00	0,84	0,14	0,01	0,85
87	Curicica	0,24	0,00	0,76	0,20	0,00	0,80
88	Freguesia de Jacarepaguá	0,22	0,00	0,78	0,26	0,01	0,73
89	Gardênia Azul	0,23	0,00	0,77	0,22	0,00	0,78
90	Jacarepaguá	0,12	0,00	0,88	0,15	0,00	0,85
91	Praça Seca	0,32	0,00	0,68	0,28	0,00	0,72
92	Pechincha	0,28	0,00	0,73	0,23	0,00	0,78
93	Tanque	0,26	0,00	0,74	0,29	0,00	0,71
94	Taquara	0,27	0,00	0,73	0,24	0,00	0,76
95	Vila Valqueire	0,39	0,00	0,61	0,36	0,00	0,64
96	Bangu	0,46	0,00	0,54	0,48	0,01	0,52
97	Gericinó	0,14	0,00	0,86	0,13	0,00	0,87
98	Padre Miguel	0,42	0,00	0,58	0,40	0,02	0,58
99	Senador Camará	0,43	0,00	0,57	0,41	0,03	0,56
100	Santíssimo	0,24	0,00	0,76	0,21	0,01	0,78
101	Campo Grande	0,40	0,00	0,60	0,42	0,04	0,54
102	Cosmos	0,42	0,00	0,58	0,43	0,08	0,50
103	Inhoaíba	0,39	0,00	0,61	0,36	0,08	0,56
104	Senador Vasconcelos	0,39	0,00	0,61	0,40	0,06	0,54
105	Paciência	0,51	0,00	0,49	0,47	0,05	0,48
106	Santa Cruz	0,33	0,00	0,67	0,33	0,00	0,67
107	Sepetiba	0,21	0,00	0,79	0,14	0,00	0,86
108	Bancários	0,19	0,00	0,81	0,19	0,00	0,81
109	Cacuia	0,26	0,00	0,74	0,24	0,00	0,76
110	Cidade Universitária	0,32	0,00	0,68	0,35	0,00	0,65
111	Cocotá	0,26	0,00	0,74	0,24	0,00	0,76
112	Freguesia	0,24	0,00	0,76	0,26	0,01	0,73
113	Galeão	0,29	0,00	0,71	0,26	0,00	0,74
114	Jardim Carioca	0,20	0,00	0,80	0,20	0,00	0,80
115	Jardim Guanabara	0,26	0,00	0,74	0,24	0,00	0,76
116	Moneró	0,18	0,00	0,82	0,21	0,00	0,79
117	Pitangueiras	0,24	0,00	0,76	0,24	0,00	0,76
118	Portuguesa	0,28	0,00	0,72	0,29	0,00	0,71
119	Praia da Bandeira	0,20	0,00	0,80	0,26	0,00	0,74
120	Ribeira	0,21	0,00	0,79	0,16	0,00	0,84
121	Tauá	0,19	0,00	0,81	0,18	0,00	0,83
122	Zumbi	0,18	0,00	0,83	0,15	0,00	0,85
123	Paquetá	0,03	0	0,97	0,03	0,24	0,73
124	Anchieta	0,42	0,00	0,58	0,38	0,00	0,62
125	Guadalupe	0,43	0,00	0,57	0,34	0,01	0,65
126	Parque Anchieta	0,42	0,00	0,58	0,39	0,00	0,61
127	Ricardo de Albuquerque	0,44	0,00	0,56	0,41	0,01	0,59

128	Santa Teresa	0,61	0,00	0,39	0,71	0,01	0,28
129	Barra da Tijuca	0,35	0,00	0,65	0,16	0,03	0,81
130	Camorim	0,05	0,00	0,95	0,16	0,00	0,84
131	Grumari	0,04	0,00	0,96	0,09	0,00	0,91
132	Itanhangá	0,15	0,00	0,85	0,15	0,01	0,84
133	Joá	0,09	0,06	0,85	0,07	0,00	0,93
