



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES**

**FRANCELINO FRANCO LEITE DE MATOS SOUSA**

**DIAGNÓSTICO ESTRATÉGICO DAS DESIGUALDADES SOCIOESPACIAIS NA  
ACESSIBILIDADE AO TRABALHO EM FORTALEZA**

**FORTALEZA**  
**2019**

FRANCELINO FRANCO LEITE DE MATOS SOUSA

DIAGNÓSTICO ESTRATÉGICO DAS DESIGUALDADES SOCIOESPACIAIS NA  
ACESSIBILIDADE AO TRABALHO EM FORTALEZA

Tese apresentada a Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia de Transportes. Área de Concentração: Planejamento e Operação de Sistemas de Transportes.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Felipe Grangeiro Loureiro.

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- S696d Sousa, Francelino Franco Leite de Matos.  
Diagnóstico estratégico das desigualdades socioespaciais na acessibilidade ao trabalho em Fortaleza /  
Francelino Franco Leite de Matos Sousa. – 2019.  
189 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação  
em Engenharia de Transportes, Fortaleza, 2019.  
Orientação: Prof. Dr. Carlos Felipe Grangeiro Loureiro.
1. Acessibilidade Urbana. 2. Desigualdades Socioespaciais na Acessibilidade. 3. Planejamento Urbano  
Integrado. 4. Diagnóstico Estratégico. 5. Modelagem Integrada Uso do Solo e Transportes. I. Título.  
CDD 388
-

FRANCELINO FRANCO LEITE DE MATOS SOUSA

DIAGNÓSTICO ESTRATÉGICO DAS DESIGUALDADES SOCIOESPACIAIS NA  
ACESSIBILIDADE AO TRABALHO EM FORTALEZA

Tese apresentada a Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia de Transportes. Área de Concentração: Planejamento e Operação de Sistemas de Transportes.

Aprovada em 17/12/2019.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Carlos Felipe Grangeiro Loureiro (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Bruno Vieira Bertoncini  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Francisco Morais de Oliveira Neto  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Dr. Rafael Henrique Moraes Pereira  
Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA)

---

Profa. Dra. Renata Lúcia Magalhães de Oliveira  
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG)

## AGRADECIMENTOS

Inicialmente, agradeço à minha família: Ana Carolina, minha esposa; Valdete e Gilberto, meus pais; e Bruna, minha irmã. Todos me apoiaram e me aturaram em todos os momentos dessa longa caminhada iniciada em 2013; quando eu, ainda estudante de engenharia, só conseguia saber que gostava da área de Transportes, mas não fazia ideia do esforço que um título de mestre e um inimaginável título de doutor mereciam. Vocês foram as pessoas que me apoiaram (e apoiam) diariamente nos grandes, mas, principalmente, nos pequenos e rotineiros gestos: quando preparavam um lanchinho, quando me aguardavam para sair, quando me obrigavam a sair, quando me emprestavam o carro, quando entendiam que eu estava atrasado porque estava em orientação, quando me davam um Boa Noite antes de dormir, ou quando ficaram ao meu lado. Foram essas pessoas que nunca me deixaram desistir, que perceberam antes de mim aquilo que eu precisaria abrir mão provisoriamente pela pesquisa, mas principalmente que me incentivaram a continuar. São a essas pessoas que dedico essa pesquisa.

Enquanto minha família me apoiou e me compreendeu, agradeço ao professor Felipe por ter sido o principal incentivador dessas decisões acadêmicas. Foi ele também que me apoiou e aconselhou em todas as grandes decisões profissionais que precisei tomar e que despertou em mim a paixão pela docência, simplesmente sendo Professor. Coloco aqui com “P” para conseguir minimamente representar um profissional que tem prazer no que faz; que desenvolve em seus alunos a capacidade de análise crítica, que nem nós sabíamos que seríamos capazes; que mostra que a pergunta muitas vezes é mais importante do que a resposta; que sempre nos orienta para darmos o nosso melhor; e que não desiste jamais da melhoria das suas aulas, das suas orientações, dos seus artigos, muito menos dos seus alunos. Obrigado por tudo!

Essa motivação e vontade de ensinar permeia outros grandes profissionais do PETRAN. A Professora Verônica e os Professores Bruno, Flávio, Manoel e Moraes são pessoas cativantes e professores fantásticos, que reconhecem a capacidade dos seus alunos e entendem suas dificuldades, estando sempre dispostos a ajudá-los de todas as formas. São por esses Professores que encontramos no PETRAN tantos alunos que realmente gostam de ir para a sala de aula e que se sentem em casa naquele ambiente. Felizmente, posso dizer que fui um desses. Obrigado por tudo que me ensinaram!

Nem só de Professores é formado o PETRAN, existem também muitos alunos excepcionais que dedicaram e dedicam grande parte do seu dia a desenvolver as melhores pesquisas de transportes do país (quem quiser que discorde). Em meus quase 7 anos de iniciação científica, mestrado e doutorado no GTTEMA tive a oportunidade de conviver com diversas pessoas e fazer muitos amigos. Sued e Victor foram dois amigos da graduação e do mestrado, os quais agradeço por terem me mostrado que o doutorado era o caminho certo a seguir. Amélia, André, Bia, Bianca, Camila Bandeira, Camila Garcia, Dante, Davi, Ezequiel, Fernanda, Hélio, Isabela, Joana, Kaio, Kauê, Lara, Lucas, Matheus, Moisés, Raquel, Renan e Tais, integrantes do grupo MITUS, agradeço por todas as discussões, confraternizações, almoços, sofrimentos e alegrias que passamos juntos. Caio, Cassiano, Julie, Lisel, Torquato, Ximena e Vanessa vocês conseguiram transformar cada uma das dificuldades em oportunidades para rirmos. Agradeço ao GTTEMA por me ter proporcionado conhecer todos vocês.

Sou muito grato também aos amigos que tenho fora do GTTEMA: Ariane, Ana Lídia, Bruna, Daniel Fernandes, Daniel Guedes, Laís, Levi, Luma, Lídia, Marcos, Raphaela, Rebeca, Samir. Era por vocês que eu me permitia sair da rotina de pesquisa e escrita textual, porque nada disso fazia sentido se eu não pudesse comemorar cada uma das vitórias com as pessoas que me conhecem há tanto tempo. Eu sempre soube que após cada um dos almoços, jantares, cinemas, teatros, viagens e conversas com vocês eu ganharia um estímulo a mais para retornar para essa pesquisa. Obrigado pelo apoio que me deram!

Logo no começo dessa pesquisa comecei a lecionar na UNICHRISTUS, agradeço a Profa. Bernadette por essa oportunidade, por acreditar que um recém mestre, sem experiência docente, poderia trazer alguma contribuição para os alunos da instituição. Mais recentemente passei a auxiliar à coordenação, em que tive a oportunidade de conhecer o Alexandre, o Cesar, a Clarissa, a Clélia, a Germana, a Gislene, a Larissa, a Liciane, a Mariana, a Marisa, a Raysse e a Virna que também acreditam que a educação é fundamental na melhoria da qualidade de vida individual e coletiva. Também é na UNICHRISTUS que tenho aprendido a lecionar, vivenciando os altos e baixos da profissão, mas, principalmente, aprendendo como ser um “P”rofessor. Não daria aqui para citar todos os alunos que me possibilitaram momentos de reflexão sobre uma melhor forma de lecionar, ou aqueles que me mostraram que eu estava errado, ou ainda os que permitiram aprender junto com eles, mas é certo que todos tiveram sua participação nessa jornada! Obrigado a todos que participam da UNICHRISTUS por tornarem meu dia-a-dia mais prazeroso!

Por fim, gostaria de agradecer à banca pela leitura, análise e contribuições que fizeram dessa pesquisa, foi uma honra poder escutá-los discutindo esse trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

*“O que vale na vida não é o ponto de partida e sim a caminhada. Caminhando e semeando, no fim terás o que colher”*  
*Cora Coralina*

## RESUMO

As desigualdades socioespaciais na acessibilidade, entendidas como decorrentes de diferenças nos níveis de acessibilidade entre grupos populacionais que residem em regiões distintas da cidade, entre grupos socioeconomicamente díspares, assim como entre gerações presentes e futuras, configuram-se como problemas estratégicos a serem diagnosticados e tratados em um processo de planejamento urbano integrado que tenha no princípio do igualitarismo seu fundamento de justiça social. Tais desigualdades no acesso às atividades urbanas podem resultar de diferentes restrições impostas aos níveis de acessibilidade de grupos distintos de indivíduos, originadas nos subsistemas de atividades, uso do solo e transportes. Em Fortaleza, estudo de caso desta tese, considera-se que diferenças na socioeconomia da população são uma das principais causas das desigualdades na acessibilidade aos postos de trabalho, já que sua população de baixa renda, majoritariamente cativa do transporte público, vem sendo forçada a residir nas regiões periféricas da cidade, distante das oportunidades de empregos concentradas na sua região central, por sua vez habitada em grande parte por segmentos de alta renda e com densidade elevada de oferta viária. Esta pesquisa partiu, portanto, da contextualização dessa problemática por meio da descrição da evolução urbana de Fortaleza nas duas décadas iniciais do século XXI, possibilitando levantar hipóteses de causalidade de que o *spatial mismatch* entre moradias e empregos, assim como a distribuição espacial ineficiente da oferta de infraestrutura de transportes, tem contribuído para agravar as desigualdades socioespaciais na acessibilidade ao trabalho na cidade. Essas hipóteses foram então analisadas a partir da construção e implementação de uma proposta metodológica de caracterização e diagnóstico dessa problemática, buscando-se quantificar os níveis passados, presentes e futuros da acessibilidade às oportunidades de empregos dos grupos de baixa e alta rendas, por meio de um indicador baseado em utilidade obtido a partir da calibração e validação do modelo integrado TRANUS para Fortaleza, para então investigar suas relações de dependência espacial com base em modelos de regressão geoponderados. Defende-se neste trabalho que o esforço de compreensão da problemática das desigualdades socioespaciais na acessibilidade urbana seja realizado antes da definição e priorização de objetivos estratégicos e táticos, assim como da proposição e avaliação de intervenções no uso do solo e nos transportes, produzindo um conhecimento que venha a possibilitar uma negociação mais efetiva dos conflitos de interesses entre os atores urbanos com vistas a se caminhar na direção dos propósitos maiores de melhoria da qualidade de vida e da justiça social.

**Palavras-chave:** Acessibilidade Urbana; Desigualdades Socioespaciais na Acessibilidade; Planejamento Urbano Integrado; Diagnóstico Estratégico; Modelagem Integrada Uso do Solo e Transportes.

## ABSTRACT

The socio-spatial inequalities in access to opportunities, understood as resulting from differences in the levels of accessibility among groups of people residing in distinct regions of the city, with different socioeconomic characteristics, or between present and future generations, should be considered strategic urban problems. These problems must be diagnosed and treated within an integrated urban planning process whose social justice foundation is the principle of egalitarianism. Such inequalities in access to urban activities can result from restrictions imposed on the accessibility levels of different groups, originated in the activities, land-use, and transport subsystems. In Fortaleza, this dissertation's case study, it is considered that populational socioeconomic differences are one of the main causes of inequalities in access to jobs. Its low-income segments, dependent on public transit, have been forced to live in peripheral areas, far from employment opportunities; which, in turn, are concentrated in the city's central region, largely inhabited by high-income groups and with a high-density road supply. Therefore, this research started with the contextualization of this problematic setting by the description of Fortaleza's urban development in the first two decades of the 21st century, allowing to raise causality hypotheses that the spatial mismatch between housing and jobs, as well as the inefficient spatial distribution of transport infrastructure supply, have contributed to perpetuate socio-spatial inequalities in accessibility to work in the city. These hypotheses were analyzed through the construction and implementation of a method for characterization and diagnosis of the inequality problems. The proposed method was based on the measurement of the past, present and future levels of accessibility to job opportunities for low- and high-income groups, applying an utility based indicator obtained from calibration and validation of the integrated model TRANUS for Fortaleza. The spatial dependency relationships were then investigated with the use of geographically weighted regression models. It is argued in this work that the effort to understand the socio-spatial inequalities in urban accessibility should be taken before the definition and prioritization of strategic and tactical objectives, as well as the proposition and evaluation of interventions in the land-use and transport subsystems, therefore producing a knowledge that will endorse a more effective negotiation of urban stakeholders' conflicting interests, moving towards the greater goals of improving quality of life and social justice.

**Keywords:** Urban Accessibility; Socio-spatial Inequalities in Accessibility; Integrated Urban Planning; Strategic Diagnosis; Integrated Land Use and Transport Modeling.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Localização do Município de Fortaleza e seus principais eixos de transportes.....	16
Figura 2	- Paradigma do planejamento da acessibilidade e mobilidade.....	22
Figura 3	- Modelo ALUTI .....	23
Figura 4	- A dinamicidade entre os subsistemas .....	24
Figura 5	- Processo de planejamento da acessibilidade e mobilidade urbanas .....	26
Figura 6	- Avaliação estratégica da Rede de Mobilidade Urbana.....	27
Figura 7	- Proposta metodológica de avaliação dos problemas .....	28
Figura 8	- Relações causais da problemática da acessibilidade e mobilidade urbanas .....	30
Figura 9	- Tipologia de problemas de acessibilidade .....	31
Figura 10	- Modelo 'a priori' .....	33
Figura 11	- Relações causais das desigualdades socioespaciais na acessibilidade .....	44
Figura 12	- Distribuição da população economicamente ativa por tipo de emprego e renda na RMF .....	46
Figura 13	- Distribuição de renda em Fortaleza em 2000 e em 2010 .....	46
Figura 14	- Regionalização do território de Fortaleza .....	48
Figura 15	- Espacialização das edificações não residenciais e das centralidades de Fortaleza.....	49
Figura 16	- Mancha urbana de Fortaleza 1930 - 2010 .....	51
Figura 17	- Proporções por setor censitário: 30% domicílios mais pobres em 2000(a) e 2010(b).....	52
Figura 18	- Proporções por setor censitário: 30% domicílios mais ricos em 2000(a) e 2010(b). .....	53
Figura 19	- Distribuição da população por categorias de tempos de viagem ao trabalho .....	54
Figura 20	- Posse de veículo motorizado por quintil de renda.....	55
Figura 21	- Rede de transporte público de Fortaleza .....	56
Figura 22	- Classificação funcional das vias de Fortaleza .....	58
Figura 23	- Representação da problemática das desigualdades socioespaciais na acessibilidade ao trabalho em Fortaleza.....	60
Figura 24	- Método de caracterização da problemática .....	64
Figura 25	- Indicadores das restrições da acessibilidade .....	66
Figura 26	- Método de diagnóstico da problemática.....	71
Figura 27	- Limites dos lotes .....	80
Figura 28	- Limites dos setores censitários.....	80
Figura 29	- Limites dos bairros.....	81
Figura 30	- Limites das áreas de ponderação.....	81
Figura 31	- Distribuição espacial dos domicílios por classe de renda em 2000 e em 2015 .....	83
Figura 32	- Distribuição das pessoas ocupadas por tipo e localização do emprego em 2001 e em 2015. ....	84
Figura 33	- Distribuição espacial dos empregos por tipo de atividade em 2000 e em 2015 .....	87
Figura 34	- Distribuição espacial das matrículas em 2000 e em 2015 .....	88
Figura 35	- Distribuição das inscrições por uso e classificação arquitetônica em 2007 .....	91
Figura 36	- Distribuição das inscrições por uso e classificação arquitetônica em 2015 .....	91
Figura 37	- Distribuição horária dos deslocamentos em 1996 a cada 15 minutos .....	92
Figura 38	- Distribuição horária dos deslocamentos em 2015 a cada hora.....	93
Figura 39	- Motivos dos deslocamentos interzonais em 1996 .....	94
Figura 40	- Oferta do sistema de transporte. ....	95
Figura 41	- Relações dinâmicas nos sistemas de uso do solo e de transportes .....	97
Figura 42	- Método de calibração e validação do Tranus para Fortaleza.....	99
Figura 43	- Relações entre as atividades.....	103
Figura 44	- Tipos de coeficientes técnicos para Fortaleza .....	105
Figura 45	- Distribuição espacial de solo em m <sup>2</sup> por tipo em 2000 e em 2015.....	110
Figura 46	- Modelagem dos substitutos .....	112
Figura 47	- Modelagem da decisão locacional.....	114
Figura 48	- Comparação dos fluxos dos setores .....	129

Figura 49	- Comparação das desutilidades de deslocamento.....	129
Figura 50	- Identificação das zonas de interesse.....	134
Figura 51	- Histogramas da acessibilidade da baixa renda para 2015 e 2000.....	135
Figura 52	- Acessibilidade média da baixa renda por região para 2015 e 2000.....	135
Figura 53	- Distribuição espacial da acessibilidade da baixa renda para 2015 e 2000.....	136
Figura 54	- Distribuição espacial da acessibilidade da baixa renda para 2000.....	136
Figura 55	- Histogramas da acessibilidade da alta renda para 2015 e 2000.....	137
Figura 56	- Acessibilidade média da alta renda por região para 2015 e 2000.....	138
Figura 57	- Distribuição espacial da acessibilidade da alta renda para 2015 e 2000.....	139
Figura 58	- Distribuição espacial da acessibilidade da alta renda em 2000.....	139
Figura 59	- Mapas Bi-Lisa cluster da acessibilidade da baixa renda para 2015.....	149
Figura 60	- Mapas Bi-Lisa cluster da acessibilidade da baixa renda para 2000.....	151
Figura 61	- Mapas Bi-Lisa cluster da acessibilidade da alta renda para 2015.....	152
Figura 62	- Mapas Bi-Lisa cluster da acessibilidade da alta renda para 2000.....	153
Figura 63	- Coeficientes do modelo da acessibilidade da baixa renda para 2015.....	154
Figura 64	- Coeficientes do modelo da acessibilidade da baixa renda para 2000.....	155
Figura 65	- Coeficientes do modelo da acessibilidade da alta renda para 2015.....	156
Figura 66	- Coeficientes do modelo da acessibilidade da alta renda para 2000.....	157
Figura 67	- Acessibilidade média da baixa renda por região para 2015 e 2030.....	159
Figura 68	- Distribuição espacial da acessibilidade da baixa renda para 2015 e 2030.....	160
Figura 69	- Distribuição espacial da acessibilidade da baixa renda para 2030.....	160
Figura 70	- Acessibilidade média da alta renda por região para 2015 e 2030.....	161
Figura 71	- Distribuição espacial da acessibilidade da alta renda para 2015 e 2030.....	162
Figura 72	- Distribuição espacial da acessibilidade da alta renda para 2030.....	162
Figura 73	- Identificação das zonas problemáticas e críticas do Tipo A.....	164
Figura 74	- Identificação das zonas problemáticas do Tipo B.....	165
Figura 75	- Identificação das zonas críticas do Tipo B.....	165
Figura 76	- Identificação das zonas problemáticas e críticas do Tipo C.....	166