134	Recreio dos Bandeirantes	0,15	0,00	0,85	0,15	0,00	0,85
135	Vargem Grande	0,07	0,00	0,93	0,09	0,00	0,91
136	Vargem Pequena	0,08	0,00	0,92	0,12	0,00	0,88
137	Acari	0,39	0,00	0,61	0,39	0,01	0,59
138	Barros Filho	0,37	0,00	0,63	0,42	0,01	0,57
139	Coelho Neto	0,36	0,00	0,64	0,49	0,01	0,50
140	Costa Barros	0,29	0,00	0,71	0,36	0,04	0,60
141	Parque Colúmbia	0,21	0,00	0,79	0,26	0,01	0,73
142	Pavuna	0,42	0,00	0,58	0,43	0,01	0,56
143	Barra de Guaratiba	0,04	0,00	0,96	0,08	0,00	0,92
144	Guaratiba	0,08	0,00	0,92	0,06	0,00	0,94
145	Pedra de Guaratiba	0,18	0,00	0,83	0,26	0,00	0,74
146	Rocinha	0,15	0,00	0,85	0,09	0,00	0,91
147	Jacarezinho	0,53	0,00	0,47	0,50	0,01	0,49
148	Complexo do Alemão	0,39	0,00	0,61	0,31	0,00	0,69
149	Maré	0,38	0,00	0,63	0,44	0,01	0,56
150	Cordovil	0,32	0,00	0,68	0,36	0,02	0,63
151	Jardim América	0,21	0,00	0,79	0,18	0,01	0,81
152	Parada de Lucas	0,46	0,00	0,54	0,51	0,04	0,45
153	Vigário Geral	0,47	0,00	0,53	0,49	0,01	0,50
154	Deodoro	0,47	0,00	0,53	0,48	0,00	0,53
155	Jardim Sulacap	0,32	0,00	0,68	0,31	0,00	0,69
156	Magalhães Bastos	0,50	0,00	0,50	0,49	0,00	0,51
157	Realengo	0,50	0,00	0,50	0,46	0,00	0,54
158	Vila Militar	0,42	0,04	0,54	0,39	0,00	0,61
159	Campo dos Afonsos	0,27	0,00	0,73	0,28	0,00	0,72
160	Cidade de Deus	0,25	0,00	0,75	0,29	0,00	0,71

APÊNDICE E – Código de Resiliência

Bairros		Código de Resiliência					
		Origem			Destino		
		Persistência	Adaptação	Transformação	Persistência	Adaptação	Transformação
1	Caju	0,47	0,19	0,34	0,45	0,34	0,21
2	Gamboa	0,47	0,25	0,28	0,61	0,05	0,34
3	Santo Cristo	0,65	0,13	0,23	0,49	0,06	0,44
4	Saúde	0,65	0,14	0,21	0,59	0,02	0,39
5	Centro	0,68	0,22	0,10	0,74	0,03	0,23
6	Catumbi	0,33	0,28	0,40	0,61	0,24	0,15
7	Cidade Nova	0,79	0,14	0,07	0,76	0,04	0,20
8	Estácio	0,79	0,15	0,06	0,68	0,08	0,24
9	Rio Comprido	0,28	0,37	0,35	0,31	0,06	0,64
10	Glória	0,44	0,36	0,21	0,43	0,13	0,44
11	Botafogo	0,38	0,48	0,14	0,40	0,04	0,56
12	Catete	0,40	0,41	0,19	0,38	0,20	0,43
13	Cosme Velho	0,23	0,78	0,00	0,26	0,44	0,30
14	Flamengo	0,47	0,53	0,00	0,43	0,15	0,43
15	Humaitá	0,32	0,68	0,00	0,34	0,38	0,28
16	Laranjeiras	0,44	0,56	0,00	0,46	0,13	0,42
17	Urca	0,36	0,64	0,00	0,16	0,52	0,32
18	Copacabana	0,44	0,13	0,44	0,46	0,12	0,42
19	Leme	0,36	0,64	0,00	0,18	0,51	0,31
20	Gávea	0,43	0,58	0,00	0,36	0,30	0,34
21	Ipanema	0,38	0,62	0,00	0,45	0,11	0,44
22	Jardim Botânico	0,31	0,69	0,00	0,29	0,45	0,26
23	Lagoa	0,32	0,68	0,01	0,36	0,38	0,27
24	Leblon	0,35	0,65	0,00	0,39	0,06	0,55
25	São Conrado	0,38	0,61	0,01	0,18	0,54	0,28
26	Vidigal	0,24	0,46	0,30	0,17	0,54	0,29
27	São Cristóvão	0,61	0,21	0,18	0,56	0,04	0,40
28	Benfica	0,53	0,24	0,23	0,68	0,03	0,29
29	Mangueira	0,54	0,33	0,13	0,63	0,04	0,33
30	Vasco da Gama	0,44	0,22	0,34	0,49	0,06	0,45
31	Alto da Boa Vista	0,09	0,00	0,91	0,09	0,61	0,30
32	Praça da Bandeira	0,85	0,11	0,04	0,71	0,08	0,21
33	Tijuca	0,38	0,44	0,18	0,31	0,15	0,54
34	Andaraí	0,29	0,44	0,27	0,33	0,20	0,47
35	Grajaú	0,40	0,60	0,00	0,42	0,23	0,35
36	Maracanã	0,68	0,25	0,08	0,64	0,08	0,29
37	Vila Isabel	0,44	0,39	0,16	0,43	0,06	0,51
38	Manguinhos	0,59	0,28	0,14	0,53	0,09	0,38

39	Bonsucesso	0,59	0,21	0,21	0,62	0,07	0,31
40	Olaria	0,58	0,26	0,16	0,51	0,12	0,38
41	Ramos	0,59	0,21	0,20	0,65	0,08	0,28
42	Brás de Pina	0,27	0,05	0,68	0,35	0,27	0,38
43	Penha	0,59	0,21	0,19	0,61	0,08	0,31
44	Penha Circular	0,35	0,36	0,29	0,34	0,15	0,51
45	Del Castilho	0,53	0,31	0,16	0,53	0,12	0,36
46	Higienópolis	0,51	0,32	0,18	0,52	0,08	0,40
47	Maria da Graça	0,59	0,30	0,11	0,58	0,06	0,36
48	Engenho da Rainha	0,49	0,35	0,16	0,56	0,08	0,36
49	Inhaúma	0,49	0,36	0,16	0,50	0,11	0,39
50	Tomás Coelho	0,46	0,34	0,20	0,55	0,09	0,36
51	Abolição	0,62	0,00	0,38	0,58	0,14	0,29
52	Água Santa	0,36	0,00	0,64	0,22	0,26	0,52
53	Cachambi	0,49	0,27	0,24	0,51	0,08	0,42
54	Encantado	0,44	0,24	0,32	0,39	0,13	0,48
55	Engenho de Dentro	0,46	0,28	0,26	0,46	0,14	0,39
56	Engenho Novo	0,68	0,23	0,09	0,69	0,06	0,26
57	Jacaré	0,63	0,24	0,13	0,61	0,07	0,33
58	Lins de Vasconcelos	0,53	0,28	0,20	0,51	0,11	0,39
59	Méier	0,69	0,23	0,08	0,67	0,07	0,26
60	Piedade	0,53	0,27	0,21	0,44	0,13	0,43
61	Pilares	0,58	0,29	0,13	0,56	0,06	0,39
62	Riachuelo	0,58	0,26	0,17	0,59	0,05	0,36
63	Rocha	0,61	0,26	0,14	0,56	0,04	0,39
64	Sampaio	0,61	0,24	0,15	0,63	0,06	0,31
65	São Francisco Xavier	0,66	0,27	0,07	0,58	0,10	0,33
66	Todos os Santos	0,66	0,24	0,09	0,65	0,12	0,23