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Exemplo das Relações entre os Subsistemas .....	34
Tabela 2	- Fonte de dados das variáveis .....	69
Tabela 3	- Domicílios por classe de renda .....	83
Tabela 4	- Empregos por tipo de atividade e em 2000 e em 2015 .....	86
Tabela 5	- Uso do solo das inscrições em 2007 e 2015 .....	88
Tabela 6	- Classificação arquitetônica das inscrições em 2007 e 2015 .....	89
Tabela 7	- Coeficientes intersetoriais do tipo 3 - consumo dos setores C e D - em 2000 e em 2015 .....	106
Tabela 8	- Coeficientes intersetoriais do tipo 3 - consumo do setor E - em 2000 e em 2015 .....	106
Tabela 9	- Coeficientes intersetoriais do tipo 4 em 2000 e em 2015 .....	107
Tabela 10	- Área por tipo de solo em 2000 e em 2015 .....	110
Tabela 11	- Matriz de correlação entre os tipos de solo e os setores transportáveis em 2000 e em 2015 ...	111
Tabela 12	- Consumos mínimo e máximo por tipo de solo e por setor transportável em 2000 e 2015 .....	112
Tabela 13	- Elasticidades por tipo de solo por setor transportável em 2000 e em 2015 .....	113
Tabela 14	- Penalidades por tipo de solo por setor transportável em 2000 e em 2015 .....	113
Tabela 15	- Factor Price e Elasticidade calibrados em 2000 e em 2015 .....	115
Tabela 16	- Valores dos tempos de viagem e de espera por categoria de transporte .....	121
Tabela 17	- Viagens mínima e máxima e elasticidade por categoria de transporte em 2000 e em 2015 .....	121
Tabela 18	- Parâmetros das funções de utilidade para a escolha de modo e rota em 2000 .....	122
Tabela 19	- Parâmetros das funções de utilidade para a escolha de modo e rota em 2015 .....	123
Tabela 20	- Medidas de desempenho modeladas e coletadas do sistema de transportes em 2000 .....	124
Tabela 21	- Medidas de desempenho modeladas e coletadas do sistema de transportes em 2000 .....	125
Tabela 22	- Coeficientes intersetoriais para 2030 .....	130
Tabela 23	- Elasticidades da decisão locacional em 2030 .....	130
Tabela 24	- Elasticidades e penalidades do consumo de solo em 2030 .....	130
Tabela 25	- Oferta de empregos .....	141
Tabela 26	- Demanda por empregos .....	142
Tabela 27	- Relação oferta/demanda de empregos .....	143
Tabela 28	- Distância às centralidades .....	143
Tabela 29	- Cobertura do sistema de transportes .....	145
Tabela 30	- Frequência do transporte público .....	145
Tabela 31	- Elementos de alta capacidade do sistema de transporte .....	146
Tabela 32	- Conectividade do sistema de transporte .....	147
Tabela 33	- Distância a um terminal .....	148
Tabela 34	- Distância a uma interseção de alta capacidade .....	148
Tabela 35	- Coeficientes médios por zona e por restrição da acessibilidade da baixa renda para 2015 .....	154
Tabela 36	- Coeficientes médios por zona e por restrição da acessibilidade da baixa renda para 2000 .....	155
Tabela 37	- Coeficientes médios por zona e por restrição da acessibilidade da alta renda para 2015 .....	156
Tabela 38	- Coeficientes médios por zona e por restrição da acessibilidade da alta renda para 2000 .....	156
Tabela 39	- Hierarquização das Zonas .....	167

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	15
1.1	Contextualização .....	15
1.2	Questões de Pesquisa.....	17
1.3	Objetivos .....	19
1.4	Estrutura.....	19
2	DIAGNÓSTICO ESTRATÉGICO NO PLANEJAMENTO DA ACESSIBILIDADE URBANA	21
2.1	Planejamento da acessibilidade urbana .....	21
2.2	Diagnóstico estratégico .....	25
2.3	Desigualdades socioespaciais na acessibilidade .....	29
2.4	Diagnóstico estratégico das desigualdades socioespaciais na acessibilidade .....	32
2.4.1	<i>Identificação da problemática.....</i>	32
2.4.2	<i>Caracterização da problemática .....</i>	35
2.4.3	<i>Diagnóstico da problemática.....</i>	38
2.5	Considerações finais.....	42
3	REPRESENTAÇÃO DAS RELAÇÕES CAUSAIS DAS DESIGUALDADES SOCIOESPACIAS NA ACESSIBILIDADE AO TRABALHO EM FORTALEZA .....	44
3.1	Desigualdades socioeconômicas.....	45
3.2	<i>Spatial mismatch</i> entre empregos e população.....	47
3.2.1	<i>Periferização da população de baixa renda.....</i>	50
3.2.2	<i>Descentralização da população de alta renda .....</i>	52
3.3	Ineficiências do subsistema de transportes .....	54
3.3.1	<i>Distribuição espacial da oferta do transporte público.....</i>	55
3.3.2	<i>Distribuição espacial da oferta da malha viária.....</i>	57
3.4	Representação conceitual das restrições da acessibilidade .....	59
3.5	Considerações Finais.....	61
4	MÉTODO DE CARACTERIZAÇÃO E DIAGNÓSTICO DAS DESIGUALDADES SOCIOESPACIAS NA ACESSIBILIDADE EM FORTALEZA .....	63
4.1	Caracterização da problemática .....	63
4.1.1	<i>Identificação das zonas de interesse .....</i>	64
4.1.2	<i>Definição de indicadores.....</i>	65
4.1.3	<i>Coleta e modelagem dos indicadores.....</i>	68
4.1.4	<i>Descrição da situação passada e presente .....</i>	69
4.2	Diagnóstico da problemática .....	71
4.2.1	<i>Análise das relações de dependência .....</i>	71
4.2.2	<i>Evolução passada da problemática.....</i>	73
4.2.3	<i>Prognóstico da problemática.....</i>	74
4.2.4	<i>Identificação das Zonas Problemáticas, Críticas e Prioritárias .....</i>	74

4.3	Considerações finais.....	76
5	ORGANIZAÇÃO DA BASE DE DADOS .....	79
5.1	Compatibilização das unidades espaciais de análise .....	79
5.2	Variáveis socioeconômicas.....	82
5.2.1	<i>Distribuição espacial da população .....</i>	<i>82</i>
5.2.2	<i>Distribuição espacial dos empregos.....</i>	<i>83</i>
5.2.3	<i>Distribuição espacial das matrículas .....</i>	<i>86</i>
5.2.4	<i>Distribuição do uso do solo.....</i>	<i>88</i>
5.3	Variáveis dos deslocamentos .....	91
5.3.1	<i>Distribuição Horária dos Deslocamentos.....</i>	<i>92</i>
5.3.2	<i>Tempo médio dos deslocamentos.....</i>	<i>93</i>
5.3.3	<i>Motivos dos deslocamentos .....</i>	<i>94</i>
5.3.4	<i>Oferta do sistema de transporte .....</i>	<i>94</i>
5.4	Considerações finais.....	95
6	CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO DO TRANUS .....	97
6.1	Método de calibração e validação do modelo Transus .....	98
6.2	Definições iniciais da modelagem.....	101
6.3	Calibração dos coeficientes intersetoriais .....	104
6.4	Calibração do modelo de interface .....	107
6.5	Calibração dos modelos de uso do solo.....	108
6.5.1	<i>Calibração dos modelos de consumo de solo.....</i>	<i>109</i>
6.5.2	<i>Modelo de escolha discreta para decisões locacionais.....</i>	<i>114</i>
6.6	Validação dos modelos de uso do solo .....	116
6.7	Calibração dos modelos de transportes.....	119
6.8	Validação dos modelos de transportes.....	125
6.9	Projeção do cenário 2015 .....	127
6.10	Cenário tendencial .....	129
6.11	Considerações finais.....	131
7	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....	133
7.1	Caracterização da problemática .....	133
7.1.1	<i>Identificação das zonas de interesse.....</i>	<i>133</i>
7.1.2	<i>Descrição da Desigualdade Tipo A.....</i>	<i>134</i>
7.1.3	<i>Descrição da Desigualdade Tipo B.....</i>	<i>137</i>
7.1.4	<i>Descrição das Restrições.....</i>	<i>139</i>
7.2	Diagnóstico da Problemática.....	149
7.2.1	<i>Análise das Relações de Dependência - Análise Exploratória .....</i>	<i>149</i>
7.2.2	<i>Análise das Relações de Dependência - Análise Confirmatória.....</i>	<i>153</i>
7.2.3	<i>Evolução Passada da Problemática.....</i>	<i>157</i>
7.2.4	<i>Prognóstico da Problemática .....</i>	<i>158</i>

<i>7.2.5 Identificação das Zonas Problemáticas, Críticas e Prioritárias</i> .....	163
<i>7.2.6 Hierarquização das Zonas</i> .....	166
<b>7.3 Considerações Finais</b> .....	169
<b>8 CONCLUSÕES</b> .....	172
<b>8.1 Contribuições Fenomenológicas</b> .....	172
<b>8.2 Contribuições Metodológicas</b> .....	173
<b>8.3 Recomendações Científicas</b> .....	176
<b>8.4 Recomendações Técnicas</b> .....	178
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	181

---

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Contextualização

A população mundial tem continuamente migrado para as áreas urbanas, já tendo superado a população que ainda reside em áreas rurais. No Brasil, 86% dos 202 milhões de habitantes residem em assentamentos urbanos (UNITED NATIONS, 2018). Essa crescente concentração de pessoas nas cidades pode impulsionar o desenvolvimento econômico e social; porém, em condições onde não há um planejamento que considere esse crescimento, as cidades se deparam com dificuldades para garantirem um desenvolvimento urbano sustentável. O planejamento inadequado produz uma série de dificuldades de garantia de direitos a todos os tipos de serviços públicos, estando incluída a garantia de acessar as mais diversas atividades.

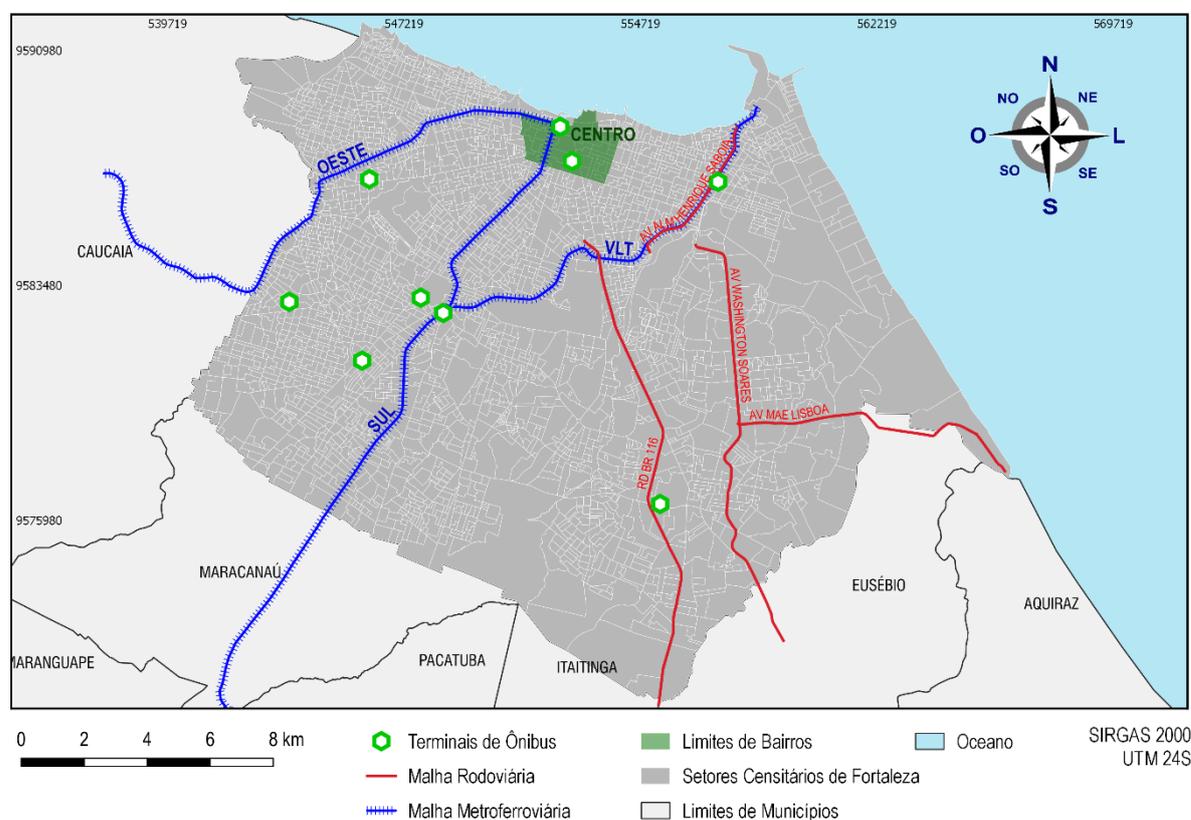
Em Fortaleza, o crescimento acentuado e desordenado tem empurrado a população de renda mais baixa para as periferias da cidade desde a década de 1930 (ANDRADE *et al.*, 2017), seja por meio da ação do mercado imobiliário, que impede a ocupação das áreas mais valorizadas, ou pela ação do poder público, com o financiamento e construção de conjuntos habitacionais nessas regiões (FREITAS; PEQUENO, 2015). Em um fenômeno mais recente, ocorre um processo de descentralização da população de renda mais alta em busca de espaços residenciais unifamiliares murados, presentes em loteamentos e condomínios fechados (COSTA; PEQUENO, 2015). Esses processos teriam seu impacto sobre a acessibilidade às oportunidades de emprego reduzido se fossem acompanhados de uma descentralização das oportunidades de empregos. Embora a maioria da população de baixa renda esteja situada no lado oeste da cidade é no bairro Centro (Figura 1) e arredores onde os empregos estão concentrados (CASTRO, 2019).

De maneira geral, Lima *et al.* (2019) percebem a existência de duas cidades que compartilham a mesma centralidade de oferta de empregos: (1) a primeira da população de alta renda, onde esse segmento populacional concentra-se em maior intensidade, acrescida também do lado leste, para onde esse grupo vem consolidando seu vetor de autossegregação e onde os empregos já começam a aparecer em quantidade considerável; (2) a segunda da população de baixa renda, localizada no lado oeste, vetor de periferização cada vez mais consolidado pela segregação residencial imposta à população de baixa renda espacialmente distante das oportunidades de emprego.

Entretanto, desigualdades de acesso não são o resultado apenas das políticas de ocupação do espaço urbano, as intervenções de transportes também podem contribuir no agravamento das condições de acessibilidade da população. A malha viária e a rede de transporte coletivo têm funcionado como forças motrizes de expansão das grandes cidades, uma vez que induzem o uso e a ocupação do solo (NEWMAN; KENWORTHY, 1996). O alcance de longas distâncias promovido pelos modos motorizados permite um crescimento pouco denso e desordenado, criando condições de acesso a áreas distantes das zonas centrais mais urbanizadas. Em Fortaleza, o lado oeste é servido por grande oferta de transporte público, enquanto no lado leste da cidade são mais evidentes as intervenções de ampliação da oferta da

malha viária. Em ambos os casos, a expansão dessas opções de deslocamento tem acompanhado e até induzido a expansão urbana (FUCK JÚNIOR, 2008; LIMA *et al.*, 2019).

Figura 1 - Localização do Município de Fortaleza e seus principais eixos de transportes.



São por essas condições de ocupação do solo e de transportes que as desigualdades de acesso às oportunidades de emprego se consolidam em Fortaleza. Primeiro, porque as áreas periféricas possuem acessibilidade mais reduzida, quando comparadas às áreas centrais da cidade, devido sua imensa concentração de oportunidades de empregos (ANDRADE *et al.*, 2017; SOUZA; LOUREIRO, 2018). Segundo, porque a ‘Cidade dos Ricos’, encontra-se quase totalmente inserida no espaço da forte centralidade do território urbano e metropolitano, onde se concentra a oferta da grande maioria das oportunidades de emprego para todas as faixas de renda, permitindo, para quem mora ali, alcançar rapidamente seus postos de trabalho por automóvel; enquanto a ‘Cidade dos Pobres’, vem sendo historicamente segregada em áreas com as piores condições de acessibilidade às suas oportunidades de emprego, além de comprometer uma fatia elevada do seu orçamento familiar com transporte, quando forçada à informalidade do emprego (LIMA *et al.*, 2019). Terceiro, porque a continuidade do fenômeno do espraiamento urbano tende a agravar o já problemático quadro de desigualdades socioespaciais na acessibilidade da cidade, pois a descentralização da alta renda acontece na direção leste com as melhores condições de acessibilidade, e é ainda beneficiada por novos investimentos de ampliação da oferta viária e uma conseqüente valorização do seu capital imobiliário, tendendo ao aumento da oferta de empregos; enquanto, no lado oposto da cidade, a periferização da população de baixa renda a isola em regiões com os piores níveis de acessibilidade, exigindo

---

do poder público elevados investimentos em corredores de transporte de massa, com longos períodos de implantação e maturação, sem o suporte de uma legislação urbana que desincentive a monofuncionalidade do solo e que promova a geração de empregos nessas regiões periféricas (CASTRO, 2019).

Baixos níveis de acessibilidade tendem a estar relacionados com o agravamento de problemas sociais. No caso das desigualdades socioespaciais na acessibilidade, decorrentes das diferenças locais de empregos e moradias e das condições de renda de cada grupo populacional, a população que possui as piores condições de acesso é também aquela que possui os níveis mais elevados de desemprego (JOHNSON; ERCOLANI; MACKIE, 2017; MENEZES, 2015); é também ela que precisa gastar mais tempo em longos deslocamentos e, conseqüentemente, ter menos tempo para participar de mais atividades sociais (SHARMEEN; ARENTZE; TIMMERMANS, 2014), reduzindo sua qualidade de vida e ampliando as desigualdades sociais, além de poder estar socialmente excluída (BANISTER, 2002). Por tantas conseqüências, as desigualdades tornam-se um tema de constante debate na literatura. Nos transportes, as desigualdades podem ser conseqüência de investimentos desiguais no fornecimento desses serviços (CUI *et al.*, 2019) e, por isso, busca-se planejar os transportes de tal forma que promova equidade na distribuição da acessibilidade (DEBOOSERE; EL-GENEIDY; LEVINSON, 2018; GARCIA *et al.*, 2018; GEURS; DE MONTIS; REGGIANI, 2015; PEREIRA; SCHWANEN; BANISTER, 2017; VAN WEE; GEURS, 2011).

Esses elementos contribuem para a evolução do processo de planejamento urbano voltado para questões relacionadas com os deslocamentos de bens e de pessoas. Conceitualmente, o foco da análise da mobilidade motorizada individual foi alterado para a acessibilidade às atividades a serem desenvolvidas (BANISTER, 2008; BERTOLINI; LE CLERCQ; KAPOEN, 2005). Quanto aos atores e funções urbanas envolvidas nesse processo, foi incorporado o subsistema de uso do solo (HULL, 2005; STRAATEMEIER; BERTOLINI, 2008), reconhecida a existência do subsistema de atividades (LOPES; LOUREIRO; VAN WEE, 2018; VAN WEE, 2002) e começa a utilizar os princípios de equidade e sustentabilidade como norteadores da definição dos problemas e objetivos (GARCIA, 2016). Todos esses elementos combinados a um método eficiente de planejamento devem garantir o desenvolvimento socioespacial da população, promovendo assim a qualidade de vida e a justiça social (GARCIA *et al.*, 2018).

## 1.2 Questões de Pesquisa

A acessibilidade, entendida como a facilidade que indivíduos possuem de alcançar atividades ou destinos por meio de uma combinação de modos de transportes (GEURS; VAN WEE, 2004), incorpora as intra e interrelações entre os subsistemas de transportes, uso do solo (HANSEN, 1959) e atividades. Dessa forma, elementos desses três subsistemas contribuem diretamente nos níveis de acessibilidade de um grupo de indivíduos para acessar determinada atividade. Já foram avaliados os efeitos que problemas do subsistema de uso do solo possuem sobre as desigualdades na acessibilidade em Fortaleza (ANDRADE *et al.*, 2017; CASTRO, 2019; LIMA *et al.*, 2019). Entretanto, ainda é necessário conhecer o impacto que os subsistemas

---

de atividades e de transportes possuem nessas desigualdades, além de verificar quais delas contribuem mais na consolidação dessas desigualdades na cidade.

Para que se compreendam as desigualdades na acessibilidade, deve-se utilizar um método de análise para que seja possível extrair informações úteis sobre a problemática, sendo esse procedimento denominado de “diagnóstico estratégico da problemática” (SOARES; LOUREIRO; MILLER, 2018). Essa fase é responsável por analisar as magnitudes e as causas das desigualdades da acessibilidade e antecede a proposição e avaliação de alternativas (GARCIA *et al.*, 2018). Neste processo os indicadores são responsáveis por representar a acessibilidade e outros elementos urbanos de interesse, permitindo sua operacionalização (VAN WEE, 2016). Eles são elementos fundamentais do esforço de compreensão (das desigualdades) da acessibilidade (SOARES, 2014), elementos de suporte na definição de objetivos (MAY, 2003), ou ainda, elementos de ligação entre a definição de metas e objetivos e a análise das alternativas propostas (MEYER; MILLER, 2001).

Dada a complexidade e heterogeneidade do fenômeno analisado, a utilização de um modelo integrado entre os subsistemas de uso do solo e dos transportes (LUTI, do inglês *Land Use and Transport Interaction*) que simule as intra e interrelações dos subsistemas urbanos (LOPES; LOUREIRO; VAN WEE, 2018) pode contribuir na obtenção de indicadores de acessibilidade mais completos. Para isso, esse modelo precisa estar devidamente calibrado e validado, sendo esse último um procedimento de dificuldade inerente aos modelos integrados, com poucos esforços que conseguiram gerar resultados satisfatórios (MILLER, 2018). Entende-se ainda que o processo metodológico de calibração e validação contribua não apenas como simulador de indicadores, mas também como ferramenta de aprendizado (PEREIRA; QUINTANA, 2002; WILLSON, 2001) sobre as decisões locacionais e de transportes dos usuários e sua influência sobre os níveis de acessibilidade da população.

Baseado nessas preocupações metodológicas e fenomenológicas, apresentam-se a seguir as questões de pesquisa que devem direcionar o desenvolvimento desta pesquisa:

- O quanto os níveis de acessibilidade ao trabalho estão se modificando em Fortaleza?
- Quais e o quanto os elementos dos subsistemas de atividades, uso do solo e transportes interferem nas desigualdades socioespaciais na acessibilidade ao trabalho de Fortaleza?
- Como diagnosticar estrategicamente as desigualdades socioespaciais da acessibilidade ao trabalho em Fortaleza?
- Como validar um modelo integrado do uso do solo e dos transportes para que dê suporte ao esforço de compreensão das desigualdades na acessibilidade ao trabalho para Fortaleza?

### 1.3 Objetivos

Considerando as questões de pesquisa apresentadas, o objetivo geral desta pesquisa é diagnosticar estrategicamente as desigualdades socioespaciais da acessibilidade ao trabalho em Fortaleza, reconhecendo sua complexidade e diversidade de subsistemas que atuam na formação dos níveis de acessibilidade da população. Em busca de atender esse objetivo, são propostos os seguintes objetivos específicos:

- Identificar as possíveis causas das desigualdades socioespaciais na acessibilidade ao trabalho em Fortaleza que tenham como origem os subsistemas de atividades, uso do solo ou transportes;
- Propor um método de diagnóstico estratégico que possa ser incorporado ao processo de planejamento e que avance na definição de estratégias que supram as necessidades do atual paradigma de planejamento de transportes;
- Consolidar bases de dados que permitam a coleta e simulação de indicadores úteis ao diagnóstico estratégico dos problemas em questão;
- Calibrar e validar um modelo integrado do uso do solo e dos transportes para Fortaleza que possibilite a coleta de indicadores úteis ao diagnóstico estratégico, e que auxilie na compreensão da problemática.
- Analisar o quanto e por quais fatores os níveis de acessibilidade estão se modificando em Fortaleza e como essas alterações interferem nas desigualdades socioespaciais na acessibilidade ao trabalho da cidade.

### 1.4 Estrutura

Para atingir esses objetivos, esse texto foi subdividido em oito capítulos. O primeiro em que foram apresentadas as questões de pesquisas, objetivos e justificativas para a realização deste trabalho. O segundo, no qual se discutem os avanços teóricos e metodológicos de consolidação do diagnóstico estratégico da problemática da desigualdade socioespacial na acessibilidade urbana apontando as lacunas existentes para que seja apresentada uma proposta metodológica adequada para a análise das desigualdades socioespaciais na acessibilidade ao trabalho em Fortaleza. No terceiro, discutem-se as possíveis causas de tais desigualdades e propõem-se um conjunto de restrições que podem estar limitando os níveis de acessibilidade da população, atingindo assim o primeiro objetivo específico dessa pesquisa. No quarto capítulo, apresenta-se uma proposta metodológica de diagnóstico estratégico que avança a partir das limitações apontadas no capítulo 2 e tem por base o diagnóstico das desigualdades na acessibilidade e suas restrições discutidas no capítulo 3, alcançando assim o segundo objetivo específico. No quinto, discutem-se os procedimentos metodológicos e os produtos da consolidação das bases de dados socioeconômicos e de viagens de Fortaleza necessárias ao diagnóstico, atingindo o terceiro objetivo específico desta tese. No sexto, apresentam-se e aplicam-se os métodos de calibração e validação de um modelo integrado agregado para Fortaleza, foco do quarto objetivo específico. No sétimo capítulo são apresentados os resultados

e análises do diagnóstico da problemática das desigualdades socioespaciais na acessibilidade em Fortaleza, concluindo assim o quinto objetivo específico desta tese. Por fim, o oitavo capítulo apresenta as conclusões da tese, no qual ressaltam-se as contribuições metodológicas e fenomenológicas deste trabalho e recomendações científicas e técnicas.

---

## 2 DIAGNÓSTICO ESTRATÉGICO NO PLANEJAMENTO DA ACESSIBILIDADE URBANA

Apesar da conveniência proporcionada em quantificar e prever o comportamento dos diversos elementos dos transportes (WILLSON, 2001) e da frequente evolução das ferramentas utilizadas para este fim (KANE; BEHRENS, 2002), a abordagem do tipo “prever e prover” (OWENS, 1995), já não consegue acompanhar as necessidades do planejamento da acessibilidade, as quais serão apresentadas na primeira parte (sessões 2.1, 2.2 e 2.3) deste capítulo. Na segunda parte (sessões 2.4 e 2.5), serão avaliados esforços de diagnóstico estratégico da problemática da acessibilidade, com o intuito de identificar as limitações destas propostas, para embasar uma proposta metodológica de diagnóstico mais adequada ao paradigma de planejamento atual.

### 2.1 Planejamento da acessibilidade urbana

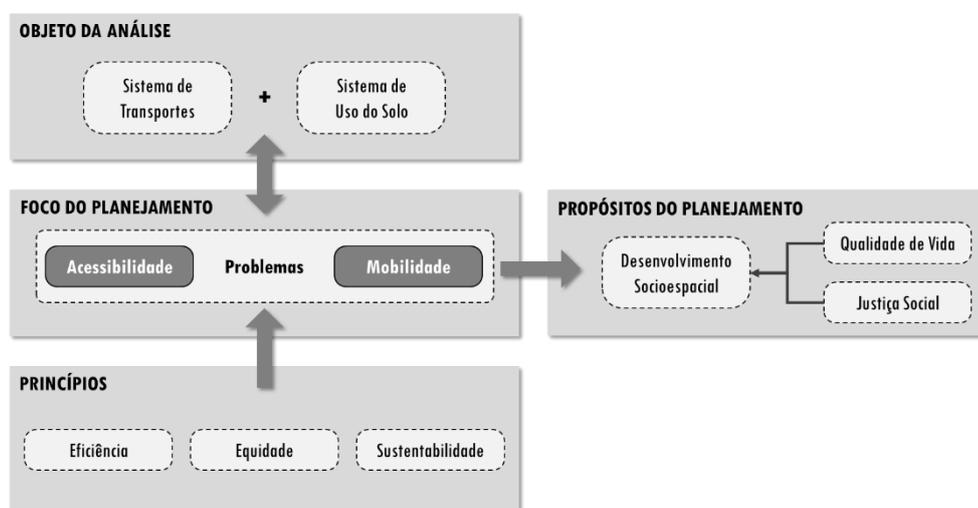
Na abordagem de planejamento de transportes utilizada décadas atrás os problemas eram problemas funcionais de transportes (congestionamentos, atrasos, acidentes, etc.) e restritos a uma interpretação funcional do sistema, em termos de tráfego (LOPES; CAVALCANTE; LOUREIRO, 2018). Os esforços empreendidos para o desenvolvimento de planos de transporte, partiam de objetivos previamente estabelecidos e a principal meta destes planejamentos era a elaboração de propostas orçamentárias para viabilizar o investimento em nova infraestrutura de transportes, ou na melhoria da rede já existentes (BRUTON, 1979). O contínuo aumento da oferta alcançava uma redução imediata dos níveis de congestionamento, mas no longo prazo implicaram em crescente dependência de veículos motorizados individuais (MEYER; MILLER, 2001). Essa dependência tem impactos negativos não só nos níveis de mobilidade pela incapacidade de provisão indefinida de infraestrutura, mas também ao meio ambiente e saúde pela emissão de gases poluentes e sedentarismo. O paradigma do planejamento de transportes é baseado em dois aspectos: proposição de infraestrutural na forma de rede de transportes e na avaliação a capacidade atual e futura (LOPES; CAVALCANTE; LOUREIRO, 2018).

Em um segundo momento do planejamento, identificado como planejamento da mobilidade, percebeu-se a necessidade de enfatizar a importância dos indivíduos, usuários do sistema, em detrimento da infraestrutura, que serviria apenas de meio para alcançar melhorias (GARCIA, 2016). O termo mobilidade remete à ideia de preocupação com o desempenho do sistema de transportes (BHAT *et al.*, 2000). O planejamento da mobilidade, portanto, leva em consideração, principalmente, as viagens, sem maiores preocupações com seus motivos. Suas soluções baseiam-se normalmente em garantir mais quantidade de viagens. Diferente do paradigma anterior, o planejamento da mobilidade se baseia em dados de desequilíbrio entre oferta e demanda, incorporando o conceito de desempenho do sistema, bem como é influenciado por características externas ao sistema de transportes, como a distribuição espacial das atividades (LOPES; CAVALCANTE; LOUREIRO, 2018).

O esforço atual de planejamento do subsistema de transportes apresenta diferenças conceituais, morais e metodológicas, resultando na proposta de uma abordagem de planejamento que destaca a importância e a combinação de novos valores e princípios como acessibilidade, equidade e sustentabilidade (BANISTER, 2008; HANDY, 2016; KENWORTHY, 2007; MACÁRIO, 2016). Nas últimas duas décadas, o planejamento urbano integrado, reinterpretado como o paradigma de planejamento da acessibilidade, tem sido apontado como a abordagem mais adequada para tratar conjuntamente as questões de transportes e uso do solo que afetam os problemas de acessibilidade das populações urbanas (BERTOLINI; LE CLERCQ; KAPOEN, 2005; CURTIS, 2008; HALDEN, 2009).

Esse paradigma tem como propósito o desenvolvimento socioespacial da região planejada, contribuindo para uma melhoria da qualidade de vida e justiça social da população. Para que isso ocorra, os problemas de acessibilidade e mobilidade urbanas precisam ser solucionados ou mitigados através de uma análise sistematizada, que incorpore uma avaliação dos problemas promovendo aprendizado aos atores envolvidos no planejamento. Essa análise deve reconhecer os elementos dos subsistemas urbanos que influenciam esses problemas, enquanto a definição do que é um problema deve estar embasada em princípios norteadores, especificamente a eficiência, a equidade e a sustentabilidade, como sintetizado na Figura 2 de Garcia (2016).

Figura 2 - Paradigma do planejamento da acessibilidade e mobilidade

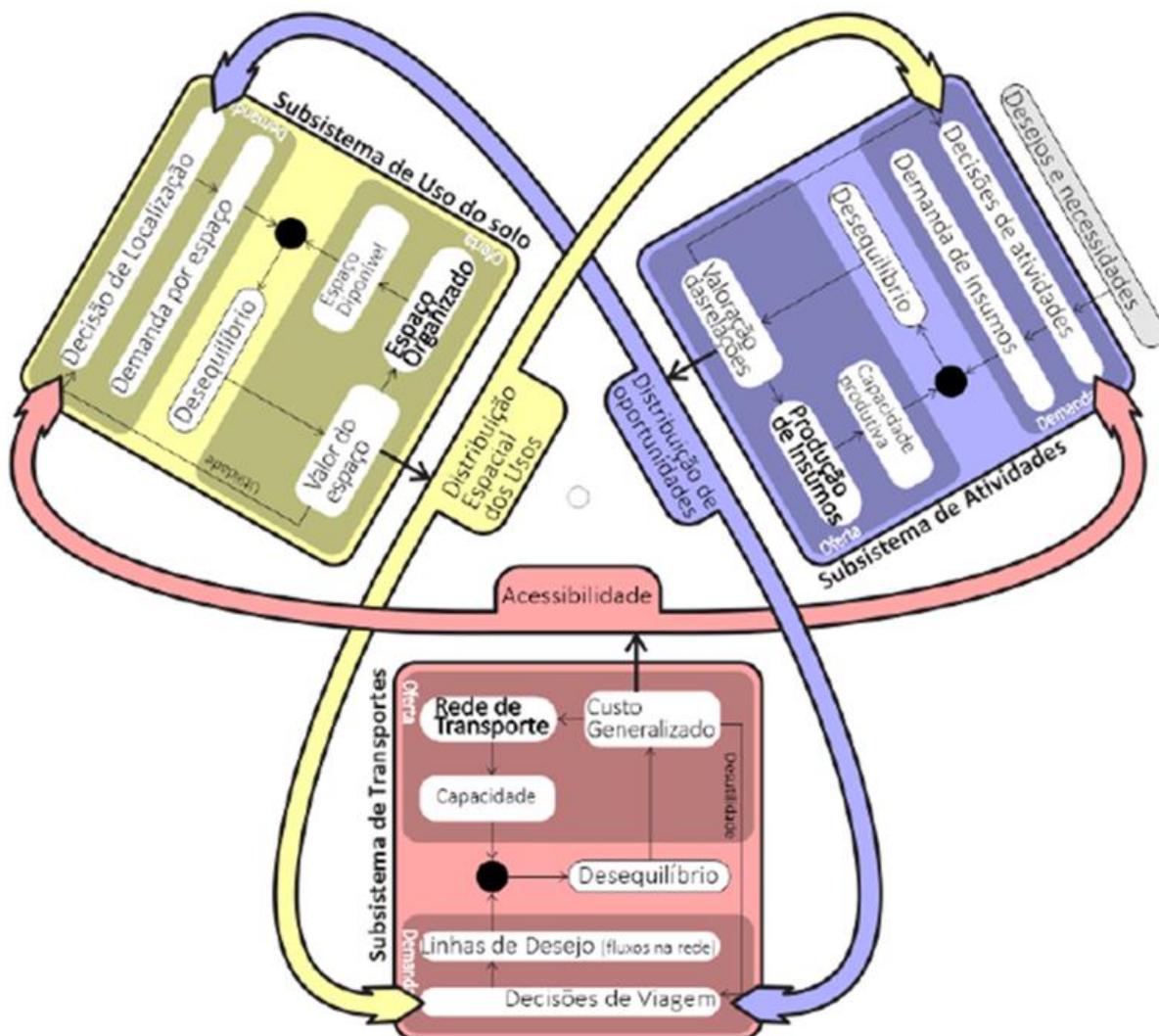


Fonte: Adaptado de Garcia (2016)

Em busca de uma melhor compreensão do objeto de estudo do planejamento, Lopes (2015) representou o fenômeno urbano como sendo dividido em três subsistemas: transportes, uso do solo e atividades (Figura 3). Enquanto as inter e intrarrelações dos subsistemas de uso do solo e dos transportes são temas recorrentes das análises do planejamento e modelagem do uso do solo, o subsistema de atividades existe por três motivos (LOPES; LOUREIRO; VAN WEE, 2018): a) a participação em atividades é a principal razão das decisões humanas, incluindo decisões locais e de viagens; b) participar de atividades se apresenta como um conjunto de decisões que diferem substancialmente das decisões locais ou de viagens; c) apenas atividades que acontecem no espaço, consumindo solo, ou aquelas que resultam em

movimentos físicos, utilizando a rede de transportes, é que são de interesse para os planejadores LUTI.