67	Colégio	0,46	0,33	0,21	0,46	0,14	0,40
68	Irajá	0,59	0,26	0,16	0,56	0,11	0,33
69	Vicente de Carvalho	0,48	0,32	0,20	0,51	0,10	0,39
70	Vila da Penha	0,46	0,31	0,23	0,48	0,13	0,39
71	Vila Cosmos	0,45	0,31	0,24	0,49	0,13	0,39
72	Vista Alegre	0,25	0,29	0,46	0,31	0,24	0,46
73	Bento Ribeiro	0,41	0,29	0,30	0,46	0,19	0,35
74	Campinho	0,46	0,26	0,28	0,46	0,14	0,39
75	Cavalcanti	0,48	0,31	0,22	0,51	0,10	0,39
76	Cascadura	0,64	0,23	0,13	0,63	0,13	0,24
77	Engenheiro Leal	0,68	0,23	0,10	0,64	0,13	0,23
78	Honório Gurgel	0,39	0,31	0,30	0,45	0,19	0,36
79	Madureira	0,51	0,28	0,22	0,54	0,12	0,34
80	Marechal Hermes	0,56	0,28	0,16	0,50	0,18	0,32
81	Oswaldo Cruz	0,49	0,27	0,24	0,53	0,19	0,29
82	Quintino Bocaiuva	0,58	0,27	0,16	0,59	0,16	0,25

83	Rocha Miranda	0,52	0,27	0,21	0,53	0,17	0,31
84	Turiaçu	0,26	0,00	0,74	0,39	0,18	0,43
85	Vaz Lobo	0,26	0,29	0,44	0,29	0,17	0,54
86	Anil	0,16	0,00	0,84	0,14	0,57	0,29
87	Curicica	0,24	0,00	0,76	0,20	0,54	0,26
88	Freguesia de Jacarepaguá	0,22	0,24	0,54	0,26	0,11	0,64
89	Gardênia Azul	0,23	0,23	0,54	0,22	0,49	0,29
90	Jacarepaguá	0,12	0,00	0,88	0,15	0,13	0,73
91	Praça Seca	0,32	0,01	0,68	0,28	0,14	0,58
92	Pechincha	0,28	0,25	0,48	0,23	0,38	0,40
93	Tanque	0,26	0,27	0,47	0,29	0,16	0,54
94	Taquara	0,27	0,26	0,48	0,24	0,12	0,64
95	Vila Valqueire	0,39	0,27	0,34	0,36	0,29	0,34
96	Bangu	0,46	0,01	0,53	0,48	0,13	0,39
97	Gericinó	0,14	0,00	0,86	0,13	0,60	0,27
98	Padre Miguel	0,42	0,05	0,53	0,41	0,26	0,33
99	Senador Camará	0,43	0,05	0,52	0,43	0,38	0,19
100	Santíssimo	0,24	0,01	0,74	0,21	0,57	0,22
101	Campo Grande	0,40	0,00	0,60	0,46	0,14	0,41
102	Cosmos	0,42	0,09	0,49	0,47	0,35	0,18
103	Inhoaíba	0,39	0,09	0,52	0,41	0,41	0,18
104	Senador Vasconcelos	0,39	0,11	0,50	0,44	0,31	0,25
105	Paciência	0,51	0,00	0,49	0,51	0,33	0,17
106	Santa Cruz	0,33	0,00	0,67	0,33	0,16	0,51
107	Sepetiba	0,21	0,00	0,79	0,14	0,58	0,28
108	Bancários	0,19	0,00	0,81	0,19	0,59	0,22
109	Cacuía	0,26	0,00	0,74	0,24	0,54	0,23
110	Cidade Universitária	0,32	0,00	0,68	0,35	0,08	0,58
111	Cocotá	0,26	0,00	0,74	0,24	0,53	0,23
112	Freguesia	0,24	0,00	0,76	0,26	0,48	0,27
113	Galeão	0,29	0,00	0,71	0,26	0,10	0,64
114	Jardim Carioca	0,20	0,00	0,80	0,20	0,57	0,23