Figura 3 - Modelo (ALUTI)

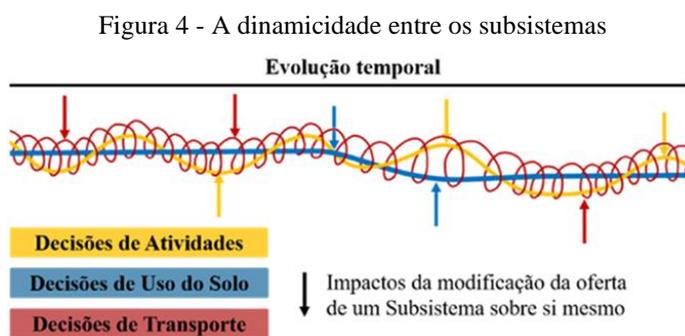


Fonte: Lopes (2015)

Cada um dos três subsistemas interage diretamente com os demais e são internamente representados como relações de demanda e oferta. Nos transportes, a demanda é por viagens; a oferta é da rede de transportes e suas capacidades; e o indicador da relação entre eles é o custo generalizado de deslocamento, que impacta na própria demanda. No uso do solo, a demanda é limitada pela oferta de espaço disponível e por seu valor, resultado da interação entre os dois componentes. Por fim, a demanda por atividades é regulada pela capacidade produtiva e pelo valor (não necessariamente monetário) de produtos e serviços, sendo esse o indicador do nível de serviço deste subsistema. O subsistema de transportes impacta nas decisões dos demais a partir das dificuldades impostas pelos deslocamentos, ou seja, por sua resultante de acessibilidade infraestrutural; já o subsistema de uso do solo por meio da espacialização dos usos; enquanto o subsistema de atividades impacta através das restrições socioeconômicas

impostas à participação em atividades, mas que ainda não tiveram sua localização definida. Esses processos, que modificam a estrutura urbana e são significativos no desenvolvimento das cidades, possuem diferentes escalas temporais (WEGENER; GNAD; VANNAHME, 1986).

Uma representação que se acredite adequar a esta definição de dinamicidade é apresentada na Figura 4. Neste caso, as decisões de viagens (decisões da demanda do subsistema de transportes) são as mais rápidas, uma vez que os indivíduos decidem, num curto intervalo de tempo, se irão ou não se deslocar, qual modo e rota utilizar. As decisões locais que envolvem o consumo de solo (decisões da demanda do subsistema de uso do solo) são as mais lentas. E as decisões que não envolvem componentes espaciais (decisões da demanda do subsistema de atividades), como participar ou não de determinada atividade, modifica-se a uma velocidade intermediária entre as duas citadas previamente (WEGENER; GNAD; VANNAHME, 1986).



Fonte: Sousa, Loureiro e Lopes (2017)

Cada um desses tipos de decisões pode ser influenciado por modificações na oferta do subsistema a que pertencem, por exemplo, a modificação na divisão modal de uma cidade por conta de uma linha de metrô que acaba de ser implantada; mas podem também se modificar por conta das decisões de outros subsistemas, como no caso da localização de novas atividades, com alterações no uso do solo, ao longo dessa mesma linha de metrô (SOUSA; LOUREIRO; LOPES, 2017). A definição de dinamicidade está atrelada à definição de equilíbrio, pois se as decisões se modificam em escalas temporais distintas então não existe equilíbrio entre essas decisões (WEGENER, 2004). É mais provável que os subsistemas urbanos estejam em um constante processo de adaptação inercial, com os atores tomando decisões considerando não apenas o desempenho passado de cada subsistema, mas também as condições esperadas para o futuro (HUNT; KRIGER; MILLER, 2005).

Reconhecer as inter e intrarrelações entre esses três subsistemas auxilia na interpretação da problemática analisada, permitindo uma adequada proposição das relações de causalidade entre os problemas. Outros problemas urbanos acabam por se aglutinar aos problemas do subsistema de transportes com essa abordagem. Problemas de acessibilidade, por exemplo, podem ser causados por problemas internos do subsistema de transportes, como uma baixa oferta de transporte público; mas podem também ser causados por problemas do subsistema de uso do solo, como a periferação da população; ou ainda por problemas do subsistema de atividades, como o desemprego. Dessa forma, amplia-se o número de

especialidades envolvidas neste esforço de planejamento, mas amplia-se também a capacidade de solucionar (ou pelo menos mitigar) os problemas em questão, uma vez que uma maior diversidade de causas é considerada.

## 2.2 Diagnóstico estratégico

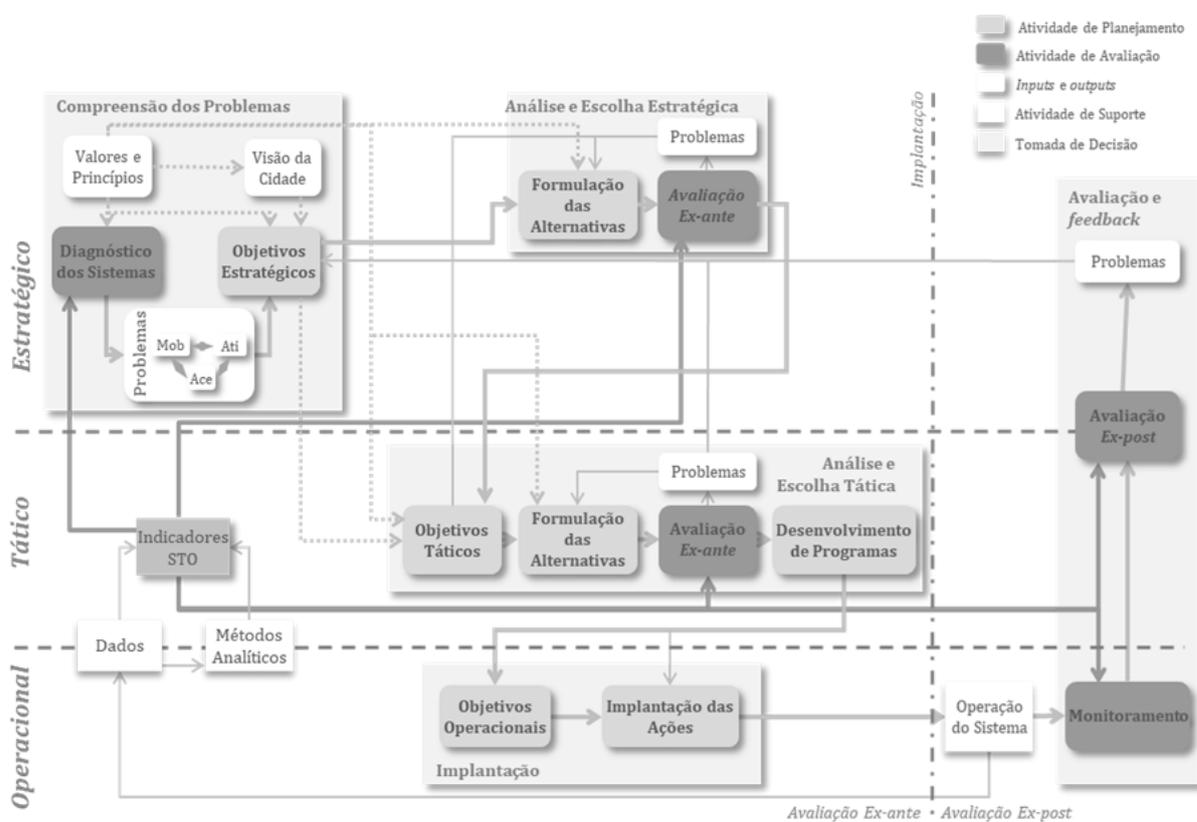
Ampliar o foco do planejamento não é suficiente para superar as limitações dos esforços de planejamento tradicionais. Os problemas que envolvem o subsistema de transportes possuem diversas dimensões, muitas vezes antagônicas: fluidez x segurança, eficiência econômica x equidade da acessibilidade, mobilidade regional x impactos locais, entre outras. Vriens e Hendriks (2005) apontam a necessidade de uma abordagem sistematizada para identificar e compreender os problemas, antes de definir objetivos e políticas de intervenção (soluções). O processo de planejamento deve então possuir uma abordagem orientada aos problemas, que possa sistematizar a compreensão destes, suas causas e avaliar a efetividade das soluções (WILLSON, 2001). A identificação e compreensão dos problemas deve então embasar os objetivos, capazes de conciliar interesses conflitantes a partir de uma visão desejada para a região planejada (SOARES; LOUREIRO; MILLER, 2018).

Garcia (2016) elaborou uma proposta metodológica do planejamento da acessibilidade e mobilidade urbanas que considera diferentes níveis de decisão: estratégico, tático e operacional (Figura 5). Este processo possui a acessibilidade como o principal interesse, o que possibilita a avaliação conjunta de aspectos relativos aos subsistemas de atividades, uso do solo e transportes. Na proposta metodológica de Garcia (2016), a compreensão dos problemas é realizada na fase de diagnóstico estratégico, a qual refere-se à avaliação do estado atual do sistema que deve guiar a formulação de objetivos, fase essa que é de interesse principal desta pesquisa. As fases seguintes relacionam-se com a proposição, avaliação e implantação das alternativas de solução. A fase final é a de a avaliação *ex-post*, que deve verificar se o sistema está operando de maneira adequada, se as alternativas implementadas estão produzindo os resultados esperados e se os objetivos estão sendo atendidos.

Considerando esse método de planejamento, ocorrem três tipos de avaliação (Figura 5): a) avaliação dos problemas: durante a compreensão do cenário base, por meio da caracterização (descrição da situação atual) e do diagnóstico (verificação das relações de causalidade) dos problemas; b) avaliação *ex-ante*, por meio da verificação dos impactos que as soluções propostas possuem sobre os problemas; e c) avaliação *ex-post*, por meio da qual verifica-se se as soluções implantadas conseguiram atingir os objetivos reduzindo ou eliminando os problemas (GARCIA, 2016). As análises desenvolvidas nesses três momentos são suportadas por diferentes cenários temporais de representação das características do Subsistema de Atividades (SA), do Subsistema de Uso do Solo (SUS) e do Subsistema de Transportes (ST). A avaliação dos problemas é realizada com o auxílio de dois cenários (GARCIA, 2016): i) um cenário base que fornece elementos para a análise dos problemas na situação atual; e ii) um cenário *do-nothing* que permite a avaliação da evolução dos problemas quando nenhuma solução é implantada. São ainda utilizados outros cenários que incorporam as soluções previstas ou implantadas, a fim de dar suporte às avaliações *ex-ante* e *ex-post*.

Esses três momentos de avaliação apresentam-se como ferramentas capazes de prover informações úteis sobre o objeto planejamento aos planejadores e tomadores de decisão, contribuindo na identificação das deficiências e oportunidades de melhoria do sistema urbano e no reconhecimento das possíveis implicações de suas decisões cenários (GARCIA, 2016). Para subsidiar tais conhecimentos, os técnicos (urbanistas, engenheiros, economistas entre outros especialistas) reduzem seu papel de protagonistas e detentores de todo o conhecimento sobre a dinâmica urbana e passam a coadjuvantes atuando como facilitadores dos debates entre os atores (BRÖMMELSTROET; BERTOLINI, 2011; PELZER; GEERTMAN, 2014; SAUJOT *et al.*, 2016).

Figura 5 - Processo de planejamento da acessibilidade e mobilidade urbanas

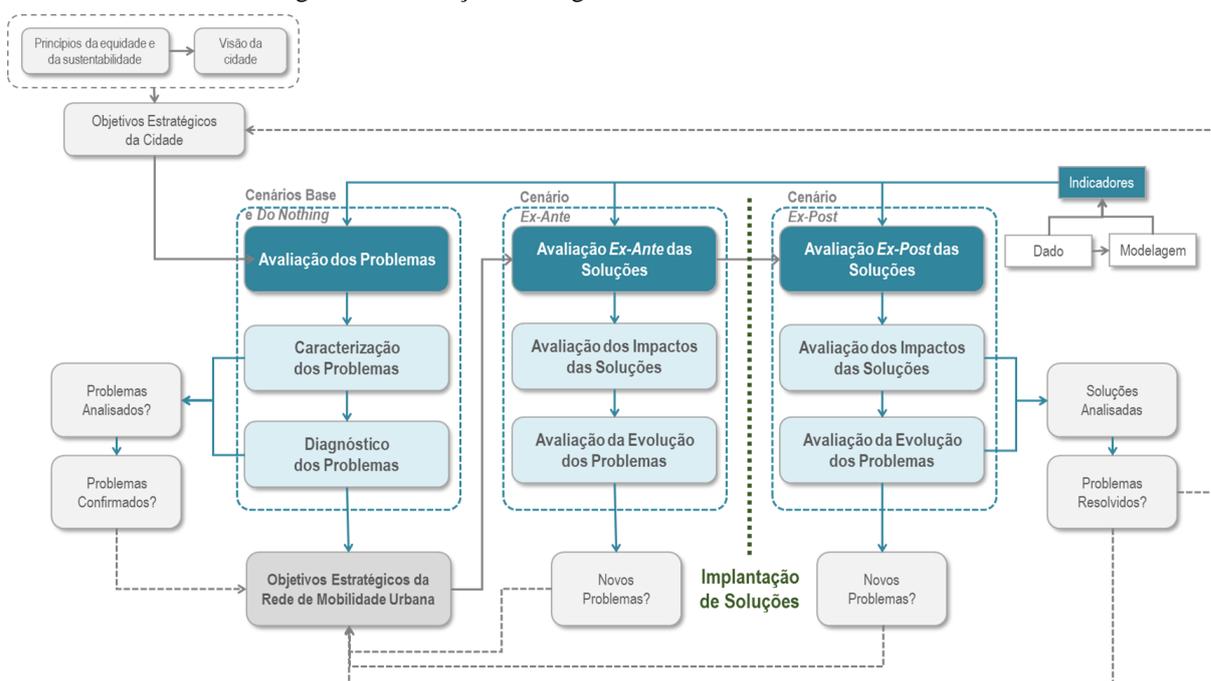


É para esse ambiente de diálogo e conflitos que precisam estar preparados para responder questionamentos e orientar os atores a compreenderem a problemática vivenciada e os impactos das intervenções propostas (TIMMERMANS, 2005). Os questionamentos desses atores podem buscar informações de cinco formas diferentes dentro desse ambiente de planejamento (KUNZ; RITTEL, 1970):

- Questões conceituais, solicitadas por um ator que deseja compreender um termo;
- Questões factuais, que buscam informações sobre a situação passada, presente ou futura da realidade.

- Questões deônticas<sup>1</sup>, que pedem a situação desejada, ou mais precisamente como deve ser o mundo.
- Questões instrumentais, que solicitam informações sobre as técnicas, meios e medidas pelas quais a situação desejada pode ser alcançada;
- Questões explicativas, que solicitam informações sobre as causas de um problema, que pode estar no passado ou no presente, e a cadeia de consequências de uma determinada ação no futuro.

Figura 6 - Avaliação estratégica da Rede de Mobilidade Urbana



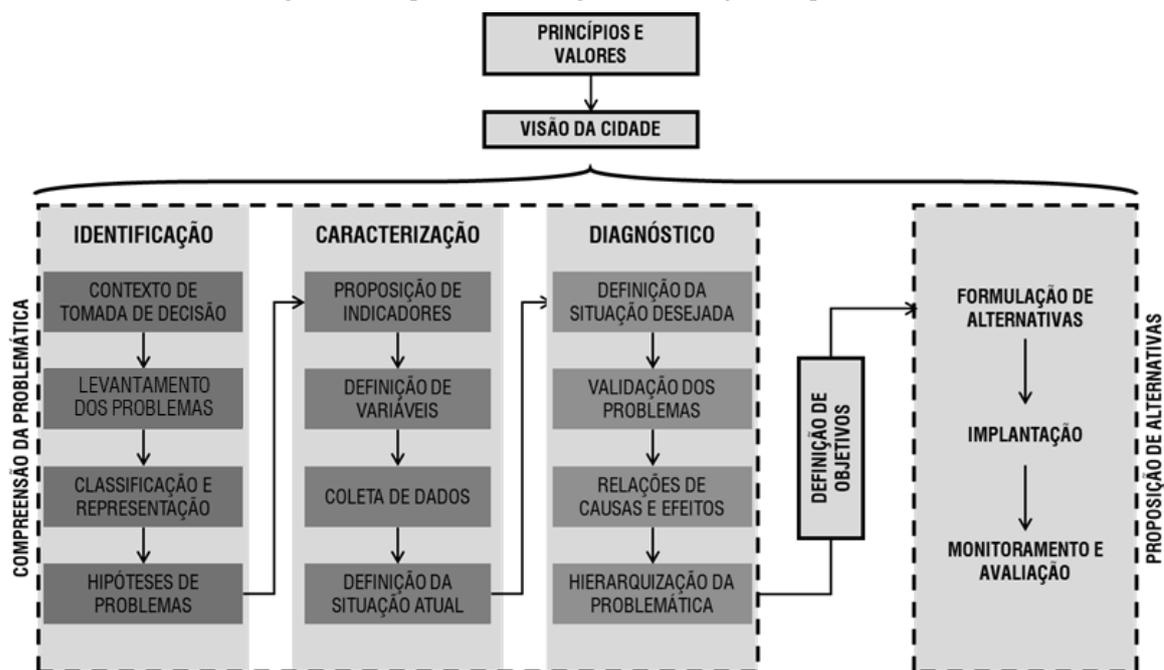
Fonte: Traduzido de Garcia (2016)

As questões conceituais são didáticas e exigem dos técnicos a capacidade de diálogo com os atores. O caso mais emblemático é possivelmente o da explicação do próprio conceito de acessibilidade a esses atores. As questões instrumentais e as explicativas (restritas àquelas que buscam avaliar as consequências das intervenções) estão relacionadas com a avaliação *ex-ante* ou *ex-post* de alternativas de soluções e não fazem parte do diagnóstico da problemática. Questões factuais, deônticas e as explicativas (restritas àquelas que tratam das relações de causalidade do problema) são inerentes ao esforço de compreensão da problemática e, portanto, ao diagnóstico estratégico.