115	Jardim Guanabara	0,26	0,74	0,01	0,24	0,52	0,24
116	Moneró	0,18	0,82	0,00	0,21	0,56	0,23
117	Pitangueiras	0,24	0,00	0,76	0,24	0,53	0,23
118	Portuguesa	0,28	0,00	0,72	0,29	0,48	0,23
119	Praia da Bandeira	0,20	0,00	0,80	0,26	0,52	0,23
120	Ribeira	0,21	0,00	0,79	0,16	0,62	0,23
121	Tauá	0,19	0,00	0,81	0,18	0,60	0,23
122	Zumbi	0,18	0,00	0,83	0,15	0,63	0,23
123	Paqueta	0,03	0	0,97	0,27	0,24	0,48
124	Anchieta	0,42	0,05	0,53	0,38	0,28	0,34
125	Guadalupe	0,43	0,26	0,31	0,35	0,21	0,44
126	Parque Anchieta	0,42	0,31	0,28	0,39	0,26	0,35

127	Ricardo de Albuquerque	0,44	0,29	0,26	0,41	0,21	0,39
128	Santa Teresa	0,61	0,28	0,11	0,71	0,14	0,15
129	Barra da Tijuca	0,35	0,65	0,00	0,16	0,11	0,73
130	Camorim	0,05	0,00	0,95	0,16	0,58	0,26
131	Grumari	0,04	0,00	0,96	0,09	0,71	0,20
132	Itanhangá	0,15	0,43	0,43	0,15	0,56	0,29
133	Joá	0,09	0,89	0,02	0,07	0,63	0,31
134	Recreio dos Bandeirantes	0,15	0,84	0,01	0,15	0,11	0,74
135	Vargem Grande	0,07	0,00	0,93	0,09	0,64	0,27
136	Vargem Pequena	0,08	0,00	0,92	0,12	0,61	0,28
137	Acari	0,39	0,33	0,28	0,40	0,16	0,44
138	Barros Filho	0,37	0,36	0,28	0,42	0,25	0,33
139	Coelho Neto	0,36	0,33	0,31	0,50	0,13	0,37
140	Costa Barros	0,29	0,34	0,37	0,39	0,24	0,38
141	Parque Colúmbia	0,21	0,00	0,79	0,26	0,32	0,42
142	Pavuna	0,42	0,31	0,27	0,44	0,09	0,47
143	Barra de Guaratiba	0,04	0,00	0,96	0,08	0,66	0,26
144	Guaratiba	0,08	0,00	0,92	0,06	0,66	0,28
145	Pedra de Guaratiba	0,18	0,00	0,83	0,26	0,50	0,24
146	Rocinha	0,15	0,52	0,33	0,09	0,52	0,39
147	Jacarezinho	0,53	0,29	0,18	0,50	0,11	0,39
148	Complexo do Alemão	0,39	0,35	0,26	0,31	0,24	0,45
149	Maré	0,38	0,01	0,62	0,44	0,26	0,30
150	Cordovil	0,32	0,35	0,33	0,36	0,16	0,48
151	Jardim América	0,21	0,00	0,79	0,19	0,44	0,38
152	Parada de Lucas	0,46	0,29	0,25	0,53	0,14	0,33
153	Vigário Geral	0,47	0,30	0,23	0,50	0,13	0,38
154	Deodoro	0,47	0,30	0,23	0,48	0,17	0,36
155	Jardim Sulacap	0,32	0,00	0,68	0,31	0,43	0,26
156	Magalhães Bastos	0,50	0,31	0,19	0,49	0,22	0,29
157	Realengo	0,50	0,08	0,42	0,46	0,13	0,41
158	Vila Militar	0,43	0,20	0,37	0,39	0,28	0,33
159	Campo dos Afonsos	0,27	0,73	0,00	0,28	0,38	0,34
160	Cidade de Deus	0,25	0,26	0,49	0,29	0,43	0,28