<sup>1</sup> A modalidade deôntica da forma de se expressar é caracterizada como aquela que se encontra entre o obrigatório e o proibido, está relacionada com discursos praticados por agentes moralmente responsáveis que mobilizam valores sociais (opiniões, regras, normas, direitos, obrigações, etc) e com futuridade, geralmente marcada por elementos linguísticos como: é permitido, é desejável, é preciso, vai ter que, deveria, é importante, tem que ter, deve ter, etc. (LANFERDINI; CRISTOVÃO, 2017)

Soares, Loureiro e Miller (2018) elaboram uma proposta metodológica que discretiza a avaliação dos problemas nas etapas de identificação, caracterização e diagnóstico dos problemas (Figura 7). A identificação dos problemas reconhece os princípios e valores da sociedade, é norteadada por uma visão de cidade e tem como produto a classificação e representação das hipóteses de problemas e das suas respectivas relações de causalidade. Na caracterização busca-se quantificar e qualificar a situação atual dos problemas anteriormente levantados e representados com a utilização de indicadores e pode contribuir na construção de argumentos para a resolução de questionamentos factuais sobre o objeto. Já no diagnóstico propõe-se que os problemas sejam validados, a partir da definição de uma cidade de referência. Compete ainda ao diagnóstico a análise das relações de causalidade entre os problemas, com a utilização de um cenário de evolução da problemática, pelo qual seja possível verificar os problemas mais graves e quais evoluirão mais rápido, permitindo assim a hierarquização de tais problemas. Já que em um ambiente de planejamento, os recursos são normalmente escassos e os interesses dos atores que participarem desse processo são, muitas vezes, conflitantes. Dessa forma, o diagnóstico pode contribuir na construção das informações para solucionar questões deônticas e explicativas sobre o objeto.

Figura 7 - Proposta metodológica de avaliação dos problemas



Fonte: Traduzido de Soares et al. (2018)

Quando o foco do processo de planejamento são os problemas torna-se necessário ampliar a participação dos atores neste processo, pois são eles que percebem tais problemas, assim como farão uso das intervenções implantadas. Willson (2001) aponta a racionalidade comunicativa como um paradigma capaz de tornar os atores indispensáveis a este processo. Para isto, esse processo deve ser iterativo e cíclico, com ênfase na participação e aprendizado dos atores (CASSETTA *et al.*, 2015) por meio de discussões e negociação (MAY, 2003), em todas as oportunidades providas pelo planejamento.

### 2.3 Desigualdades socioespaciais na acessibilidade

A acessibilidade surgiu como uma medida do potencial de oportunidades de interação entre o homem e o meio (HANSEN, 1959), sendo comum encontrar definições que tendem a incorporar elementos dos subsistemas de uso do solo e de transportes (BHAT *et al.*, 2000; GEURS; ECK, 2012; HULL; SILVA; BERTOLINI, 2012). Geurs e van Wee (2004) a definem como a abordagem em que os subsistemas de uso do solo e transportes permitem que indivíduos alcancem atividades ou destinos por uma combinação de modos de transportes. Dessa forma, a provisão de acessibilidade às funções urbanas só pode ser garantida se for considerada a relação dos transportes com o uso do solo (MEYER; MILLER, 2001) e com as atividades (LOPES; LOUREIRO; VAN WEE, 2018).

Ao considerar essas relações, deve-se levar em conta que as decisões que as pessoas realizam em cada um desses subsistemas e suas relações, como o fato das pessoas ao decidirem residir consideram um *trade-off* entre níveis de acessibilidade e custos de moradia (MARTENS, 2012). Dessa forma, essa perspectiva enfatiza a ligação entre a acessibilidade e a liberdade de escolha das atividades que os indivíduos desejam realizar, ao mesmo tempo em que exige uma compreensão da acessibilidade que reconheça a diversidade das necessidades e das limitações das pessoas quando elas tomam decisões de transporte e locais; por isso, deve ser o foco do processo de planejamento dos transportes (PEREIRA; SCHWANEN; BANISTER, 2017), sendo assim percebida como uma necessidade social primária (VAN WEE; GEURS, 2011) e que precisa ser distribuída por uma política distributiva deliberada, ao invés de definida pela renda (MARTENS, 2012).

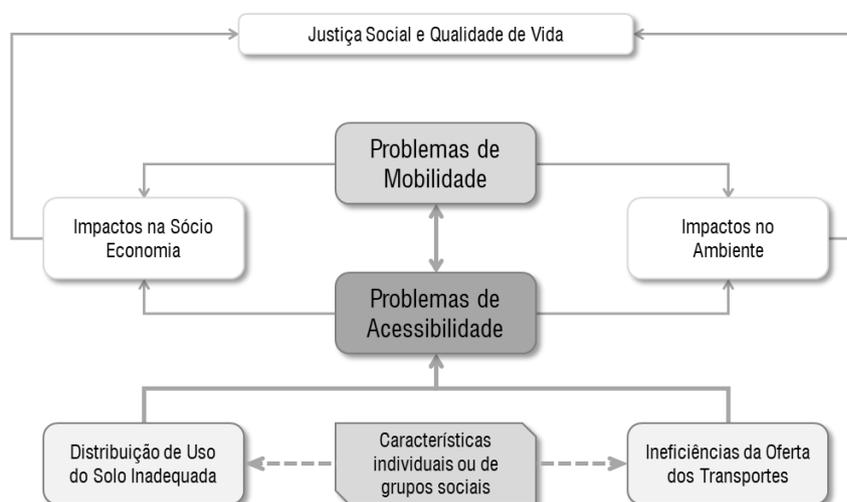
Apesar de Lopes, Loureiro e van Wee (2018) tratarem a acessibilidade como o elemento resultante das decisões do subsistema de transporte capaz de influenciar as decisões de outros subsistemas, as definições mais aceitas de acessibilidade incorporam também aspectos desses outros subsistemas. Geurs e van Wee (2004) propuseram um conceito a partir da existência de quatro componentes da acessibilidade: 1) componente dos transportes: desutilidade para um indivíduo se deslocar com um determinado modo; 2) componente do uso do solo: considera a quantidade, a qualidade e a distribuição espacial das oportunidades demandadas e ofertadas; 3) componente temporal: reflete as restrições temporais, ou seja, as oportunidades em diferentes períodos; e 4) componente individual: reflete as necessidades, as habilidades e oportunidades dos indivíduos, considerando características socioeconômicas. Dessa forma, deve-se investigar as características dos indivíduos, do uso do solo e dos transportes que determinam os níveis de acessibilidade, assim como seus impactos sobre as dimensões socioeconômicas e ambientais do sistema urbano, reconhecendo a dualidade de relações existente entre problemas de acessibilidade e mobilidade (GARCIA *et al.*, 2018) (Figura 8).

A definição de quais são os problemas de acessibilidade depende do estabelecimento de expectativas, que variam de acordo com os princípios coletivos como a eficiência, a equidade e a sustentabilidade (GARCIA, 2016). Defende-se a existência de um nível mínimo de acessibilidade para que as pessoas satisfaçam suas necessidades básicas (LUCAS; VAN WEE; MAAT, 2016), entretanto, por incorporar a dimensão espacial, uma abordagem de planejamento baseada na acessibilidade deve considerar também as desigualdades espaciais de

oportunidades, dimensão essa que é desconsiderada pelos filósofos políticos que se debruçam sobre as diferentes teorias da justiça social (PEREIRA; SCHWANEN; BANISTER, 2017).

A equidade também é um princípio relevante no processo de planejamento, pois algumas diferenças entre indivíduos podem impor limitações de oportunidades ou de participação em atividades colocando determinado grupo em uma posição de exclusão social (VAN WEE; GEURS, 2011). O tratamento igual entre os indivíduos é considerado injusto em uma análise de problemas urbanos sobre uma perspectiva equitativa (FEITELSON, 2002). Uma distribuição (espacial ou não) justa da acessibilidade é aquela em que os direitos e liberdades fundamentais dos indivíduos nunca devem ser violados ou sacrificados com base na melhoria dos níveis de acessibilidade de outros, já uma política de transporte será justa se distribuir investimentos e serviços de transporte de maneira a reduzir as desigualdades de oportunidades, em especial, priorizando grupos vulneráveis (MARTENS; GOLUB; ROBINSON, 2012).

Figura 8 - Relações causais da problemática da acessibilidade e mobilidade urbanas



Fonte: Traduzido de Garcia et al. (2018)

Análises de equidade nos transportes podem ser complexas porque existem diferentes formas de categorizar pessoas para análises de equidade (LITMAN, 2002). Garcia *et al.* (2018) propõem que a acessibilidade possui quatro tipos de categorias de desigualdades socioespaciais que podem levar a situações injustas (Figura 9): 1) distribuições desiguais sobre o espaço; 2) distribuições não-equânimes entre grupos sociais; 3) distribuições inadequadas quanto aos modos de transportes; e 4) distribuições insustentáveis entre gerações presentes e futuras. A primeira categoria se baseia na teoria do suficientarianismo e considera que, independentemente das suas diferenças, todos deveriam ter um nível mínimo de acesso às oportunidades. A segunda, por sua vez, parte de uma abordagem igualitária e assume que, considerando as diferenças (sociais, econômicas etc.), todos devem ter acesso às oportunidades desejadas. A terceira e a quarta categorias também se baseiam na teoria do suficientarianismo, com a terceira considerando que se deve ter um nível mínimo de acessibilidade por modos não-motorizados e públicos, enquanto na quarta considera-se que as gerações futuras não devem ter menores níveis de acessibilidade do que os mínimos atuais. Apesar da necessidade de se discutir os limites mínimos de acessibilidade, reconhece-se que esse valor é específico para cada

contexto de decisão e deve ser definido com a participação dos atores de um processo de planejamento (PEREIRA; SCHWANEN; BANISTER, 2017).

Essas desigualdades tornam-se problemas quando elas não são justas, ou seja, quando os grupos mais vulneráveis da população encontram-se com os piores níveis de acesso e esses níveis são tão baixos que impõem situações de exclusão social a esse grupo (VAN WEE; GEURS, 2011). Reconhece-se assim que políticas públicas de transportes que sejam justas (consequentemente baseadas na análise dos problemas a serem solucionados) devem melhorar os níveis de acessibilidade dos grupos mais vulneráveis, incluindo nesse grupo todos aqueles cuja capacidade de utilizar um sistema de transporte para acessar atividades é sistematicamente influenciada por fatores arbitrários como nascer em uma família pobre, possuir deficiência física, ou pertencer a um específico gênero ou grupo racial (PEREIRA; SCHWANEN; BANISTER, 2017). O grupo vulnerável pode também ser formado por limitações impostas pelas características dos subsistemas urbanos, como limitações físicas, resultantes de barreiras aos deficientes físicos; limitações geográficas, impostas às populações periferizadas em cidades em desenvolvimento; limitações econômicas, impostas à população de renda mais baixa ou desempregada; limitações temporais, impostas àqueles que acumulam diversos compromissos diários; ou ainda por sensação de medo, imposta àqueles que têm medo de utilizar espaços urbanos decorrente da insegurança pública (CHURCH; FROST; SULLIVAN, 2000).

Figura 9 - Tipologia de problemas de acessibilidade



Fonte: Traduzido e adaptado de Garcia et al. (2018)

Reconhecer esses tipos de desigualdades, possibilitará na definição de objetivos e na proposição de alternativas aqueles capazes de beneficiar os grupos populacionais vulneráveis, como uma forma de compensação por suas limitações (RAWLS, 1971). Esta perspectiva suporta melhorias em modos de transportes, serviços especiais e descontos para grupos de baixa

renda, além de políticas que assegurem que os grupos desfavorecidos não possuam custos excessivos (poluição, risco de acidente, custos financeiros, etc.) (LITMAN, 2005).

## 2.4 Diagnóstico estratégico das desigualdades socioespaciais na acessibilidade

Entende-se que o diagnóstico estratégico é fator fundamental no planejamento da acessibilidade, entretanto, o método utilizado é específico para a problemática analisada e possivelmente para a região planejada, em virtude dos recursos disponíveis. Dessa forma, realiza-se a seguir uma revisão conceitual e metodológica das implicações de se diagnosticar a problemática das desigualdades socioespaciais na acessibilidade. Para que essas questões possam ser adequadamente discutidas, elas foram subdivididas de acordo com as três etapas do diagnóstico (SOARES; LOUREIRO; MILLER, 2018): identificação, caracterização e diagnóstico dos problemas.

### 2.4.1 Identificação da problemática

O propósito da etapa de identificação é estabelecer as hipóteses de problemas e das suas respectivas relações de causalidade. Segundo Soares, Loureiro e Miller (2018) o processo é realizado com a participação dos atores (residentes, usuários dos sistemas urbanos, operadores dos serviços, planejadores, políticos etc.) que devem apresentar problemas baseados na visão de cidade, a qual deve incorporar os princípios e valores defendidos pela sociedade. No contexto urbano, problemas são percebidos através da vivência dos mesmos e sob a ótica daqueles que imputam determinado valor, custo ou tolerância a situações impostas pelo modelo urbanístico vigente, pela realidade socioeconômica da cidade, ou pela gestão dos recursos de oferta (SOARES, 2014).

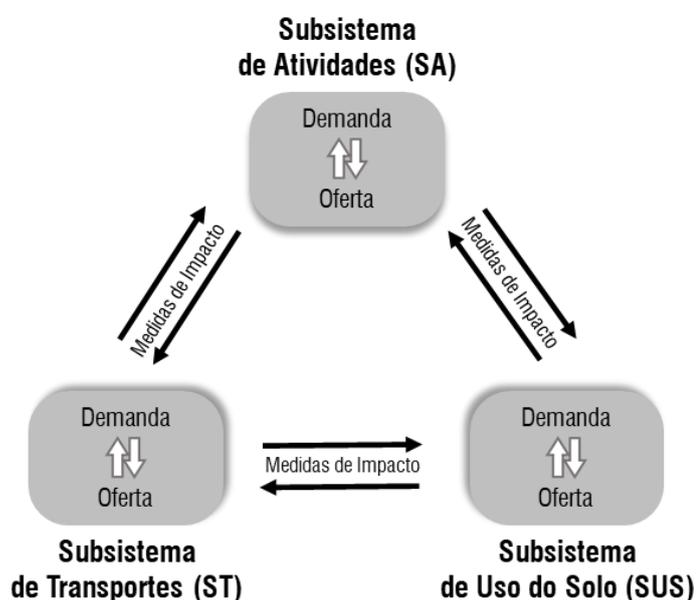
Para isso, propõe-se que seja delimitado o objeto sobre o qual se propõe atuar já no início do processo de planejamento (MAGALHÃES; YAMASHITA, 2009), por meio da definição do contexto de tomada de decisão. No caso do planejamento da acessibilidade devem ser considerados todos os elementos formadores dos subsistemas urbanos e que possam afetar a problemática analisada, as inter e intrarrelações desses subsistemas, sua abrangência e alvos de influência. Faz também parte desse processo o reconhecimento de quem são os atores envolvidos neste processo, para que este, além de participativo, resulte em uma avaliação mais completa e fiel acerca do objeto planejado (SOARES, 2014).

Nesta etapa, representações conceituais do fenômeno urbano permitem identificar a forma como interagem os elementos dos subsistemas, além de possibilitarem a compreensão dos elementos que influem na problemática relacionada à acessibilidade (SOARES, 2014). Para um planejamento voltado às desigualdades na acessibilidade, destaca-se aqui a contribuição dada pelo modelo 'a priori' (Figura 10), que é uma simplificação do modelo de interação entre os subsistemas de atividades, uso do solo e transportes (ALUTI, do inglês *Activity, Land Use and Transport Interactions*) (Figura 3), apresentando os subsistemas de atividades, uso do solo e transportes e suas interações por meio de medidas de impacto, que demoram tempos distintos para impactar cada subsistema, e com cada um deles possuindo (des)equilíbrios internos entre

sua demanda e sua oferta, mas sem detalhar cada uma dessas relações (LOPES; LOUREIRO; VAN WEE, 2018).

Na Tabela 1 são exemplificadas as inter e intrarrelações desses subsistemas, a partir de esforços empíricos que evidenciam tais relações. Na coluna de intrarrelações são apresentados exemplos de como que desbalanços na demanda ou oferta de cada subsistema (causa) podem gerar problemas em todo o subsistema (desequilíbrio). Esses problemas são capazes de alterar permanentemente o estado da demanda ou oferta deste mesmo subsistema (efeito). Esses efeitos são utilizados nas colunas de inter-relações como elementos capazes de alterar os outros subsistemas.

Figura 10 - Modelo 'a priori'



Fonte: Traduzido de Lopes, Loureiro e van Wee (2018)

Os quatro componentes da acessibilidade (GEURS; VAN WEE, 2004) podem ser interpretados a partir do modelo 'a priori' (Figura 10), onde estão relacionados com as medidas de impacto de cada subsistema. O componente dos transportes é a parte da acessibilidade que mede o impacto que os desequilíbrios do ST possui sobre os demais subsistemas, expressa na Tabela 1 como sendo acessibilidade infraestrutural. O componente do uso do solo é a parte da acessibilidade diretamente relacionada com a espacialização das demandas e ofertas de serviços e produtos e pode ser representada como a medida de impacto que sai do SUS, como as densidades e mix de usos. Por fim, os componentes temporal e individual são representados conjuntamente pela medida de impacto do SA, pois tratam de questões não espaciais deste fenômeno, como se propõe o SA.

Definido o objeto da análise parte-se para o levantamento dos problemas percebidos pelos atores, sendo problema como “a existência de uma desigualdade (diferença) entre um estado atual e uma expectativa ou referencial acerca de um objeto” (MAGALHÃES; YAMASHITA, 2009). Essa etapa deve permitir que os atores apresentem seus incômodos ou

desaprovações sobre as experiências relativas ao objeto do planejamento; entretanto, pode existir uma confusão entre a compreensão do que é o problema em si com suas causas, ou com os objetivos do planejamento, ou até mesmo com as propostas de soluções, pois trabalha-se com a percepção subjetiva dos atores, que pode ser obtida através de diferentes métodos (pesquisas exploratórias, descritivas, brainstorming, questionários, entrevistas etc.) (SOARES, 2014). Ao debruçar-se sobre problemas do nível estratégico, como são as desigualdades socioespaciais na acessibilidade, os planejadores podem enfrentar dificuldades de obter informações sobre tais problemas a partir dos atores, pois usuários, gestores e operadores tendem a perceber mais facilmente problemas operacionais do sistema (SOARES, 2014).

Tabela 1 - Exemplo das Relações entre os Subsistemas

	Intrarrelações	Inter-relações	
Subsistema de Atividades (SA)	<p><b>Causa:</b> Escassez ou excesso de empregos / produtos ou serviços</p> <p><b>Desequilíbrio:</b> Desemprego / flutuações de salários e de preços / planejamento familiar</p> <p><b>Efeito:</b> Mudanças nos níveis de renda / no tamanho da família / nos níveis de consumo (CAMPOS; REGGIO, 2015)</p>	Mudanças nos níveis de renda / no tamanho da família / nos níveis de consumo <b>afetam as decisões do SUS</b> modificando as localizações residenciais (PRASHKER; SHIFTAN; HERSHKOVITCH-SARUSI, 2008) ou comerciais / o valor do solo.	Mudanças nos níveis de renda / no tamanho da família / nos níveis de consumo <b>afetam as decisões do ST</b> modificando os destinos, os modos (PIKE; LUBELL, 2016), o encadeamento (MANOJ; VERMA, 2015) e a quantidade das viagens (CORDERA <i>et al.</i> , 2015).
Subsistema de Uso do Solo (SUS)	<p><b>Causa:</b> Escassez ou excesso do estoque de solo / floorspace</p> <p><b>Desequilíbrio:</b> Flutuações nos preços dos imóveis / déficit habitacional</p> <p><b>Efeito:</b> Mudanças nas densidades (FESSELMAYER; SEAH, 2018) / no mix de usos</p>	Mudanças nas densidades / no mix de usos <b>afetam as decisões do SA</b> modificando o engajamento em atividades (REED; UME, 2016) / a criação de empregos (BAUMGARTNER <i>et al.</i> , 2015) / os níveis de produtividade.	Mudanças nas densidades / no mix de usos <b>afetam as decisões do ST</b> modificando os destinos (JIANG <i>et al.</i> , 2017), os modos (MUNSHI, 2016), o encadeamento e a quantidade das viagens.
Subsistemas de Transportes (ST)	<p><b>Causa:</b> Escassez ou excesso de capacidade da rede de transporte</p> <p><b>Desequilíbrio:</b> Congestionamento / acidentes / emissões</p> <p><b>Efeito:</b> Mudanças nos níveis de acessibilidade infraestrutural e mobilidade (LEVINE; MERLIN; GRENGS, 2017)</p>	Mudanças nos níveis de acessibilidade infraestrutural e mobilidade <b>afetam as decisões do SA</b> modificando o engajamento em atividades (ŠT'ASTNÁ; VAISHAR; STONAWSKÁ, 2015) / a criação de empregos (FAGEDA; GONZALEZ-AREGALL, 2017; JIN; RAFFERTY, 2017) / os níveis de produtividade.	Mudanças nos níveis de acessibilidade infraestrutural e mobilidade <b>afetam as decisões do SUS</b> modificando as localizações residenciais (PAPA; BERTOLINI, 2015) ou comerciais (MEJIA-DORANTES; PAEZ; VASSALLO, 2012) / o valor do solo (BANISTER; THURSTAIN-GOODWIN, 2011).

Fonte: Adaptado de Lopes, Loureiro e van Wee (2018)

Segundo Soares, Loureiro e Miller (2018) depois de elencados os problemas, a etapa de classificação e representação dos problemas permite a consolidação integrada da problemática, desconstruindo, portanto, a visão isolada de cada ator ou grupo de atores sobre os problemas. É através dessa etapa que se dá o primeiro processo de negociação sobre a visão e os conflitos de interesses da comunidade dentro do planejamento urbano integrado. O papel do planejador (figura que conduz o processo) é de facilitador para que haja um canal de comunicação entre os grupos envolvidos, garantindo sua participação e legitimidade na formulação das hipóteses de problemas e das suas relações de causalidade.

As desigualdades socioespaciais são evidenciadas quando existem diferenças nos níveis de acessibilidade entre dois grupos de indivíduos, de tal forma que o grupo mais vulnerável possua os menores níveis de acessibilidade. Se o problema é verificado a partir das diferenças, então as hipóteses de causalidades levantadas para explicar as desigualdades socioespaciais na acessibilidade dizem respeito às restrições impostas à acessibilidade de cada um desses grupos de indivíduos. Por exemplo, a acessibilidade dos idosos quando comparada a dos jovens pode ser menor, já que possuem maiores restrições de locomoção, seja para acessar um veículo motorizado, seja para deslocar-se por modos ativos, mesmo que todo o restante permaneça igual (renda, gênero, localização da residência, entre outros). Dessa forma, levanta-se uma hipótese de que existe uma restrição que atua de maneira mais intensa sobre a população idosa, reduzindo seus níveis de acessibilidade em comparação com a da população mais jovem e, conseqüentemente, agravando as condições de desigualdade na acessibilidade.

As causas para as desigualdades socioespaciais na acessibilidade, ou restrições de acessibilidade, podem ser classificadas de acordo com o subsistema do modelo ALUTI a qual pertencem, ou a qual componente da acessibilidade estão mais relacionados, pois é através deles que podem ser levantadas as primeiras hipóteses sobre as relações de causa e efeito das desigualdades na acessibilidade, ficando evidente as possíveis relações entre os subsistemas urbanos que fazem parte do objeto do planejamento. Essas representações devem ser tratadas como hipóteses que precisam ser investigadas antes de se afirmar que os problemas e as restrições de fato existem.

#### **2.4.2 Caracterização da problemática**

A etapa de caracterização da problemática tem como finalidade expressar analiticamente os problemas identificados. Espera-se que isso, possibilite a descrição da situação real dos sistemas em análise para efeitos de comparação com as necessidades, desejos ou expectativas da comunidade com o uso de indicadores capazes de representar os problemas (SOARES, 2014).

A proposição de indicadores e definição de variáveis é fundamental ao processo de tomada de decisão, pois é através deles que os decisores tomam conhecimento dos elementos relevantes ao planejamento e desenvolvem os meios para atingir os objetivos e analisarem desempenho, eficiência, eficácia e efetividade, além de possibilitar a síntese e representação de um fenômeno, o que muitas vezes não é possível reconhecer apenas a partir de um dado genérico (MAGALHÃES, 2004). Em um processo de planejamento integrado, espera-se que a problemática possa ser entendida como uma só, mas que incorpore seus diversos elementos. Quando as áreas do conhecimento atuam de maneira separada, elas representam a mesma parte do sistema urbano de maneira distinta, dificultando a comunicação entre os atores. Por exemplo: os urbanistas utilizam medidas de distância para medir a interação espacial e a densidade para medir a concentração espacial de atividades; enquanto os engenheiros de transporte preferem utilizar os tempos de viagens e as origens e destinos de deslocamento para representar a interação espacial entre essas atividades (CHENG *et al.*, 2013). Todos esses componentes são na verdade elementos da acessibilidade que deveriam estar sendo tratados conjuntamente para

---

melhor caracterizar a problemática no passado e no presente, e assim conseguir elucidar questões sobre a problemática por parte dos atores.

Representar todas as características da acessibilidade em um único indicador é uma tarefa complexa. Em comum, os indicadores de acessibilidade são compostos por uma variável que mensura o desempenho do ST, possivelmente porque a acessibilidade foi primeiro entendida como um produto apenas desse sistema. Os indicadores mais simples e de fácil compreensão utilizam distância ou tempo de viagem, mas possuem a desvantagem de não representarem outras características dos deslocamentos, como quantidade de transbordos e custo do deslocamento; enquanto, variáveis mais robustas, como o *logsum* (GEURS *et al.*, 2010), que se propõem a incorporar os principais atributos do deslocamento, limitam os indicadores como ferramentas de diálogo em processos de planejamento (DE JONG *et al.*, 2005).

Em busca de representar a parcela do SUS, esses indicadores incorporam a atratividade dos destinos, através da magnitude das atividades ofertadas, ponderando a impedância, com ou sem funções de decaimento, pelas quantidade de atividades distribuídas em cada região de análise (MARTÍNEZ; VIEGAS, 2013; WADDELL; ULFARSSON, 2003), ou contam a quantidade de atividades dentro de um raio de impedância (BOISJOLY; EL-GENEIDY, 2016; GUERRA *et al.*, 2018; MAYAUD *et al.*, 2019), assumindo assim que todas as atividades são igualmente desejadas. O *logsum* também é capaz de incorporar a atratividade dos destinos, quando obtido a partir de uma modelagem da decisão de destino dos deslocamentos (GEURS *et al.*, 2010), ou da decisão locacional de onde residir.

Ao abordarem a competitividade por essas atividades, os indicadores consideram além da atratividade dos destinos a magnitude da demanda por essas atividades, através da quantidade de indivíduos que as desejam/necessitam. Essa demanda pode ser subdivida em grupos de indivíduos, enquanto as atividades podem ser separadas por tipo, a quem se destinam e o horário em que estão disponíveis (CASCETTA; CARTENÌ; MONTANINO, 2016; PEREIRA, 2019). Dessa forma, a acessibilidade pode ser calculada para um grupo específico de indivíduos, incorporando a influência do SA, e considerando que nem todas as atividades estão sempre disponíveis para todos os indivíduos.

Entretanto, um indicador adequado de acessibilidade deveria incorporar todos os componentes, ou todas as medidas de impacto de uma única vez. Deve, portanto, ser sensível a melhorias (ou pioras) na facilidade de acesso às atividades, assim como à quantidade, qualidade e distribuição espacial dessas atividades; deve ainda considerar à competição de acesso às oportunidades, assim como as restrições temporais e individuais para acessá-las. De maneira geral, podem ser esperados os seguintes comportamentos de um indicador de acessibilidade, considerando que os demais se mantêm constantes (traduzido de Geurs e van Wee, 2004):

- 1) se o nível de serviço, (tempo de viagem, custos, esforço) de qualquer modo de transporte em uma área melhora (piora), a acessibilidade deverá aumentar (reduzir) para qualquer atividade realizada nesta área, ou para qualquer ponto dentro desta área;

- 2) se o número de oportunidades de realizar uma atividade aumenta (reduz) em qualquer lugar, a acessibilidade a esta atividade deverá aumentar (reduzir) para todos os lugares;
- 3) se a demanda por uma atividade, que possui restrição de capacidade, aumenta (reduz), a acessibilidade para aquela atividade deverá reduzir (aumentar);
- 4) um aumento no número de oportunidades para uma atividade em qualquer lugar não deverá modificar a acessibilidade a esta atividade para um indivíduo (ou grupo de indivíduos) que não seja capaz de participar desta atividade, por causa de restrições temporais;
- 5) melhorias na oferta de um modo de transportes, ou no número de oportunidades para uma atividade não deverá alterar a acessibilidade para um indivíduo (ou grupo de indivíduos) com insuficientes capacidades ou habilidades (como carteira de motorista, ou nível educacional) para usar este determinado modo e participar desta atividade.

Essas cinco características de um indicador de acessibilidade (em seu conceito mais amplo) estão diretamente relacionadas com as medidas de impacto dos subsistemas urbanos. A primeira traduz a expectativa existente para a medida de impacto do ST, para a qual a melhoria do nível de serviço do subsistema, seja causado pela redução da demanda ou aumento da oferta, deve ter um efeito positivo sobre a acessibilidade. A segunda e terceira características estão relacionadas com a oferta e demanda de bens e serviços, portanto traduzem uma parte da medida de impacto do SA. Entretanto, apesar da presença de aspectos espaciais na característica 2, eles não estão propriamente incorporados na análise, sendo essa característica 2 na verdade um contraponto à característica 3; enquanto a segunda trata da oferta de atividades, a terceira trata da demanda. As características 4 e 5 estão relacionadas com aspectos temporais e individuais, portanto são também características da medida de impacto do SA.

Dessa forma, essas cinco características não são suficientes para avaliar se um indicador de acessibilidade é capaz de incorporar a medida de impacto do SUS. Geurs e van Wee (2004) indicam que para incorporar elementos do SUS, o indicador deve ser sensível à quantidade, qualidade e distribuição espacial das atividades. Em uma abordagem ALUTI, a quantidade e qualidade das atividades fazem parte da medida de impacto do SA. As características 2 e 3 representam o aspecto da quantidade, enquanto todas as características abordam a qualidade (aqui entendida como tipos de atividades). Falta portanto a incorporação de uma característica que considere o impacto da distribuição espacial das atividades sobre a acessibilidade, reconhecendo que essa depende não apenas da quantidade e qualidade dessas atividades, mas também do custo generalizado para se chegar até essas atividades (CASCETTA; CARTENÌ; MONTANINO, 2016; CHENG *et al.*, 2013), de tal forma, que as atividades mais próximas sejam mais atrativas do que atividades mais distantes (ZHANG, 2005).

A diversidade dos indicadores de acessibilidade tem também ampliado as discussões sobre como classificá-los. Cheng *et al.* (2013) os subdivide a partir do elemento da rede urbana

(conceito de rede que une a medida de impacto do ST e do SUS) embutido no indicador. Curtis e Scheurer (2010) os subdividem nas diversas possibilidades operacionais de se quantificar a acessibilidade, comparando a aplicabilidade que cada um dos tipos possui. Já Geurs e van Wee (2004) os agrupam em quatro categorias a depender das componentes da acessibilidade que conseguem representar detalhadamente.

A discussão que embasa a seleção dos indicadores é acompanhada daquelas sobre como coletá-los e analisá-los. Para o primeiro esforço, busca-se encontrar alternativas às tradicionais pesquisas domiciliares de origem e destino, por exemplo através da utilização de *big data* como fonte de dados para indicadores de acessibilidade. Dados desse tipo são caracterizadas pela velocidade na obtenção de informação, volume de dados e pela variedade das fontes que a produzem (LANEY, 2001). Parte do desafio em utilizá-los está na técnica de manipulação e processamento dessas informações (LABRINIDIS; JAGADISH, 2012), conhecido como *data mining*.

Entretanto, a depender da complexidade do indicador de acessibilidade utilizado, torna-se inviável sua coleta diretamente em campo, necessitando de um esforço de modelagem para que seja obtido, como é o caso de indicadores baseados no *logsum*. O processo de planejamento focado em problemas de acessibilidade implica na utilização de modelos capazes de representar (pelo menos) as interações entre os subsistemas de uso do solo e transportes, assim como outros relevantes componentes urbanos que interfiram na acessibilidade. Os modelos de interação entre uso do uso e transportes (LUTI, do inglês *Land Use and Transport Interaction*) são ferramentas que se propõem a modelar essas relações (TIMMERMANS, 2003).

Além das ferramentas úteis ao processo de coleta de dados existem aquelas que auxiliam na análise dos resultados, contribuindo, portanto, para a descrição da situação do problema em questão. Para as desigualdades da acessibilidade, a componente espacial dessa problemática é resultado tanto de políticas de transporte que priorizem determinadas áreas em detrimento de outras, assim como das decisões locacionais de pessoas e atividades produtivas. Dessa forma, a utilização de mapas de acessibilidades possibilita uma maneira eficiente de comunicar onde estão as áreas com os melhores e piores níveis de acessibilidade, e, assim, ajudam os tomadores de decisões, planejadores e atores a entender melhor (as desigualdades socioespaciais na acessibilidade e os impactos das soluções adotadas (BOISJOLY; EL-GENEIDY, 2017).

### **2.4.3 Diagnóstico da problemática**

Souza (2018b) aponta que a abordagem urbanística em relação ao diagnóstico é apriorística e que a observação e coleta de dados possuem o intuito apenas de contextualizar uma proposta de intervenção baseada em modelos normativos, como funcionalidade, eficiência ou ordem, e não condizem com o conceito de diagnóstico do ponto de vista científico. Neste sentido, a abordagem da engenharia de transportes, que busca através de análise de dados e indicadores reconhecer desequilíbrios entre relações de demanda e oferta dentro do sistema, parece mais adequada ao conceito de diagnóstico dentro de uma perspectiva científica (SOARES, 2014).

Apesar disso, em algum momento na evolução dos paradigmas de planejamento, o diagnóstico parece ter perdido sua relevância para outras etapas, como a consolidação de bases de dados, cada vez maiores e complexas, e da utilização dos modelos de simulação, cada vez mais desagregados e promissores em representar uma fatia de uma realidade que muda a cada instante. Segundo Thomson (1974 apud BANISTER, 2002) a etapa de diagnóstico do processo de planejamento de transportes é quando se investiga a origem dos problemas incluindo nesta análise perspectivas de diferentes profissionais, como urbanistas e engenheiros. Garcia (2016) complementa essa visão e defende que esse é o momento de identificar e definir os problemas, visto como as diferenças entre uma situação atual e desejada do problema, sendo essa última baseada em uma visão da cidade para o futuro.

Como passo inicial, da mesma forma que para a identificação de problemas, devem ser levantadas junto aos atores as informações necessárias para a construção da situação desejada do sistema em análise, sendo este um referencial para o qual deve ser dirigido todo o esforço de planejamento, portanto uma utopia, descrita por meio do estado desejado de um objeto (ou problema) no futuro (MAGALHÃES; YAMASHITA, 2009). Na problemática das desigualdades nas oportunidades de acesso às atividades, a situação desejada está implícita na própria formulação dos problemas. Pelo princípio ético da equidade, todos deveriam ter as mesmas oportunidades de acessar as atividades; entretanto, a acessibilidade é desigual em sua própria definição, pois reconhece que aqueles que possuem menos limitações devem possuir maior acessibilidade. Esse é um dos motivos pelo qual existem diversas discussões na literatura sobre quais os níveis mínimos de acessibilidade para que as pessoas tenham suas necessidades básicas satisfeitas (LUCAS; VAN WEE; MAAT, 2016; PEREIRA; SCHWANEN; BANISTER, 2017; VAN WEE; GEURS, 2011). Apesar do uso de valores médios, ou de tempos de viagem considerados adequados, defende-se que a definição desse limite ocorra a partir da visão de cidade desejada pelos atores e da compreensão do estado passado e presente da problemática.

O estabelecimento do déficit entre a situação desejada e a atual permite finalmente a validação dos problemas identificados no início do processo (SOARES, 2014), uma vez que, havendo uma diferença entre a situação atual descrita na caracterização e a situação desejada definida no diagnóstico, além dos limites aceitos pelos atores, configura-se de fato a existência de problemas (MAGALHÃES; YAMASHITA, 2009). No caso das desigualdades socioespaciais na acessibilidade, a situação desejada é dada pelos níveis de acessibilidade de um grupo de comparação, os quais podem ser comparados com os níveis de acessibilidade do grupo vulnerável.

A análise das relações de causa e efeito deve gerar o produto principal da etapa de diagnóstico, a partir da utilização da modelagem dentro do processo de planejamento (SOARES, 2014). O diagnóstico, portanto, além de apresentar uma análise do estado atual dos problemas, deve possibilitar a análise das relações de causalidade para que em etapas subsequentes seja possível propor alternativas (ou intervenções) efetivas no sentido de atacarem essas causas (SOARES, 2014). Sendo assim, sem o diagnóstico, os técnicos desse processo de planejamento não conseguem contribuir na discussão das causas dos problemas e essas questões

---

acabam sendo respondidas por modelos computacionais, mas que, muitas vezes, não são compreendidos pelos atores (SAUJOT *et al.*, 2015).

No planejamento da acessibilidade, a modelagem e a simulação dos subsistemas devem perder seu papel como verdade absoluta e inquestionável de projeção dos sistemas, como defende a racionalidade instrumental (WILLSON, 2001) e adotada no planejamento de transportes e da mobilidade. Eles podem desempenhar outras funções, como “plataformas” para auxiliar os atores envolvidos a acessar informações e negociar seus conflitos de interesse, funcionando dessa forma como ferramentas de aprendizado (PEREIRA; QUINTANA, 2002; WILLSON, 2001) nas fases estratégicas do planejamento (BRÖMMELSTROET; BERTOLINI, 2011), permitindo melhor diagnosticar problemas de acessibilidade por meio de uma análise interpretativa dos parâmetros calibrados e indicadores simulados (GUDMUNDSSON, 2011).

Entretanto, ao reconhecer a acessibilidade como o produto da interação das medidas de desempenho dos SA, SUS e do ST, abre-se um novo conjunto de possíveis elementos capazes de influenciar os níveis de acessibilidade, e conseqüentemente as desigualdades. É nessa perspectiva que os pesquisadores aplicam as mais diversas ferramentas na tentativa de compreender como esses elementos alteram a acessibilidade e, portanto, conseguir responder questões de caráter explicativo aos atores. Os modelos de regressão não espaciais (BOISJOLY; EL-GENEIDY, 2016; JOHNSON; ERCOLANI; MACKIE, 2017), os modelos de regressão espacial globais (GARCIA *et al.*, 2018) e os modelos de regressão espacial locais (LESSA; LOBO; CARDOSO, 2019) são algumas dessas ferramentas. Sendo esses últimos, ferramentas promissoras para a modelagem da acessibilidade, pois reconhecem que existe variabilidade na influência dos elementos urbanos ao longo do espaço ao contrário dos modelos espaciais globais que consideram apenas uma média dessa influência sobre o espaço; ou ainda de modelos não espaciais, que desconsideram a interação espacial entre áreas próximas (FOTHERINGHAM; BRUNSDON; CHARLTON, 2002).

A utilização desses modelos como ferramentas exploratórias pode auxiliar na definição de melhores objetivos para o planejamento, pois permitem reconhecer o efeito que os elementos urbanos possuem sobre acessibilidade, e, conseqüentemente, sobre as desigualdades na acessibilidade. Næss (2015) aponta que em análises multivariadas verifica-se quais as variáveis que conseguem manter sua correlação com a variável dependente quando todas as outras variáveis são presumidas constantes, o que não quer dizer que foram verificadas relações de causalidade. Apesar disso, análises multivariadas podem ser utilizadas de maneira exploratória, revelando padrões e relações que podem ser produto de uma relação de causalidade (NÆSS, 2015). Para que sejam estabelecidas relações de causalidade entre uma variável independente (a causa) e uma variável dependente (o efeito), Singleton e Straits (1999 apud HANDY, CAO E MOKHTARIAN, 2005) propõe quatro critérios: a) a causa e o efeito devem ser estatisticamente associados (associação); b) a causa deve ocorrer temporalmente antes do efeito (ordem temporal); c) nenhum terceiro fator pode criar uma relação acidental ou espúria entre as variáveis (espuriidade); e d) deve-se conhecer o mecanismo pelo qual a causa influencia o efeito (mecanismo causal).

Entretanto, a problemática não se restringe às condições passada e presente, mas deve também ser definida para evitar que as gerações futuras não herdem os problemas enfrentados pela geração atual, mesmo quando dispõem de recursos disponíveis para superá-la, cabendo à geração atual a obrigação moral de manter os recursos herdados das anteriores (GARCIA, 2016). Para isso, é necessária a utilização de ferramentas capazes de modelar a acessibilidade não apenas como produto das decisões do ST, mas também daquelas relacionadas aos SUS e SA, como os modelos LUTI (LOPES; LOUREIRO; VAN WEE, 2018).

Modelos LUTI baseados em interação espacial são adaptações do modelo gravitacional de Newton e têm sua origem no modelo Metropolis, proposto por Lowry (1964), pioneiro da modelagem integrada LUTI (BATTY, 1994; WEGENER, 1986). Para esses modelos, a interação entre quaisquer duas zonas é diretamente proporcional ao número de atividades e inversamente proporcional a uma função de fricção entre elas (ACHEAMPONG; SILVA, 2015). O LILT (MACKETT, 1993) e o ITLUP (PUTMAN, 1991) representantes dos modelos de interação espacial possuem níveis de desagregação restritos, dificultando a adaptação do modelo para realidades distintas; modelam o SUS como recortes temporais de 5 anos, sem assumir equilíbrio nas relações de demanda e oferta do SUS, embora assumindo-o para as relações do ST. Também não consideram as relações diretas entre ST e SA ou o impacto do SUS sobre o SA (SOUSA; LOUREIRO; LOPES, 2017).

Modelos LUTI com abordagem econométrica preveem as escolhas a partir de uma função de atributos das alternativas, sendo alguns deles observáveis e outros não, o que lhes confere uma dispersão estocástica (DOMENCICH; MCFADDEN, 1975). TRANUS (BARRA, 1989), MUSSA (MARTÍNEZ, 1996), DELTA (SIMMONDS, 1999) e IRPUD (WEGENER, 2011) são os exemplos mais recorrentes e descritos na literatura deste tipo de modelagem; em geral, são modelos menos agregados que os de interação espacial, permitindo melhor adaptação a diversas realidades seja na representação de domicílios, atividades produtivas, tipos de solo ou de viagens; em contrapartida, todos eles consideram equilíbrio na modelagem das relações de demanda e oferta dos SUS e de ST e possuem forte participação do SUS na modelagem, apesar de não conseguirem representar todas as medidas de impactos entre os subsistemas (SOUSA; LOUREIRO; LOPES, 2017).

Por fim, os modelos LUTI de microsimulação são postos como o futuro dos modelos integrados (IACONO; LEVINSON; EL-GENEIDY, 2008; SPIEKERMANN; WEGENER, 2004; TIMMERMANS; ARENTZE, 2011), pois possuem o propósito de simular o comportamento decisório no nível dos atores, como pessoas, firmas ou veículos, que evoluem e interagem ao longo do tempo (MILLER, 2003). O URBANSIM (WADDELL, 2002) e o ILLUMASS (MOECKEL *et al.*, 2007) são exemplos dessa abordagem que possui grande vantagem de terem baixos níveis de agregação, de não considerarem equilíbrio entre as relações internas dos SUS e o ST, mas que ainda não deram um salto significativo de representação do fenômeno urbano quando comparados aos modelos econométricos, pois desconsideram as relações entre o ST e o SA (SOUSA; LOUREIRO; LOPES, 2017). Além disso, antes de se avançar em modelos mais complexos, ainda é necessário demonstrar a aplicabilidade e utilidade dos modelos LUTI (mais agregados) nos processos de planejamento, assim como consolidar suas bases teóricas e empíricas (MILLER, 2018). A aplicação desses modelos, geralmente

---

restrita a ambientes acadêmicos, tem se concentrado em esforços de calibração com poucos que avançaram na tentativa de validação e obtendo resultados satisfatórios (MILLER, 2018).

Uma vez verificados os problemas e suas relações de causalidade, é importante que se avalie a gravidade dos problemas, identificando quais evoluirão mais rapidamente, comprometendo ou impactando os sistemas. Segundo Soares (2014), a tomada de decisão exige a escolha entre alternativas viáveis e, devido aos recursos limitados e ao conflito de interesses, há a necessidade de se estabelecer prioridades. A etapa de hierarquização, portanto, deve refletir mais uma vez a capacidade de negociação entre os atores e os ajustes necessários em busca de um resultado sintetizador da fase de compreensão da problemática. No diagnóstico das desigualdades socioespaciais na acessibilidade, pode-se buscar as restrições mais relevantes dos níveis de acessibilidade e defini-las como sendo prioritárias, entretanto, outras discussões contribuem na avaliação desse tipo de problema, como aquelas focadas na definição de áreas e grupos de indivíduos que devem ser priorizados.

Meyer e Roser (2009) apontam que as discussões que envolvem o igualitarismo e o suficientarismo, estão frequentemente relacionadas com a priorização, ou com o princípio ético do prioritarismo. Nesta visão, devem ser priorizados na distribuição dos benefícios aqueles que possuem as piores condições (HOLTUG, 2019), grupo esse que tem sido chamado de vulnerável. Pode-se tentar justificar os benefícios para os grupos vulneráveis, por meio do igualitarismo, mas essa abordagem tem um lado negativo, pois por ela haveria uma razão para justificar uma ação de redução dos níveis de acessibilidade daqueles que estão nas melhores condições (TANG; ZHONG, 2018). A hierarquização das desigualdades na acessibilidade pode então estar atrelada ao princípio do prioritarismo, em busca de identificar dentro do grupo vulnerável, àqueles que padecem das piores condições de acessibilidade.

## 2.5 Considerações finais

O paradigma atual do planejamento urbano integrado entre uso do solo e transportes debruça-se sobre como prover melhores níveis de acessibilidade para a população. Este conceito passou a ser entendido como o produto do desempenho dos subsistemas de atividades, uso do solo e dos transportes e conceitualmente representa a facilidade que determinado grupo de indivíduos, com suas respectivas limitações, possui ao tentar acessar atividades espacialmente distribuídas utilizando os diferentes modos de transporte disponíveis. Nesse paradigma de planejamento, destaca-se a idealista busca por condições igualitárias de acessibilidade, de tal forma, que limitações impostas não sejam causas de níveis de acesso menores para determinado grupo de indivíduos. É nesta perspectiva, que os níveis de acessibilidade são comparados a partir da localização de grupos de indivíduos, entre grupos socioeconômicos, entre modos de transporte, ou ainda, entre gerações.

A avaliação dessas condições de desigualdades socioespaciais na acessibilidade exige um esforço sistematizado de análise, denominado de diagnóstico estratégico, no qual são verificadas hipóteses de problemas e de suas relações de causalidade. No diagnóstico das desigualdades na acessibilidade, os problemas são verificados quando o grupo mais vulnerável está submetido aos menores níveis de acessibilidade, como resultado de limitações impostas

---

mais severas a esse grupo. Ao ser representada por um indicador que incorpore elementos de todos os subsistemas urbanos, entende-se que é possível realizar uma descrição das condições atuais da acessibilidade e, conseqüentemente, das desigualdades. Facilita-se também a verificação das relações de causalidade entre os níveis de acessibilidade e das restrições impostas aos grupos de indivíduos. Por meio desse processo acredita-se que seja gerado um ambiente de diálogo mais propício à negociação de conflitos entre os atores e partícipes de um processo de planejamento.

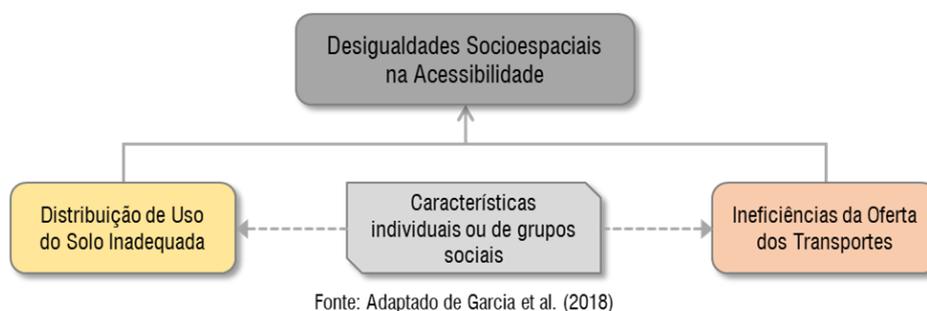
Para Fortaleza, já existem estudos que avaliam condições de desigualdade na acessibilidade, mas em geral, estão focados nas desigualdades espaciais e entre grupos socioeconômicos como resultado de limitações decorrentes da localização espacial e das condições de renda de cada grupo, sem avançarem na análise das desigualdades entre gerações, ou incorporarem restrições provenientes dos subsistemas de transportes. É por conta disso, que nesta tese investigam-se essas desigualdades para Fortaleza, cujo estudo de caso é iniciado no capítulo 3 a seguir. Tendo por base uma discussão sobre a evolução da distribuição espacial de moradias e empregos e uma descrição das infraestruturas de transporte, são levantadas hipóteses de causalidade entre a acessibilidade e as restrições advindas dos subsistemas de atividades, uso do solo e transportes que possam modificar os níveis de acessibilidade para grupos de indivíduos socioeconomicamente distintos em Fortaleza. Serão ainda apresentadas as hipóteses de problemas de desigualdades vivenciadas por essa população, de tal forma, que seja possível a construção de uma representação dessa problemática para a cidade, assim como a delimitação de quem é o grupo vulnerável para essa problemática na cidade.

Propõem-se ainda que um esforço de diagnóstico estratégico dessa problemática deve superar limitações aqui apontadas, especialmente: a) indicadores mais robustos e completos da acessibilidade tendem a ser mais difíceis de serem explicados; b) existe um foco na compreensão da problemática no presente e no futuro, mas a situação passada desses problemas pode contribuir na análise das relações de causalidade; c) a utilização de modelos como ferramentas de simulação de indicadores de acessibilidade precisam passar por um esforço de validação e não apenas de calibração para que tornem-se também ferramentas de apoio no diálogo e mediação de conflitos de interesse.

### 3 REPRESENTAÇÃO DAS RELAÇÕES CAUSAIS DAS DESIGUALDADES SOCIOESPACIAS NA ACESSIBILIDADE AO TRABALHO EM FORTALEZA

Os problemas de desigualdade na acessibilidade são verificados quando existem diferenças injustas nos níveis de acessibilidade entre grupos de indivíduos. Neste trabalho, interessa a análise de grupos de indivíduos que: A) estão espacialmente localizados em diferentes regiões; B) possuem características socioeconômicas distintas; e C) fazem parte de gerações diferentes. Dessa forma, levantar hipóteses de relações de causalidade para as desigualdades socioespaciais na acessibilidade, na verdade é levantar as hipóteses de causalidade sobre as restrições que fazem com que a acessibilidade de cada um desses grupos se configure e se modifique. Garcia *et al.* (2018) apontam na base da Figura 8 que os problemas de acessibilidade são decorrentes de ineficiências nos transportes e em inadequações na distribuição de uso do solo, as quais são diretamente influenciadas pelas características socioeconômicas dos diferentes grupos de indivíduos. Dessa forma, espera-se que essas condições sejam também determinantes nas desigualdades socioespaciais na acessibilidade (Figura 11).

Figura 11 - Relações causais das desigualdades socioespaciais na acessibilidade



Para entender como essas relações ocorrem em Fortaleza é preciso compreender o processo que se acredita que as originaram, de tal forma que será abordado um contexto geral de expansão urbana dando ênfase às transformações ocorridas nos subsistemas de atividades, uso do solo e transportes. Essa discussão inicia-se em 1930, ano a partir do qual a cidade passou por um grande aumento populacional decorrente do êxodo rural promovido pelas secas no interior do estado (IPLANFOR, 2015). O processo continuado de crescimento da cidade fez com que em 1940 houvesse 180 mil habitantes, 100 mil a mais do que em 1920 (IPLANFOR, 2015). Apesar do crescimento expressivo da população neste período, ele se torna ainda mais acentuado nos anos seguintes, pois em 2000, a população de Fortaleza chega a mais de 2 milhões de habitantes (IBGE, 2000). As pessoas oriundas do interior que chegavam à Capital em busca de uma melhor qualidade de vida deparavam-se com uma realidade diferente da esperada, tendo que se submeter a condições precárias de trabalho e moradia (INSTITUTO PÓLIS, 2009).

Essa expansão urbana intensa e descontrolada é uma provável causa para as restrições econômicas vivenciadas por parte da população de Fortaleza e que auxilia a estabelecer quem é o grupo vulnerável desta análise (seção 3.1). A descrição das condições de renda da cidade

permite verificar que existem grupos populacionais com condições de renda distintas e hipotetizar que essas diferenças podem estar influenciando a acessibilidade de cada um dos grupos. Será apresentado ainda que as condições econômicas dessa população podem estar influenciando as decisões locacionais de onde residir e trabalhar, assim como as decisões de viagens (seção 3.2). Essas discussões têm o intuito de contribuir na construção da representação das relações de causa e efeito entre os problemas internos dos subsistemas urbanos e os níveis de acessibilidade de cada grupo de indivíduos (seção 3.3).

### 3.1 Desigualdades socioeconômicas

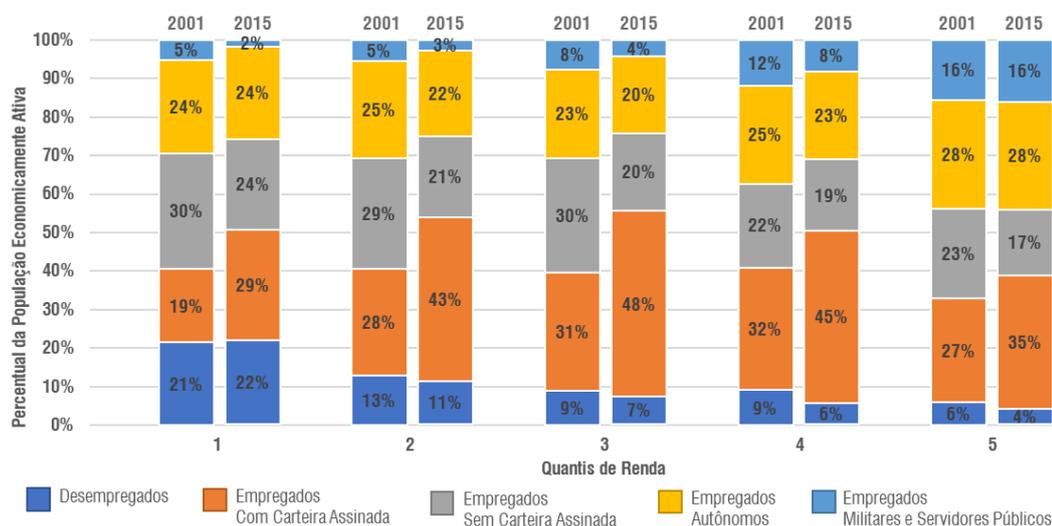
A diferença de renda entre grupos populacionais é tema recorrente na literatura de investigação sobre as desigualdades de acessibilidade e equidade na provisão de infraestrutura de transportes. Em geral, verifica-se que indivíduos de menor renda são também aqueles que possuem os menores níveis de acessibilidade (PEREIRA, 2019; SHEN, 2000). Em Fortaleza, já foram encontradas evidências de que os níveis de desemprego em algumas regiões da cidade possuem relação com os níveis de acessibilidade (MENEZES, 2015). Ressalta-se que não é o fato de um indivíduo estar empregado, ou receber um elevado salário, que modifica instantaneamente suas condições de acessibilidade, mas sim as possibilidades que esta condição lhe fornece, como residir mais próximo às atividades que deseja realizar, ou comprar um veículo motorizado (moto ou carro) para conseguir maiores velocidades de deslocamento. Ou seja, é a eliminação (ou redução) das restrições econômicas que podem proporcionar melhores condições de acessibilidade.

Na Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), o aumento da renda domiciliar está relacionado com reduzidos níveis de desemprego e a maior participação em empregos com carteira assinada, empregos de militares e servidores públicos (Figura 12). De 2001 para 2015, ocorreu uma redução no desemprego e uma substituição de empregos sem carteira de trabalho para empregos com carteira de trabalho, que passou de 27% da população economicamente ativa para 40%. Ressalta-se que a informalidade nem sempre está atrelada à baixos salários, sendo os autônomos uma das principais ocupações dos indivíduos que pertencem ao maior quintil de renda. Destaca-se que os níveis de desemprego após 2015 possivelmente se agravaram em virtude da crise econômica que assola o país desde então.

A redução do desemprego com maior oferta de empregos com carteira de trabalho contribuiu para um aumento do poder aquisitivo das pessoas da cidade. Em 2000, 40% dos domicílios possuíam renda domiciliar de até 1,6 salários mínimos; em 2015 esse percentil passou para 2,2 salários mínimos (Figura 13), enquanto o percentual de domicílios que possuíam menos de 1 salário mínimo reduziu de 35% para 15%. Do lado dos mais ricos, 20% dos domicílios possuíam mais de 6,7 salários mínimos em 2000 e em 2015 os 20% mais ricos possuíam mais de 5,2 salários mínimos. Resultado similar chega-se ao analisar as informações da Associação Brasileira de Empresas de Pesquisas (ABEP), que classifica os domicílios a partir do seu poder de compra com o uso de uma metodologia denominada de Critério Brasil, em que subdivide os domicílios a partir de informações da posse de itens no domicílio e do grau de instrução do chefe da família. Em 2003, 5% da população da RMF pertencia ao grupo A (o

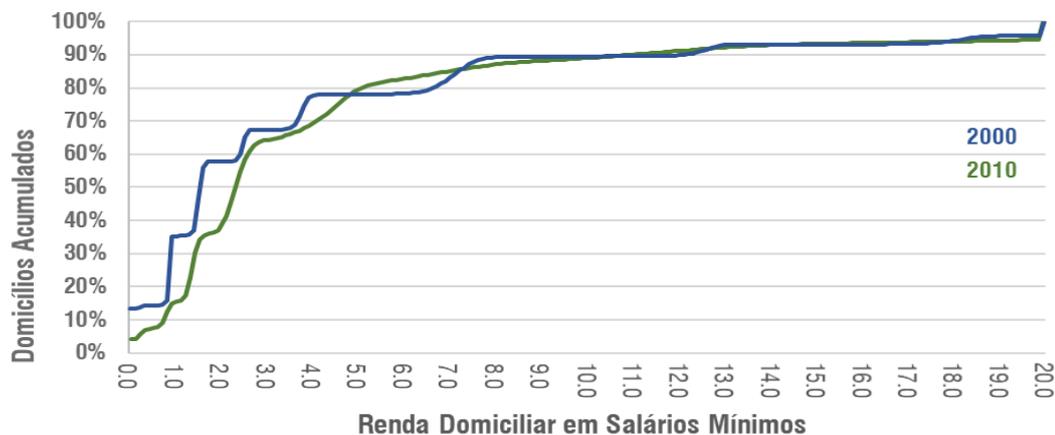
de maior poder de compra), em contrapartida, 62% da população pertencia aos grupos D e E (os de menor poder de compra) (ABEP, 2003). Em 2015, 4% da população era do grupo A e 39% dos grupos D e E (ABEP, 2015).

Figura 12 - Distribuição da população economicamente ativa por tipo de emprego e renda na RMF



Fonte dos dados: IBGE (2001, 2015)

Figura 13 - Distribuição de renda em Fortaleza em 2000 e em 2010



Fonte dos dados: IBGE (2000, 2010a)

Pelo Critério Brasil em 2015, o limite superior da classe C2 era representado por um domicílio cujo chefe da família tinha ensino médio incompleto, havia água encanada no domicílio, a rua era pavimentada, possuía 2 banheiros, 1 geladeira, 1 lava roupas, 1 micro-ondas e 1 motocicleta (nenhum empregado doméstico, automóvel, microcomputador, lava louça, freezer, DVD ou secadora de roupa). Em contraponto, o limite inferior da classe B2 podia ser representado por um domicílio com o mesmo chefe de família (com ensino médio incompleto) e a mesma localização (com água encanada e rua pavimentada) tendo em seu interior 3 banheiros, 1 empregado doméstico, 1 automóvel, 1 microcomputador, 1 lava louça, 1 geladeira, 1 lava roupas, 1 DVD e 1 micro-ondas (não teria freezer, motocicleta e secadora de roupa).

Esses dois tipos de domicílios, B2 e C2, foram escolhidos porque apenas 15% dos domicílios da RMF estão em condições intermediárias entre esses dois, que, a priori, parecem domicílios com condições aceitáveis de moradia. 64% dos domicílios estão abaixo das condições do primeiro domicílio (pela Figura 13 seriam domicílios com renda abaixo de 3,0 salários mínimos), formando um grupo populacional que possivelmente não tem acesso a condições básicas de educação e de serviços públicos, como transporte público de qualidade; enquanto 8% encontram-se em condições acima do segundo domicílio (pela Figura 13 seriam domicílios com renda acima de 12,0 salários mínimos), ou seja, seus residentes possuem poucas ou nenhuma restrição econômica que reduza sua acessibilidade.

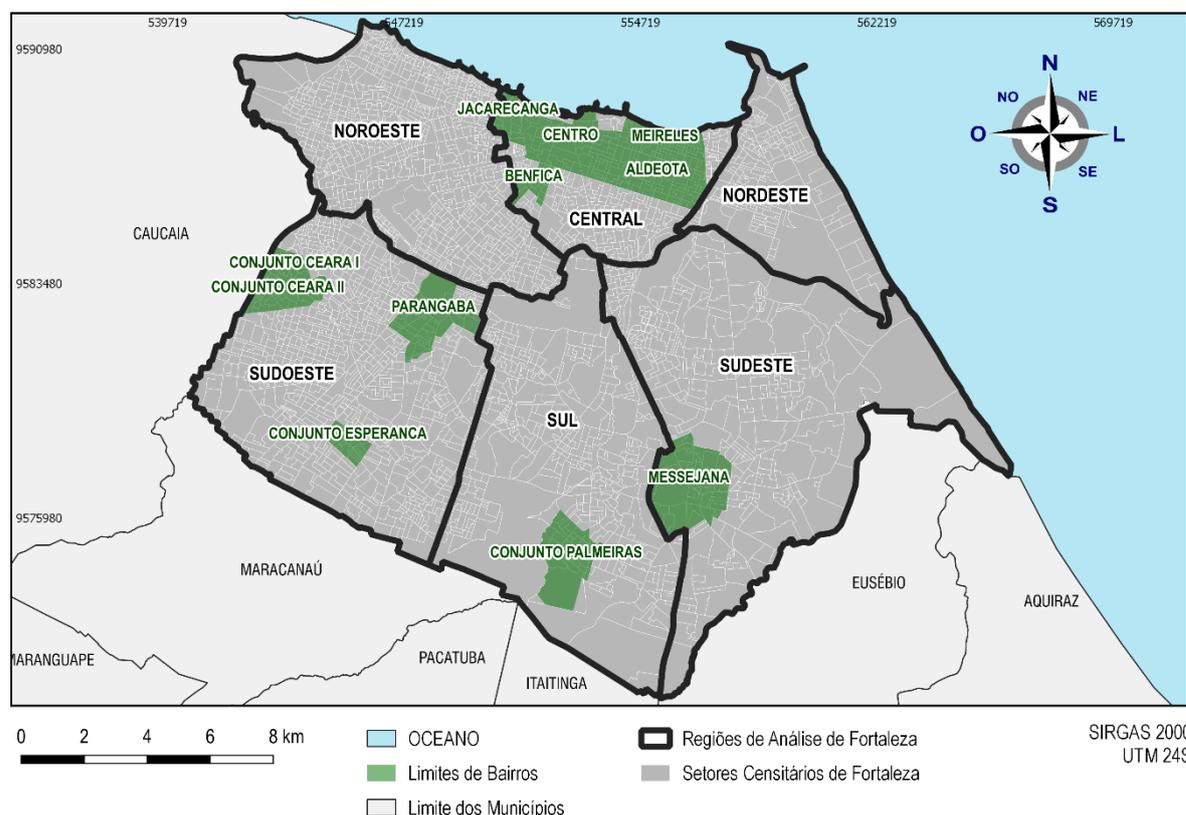
Dessa forma, considera-se que o grupo populacional mais pobre de Fortaleza é o grupo mais vulnerável. É para esse grupo que serão avaliadas as desigualdades espaciais, portanto, na seção a seguir serão levantadas hipóteses de como a localização espacial destes indivíduos pode influenciar em sua acessibilidade. Esse grupo será comparado com a população de renda mais elevada, para que se verifique se existem hipóteses de restrições distintas provenientes do uso do solo (seção 3.2) e dos transportes (seção 3.3) sobre a acessibilidade de cada grupo. E, por fim, é para esse grupo que se discutirá a acessibilidade entre gerações e é por isso que as restrições são sempre apresentadas sobre dois recortes temporais: início do século XXI e situação atual, geralmente representada pelo ano 2015. Esses períodos foram escolhidos porque foi uma época em que ocorreram grandes transformações nos subsistemas urbanos em Fortaleza capazes de terem criado condições distintas de acessibilidade, como será apresentado a seguir.

### 3.2 *Spatial mismatch* entre empregos e população

Kain (1968) foi o primeiro a propor uma relação entre a segregação residencial e seus impactos sobre o mercado de trabalho, comumente referida como *Spatial Mismatch Hypothesis*. Ele buscava explicar as oportunidades de emprego da população negra como resultado da localização de suas residências. Essa hipótese propõe que a localização involuntária das moradias prejudica o acesso ao mercado de trabalho dos trabalhadores das cidades, isolando-os das oportunidades de emprego para as quais estão mais qualificados. No entanto, dada a tendência de aumentar a segregação residencial por classe, essa hipótese agora se aplica de maneira mais geral a trabalhadores menos qualificados, independentemente da raça (JOHNSON, 2006). Dessa forma, cunha-se o termo *spatial mismatch* para descrever um amplo conjunto de barreiras geográficas ao emprego que resultam de uma disparidade, ou incompatibilidade, entre o local onde as pessoas vivem e onde estão localizadas suas respectivas oportunidades de emprego (MCLAFFERTY, 2015). O limite que diferencia *spatial mismatch* do conceito de acessibilidade é tênue. Esses dois conceitos tendem a ser trabalhados com os mesmos indicadores, como o número de empregos em um tempo razoável de deslocamento a partir das zonas residenciais. Entretanto, o conceito central do *spatial mismatch* tende a estar relacionado com a quantidade e proximidade dos empregos em relação à localização da força de trabalho (MCLAFFERTY, 2015), o que compreende exatamente a componente do uso do solo da acessibilidade (GEURS; VAN WEE, 2004); enquanto a acessibilidade incorpora ainda características dos transportes e restrições temporais.

Em Fortaleza, até os anos 1970, a estrutura urbana caracterizava-se fortemente pela hiperconcentração de usos e atividades na região Central (Figura 14). O denominado bairro Centro era, simultaneamente, polo administrativo, comercial, de serviços e residencial, além de concentrar os principais equipamentos culturais e de lazer da metrópole. Sua consolidação como centralidade, ou seja, uma área que uniu diversos usos, tornando-se um ponto de acumulação e atração de fluxos econômicos e de viagens (DAMIANI; CARLOS; SEABRA, 1999), foi impulsionada pelo advento do mercado algodoeiro, consequência de uma conjuntura internacional favorável (RAIMUNDO NETTO, 2014; SILVA, 1992). Em complemento a este fator, a concentração fundiária no campo, a construção da via férrea ligando Fortaleza a Baturité (atual linha Sul do metrô, ver Figura 1); o advento do transporte coletivo por meio de bondes com tração animal, e o fortalecimento da função portuária de Fortaleza também contribuíram para a consolidação do Centro enquanto centralidade (LOPES, 2006).

Figura 14 - Regionalização do território de Fortaleza

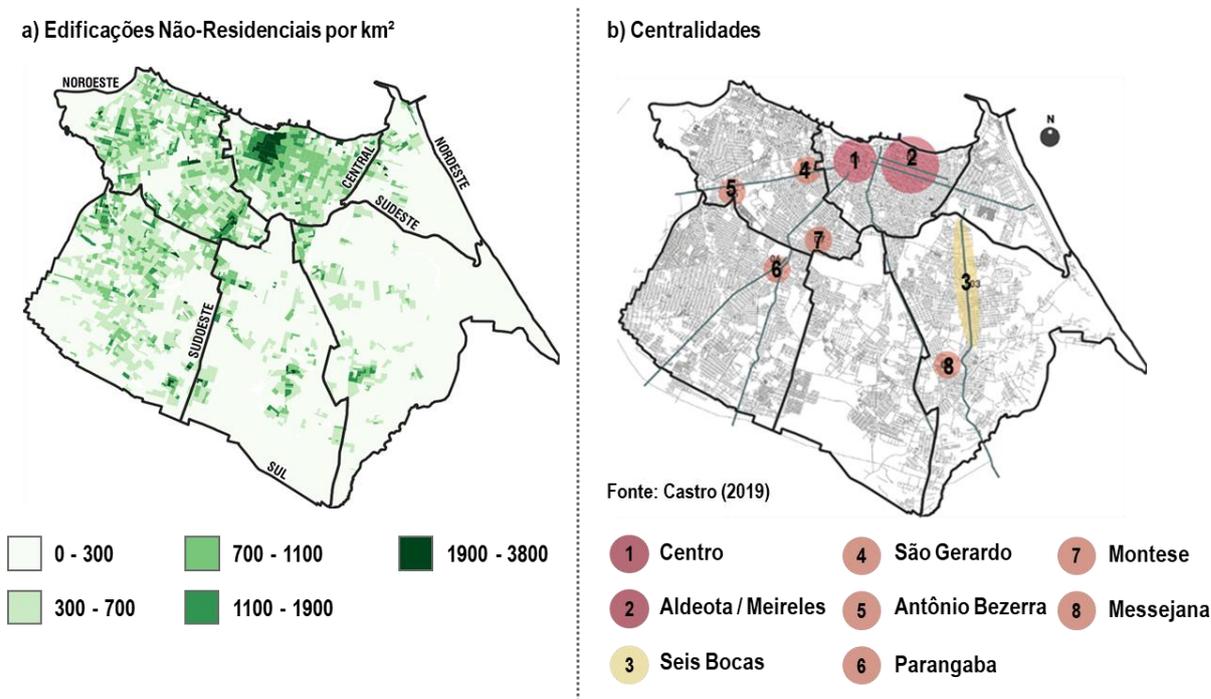


A acelerada expansão demográfica vivenciada por Fortaleza na primeira metade do século XX, com a maior parte do público sendo oriunda de migrações internas do estado, contribuiu tanto para a expansão urbana, a partir de vetores viários, quanto para uma transformação dos usos no bairro Centro. Esse período é marcado pelo aumento dos conflitos, tensões, greves e aglomerações do bairro. Em virtude desses fatores, estabelecem-se processos de transferência das elites socioeconômicas para outras localidades da cidade, consideradas mais tranquilas e, portanto, mais propícias à moradia. Os bairros Jacarecanga e Benfica, situados, respectivamente, a oeste e sul do Centro, tiveram sua ocupação intensificada pelas

camadas de alta renda nos anos 1920. Além destas, ocorreram ocupações de áreas próximas ao mar, a leste e a norte do Centro, por meio de edificações de veraneio (segundas residências) e dos clubes, destinados ao lazer, aos encontros e às práticas desportivas das elites (DANTAS, 2002; LOPES, 2006).

Ao longo da década de 1970, observou-se a transferência de diversas repartições públicas do Centro para a região majoritariamente ocupada pelas elites, como Aldeota e Meireles. No que concerne à legislação urbana, Diógenes (2012) salienta o seu papel em relação às mudanças de fisionomia verificadas em Fortaleza: o fomento ao incremento populacional e domiciliar em determinadas regiões vinha como fruto das pressões do mercado imobiliário nascente e dos proprietários de terras, como a verticalização e o adensamento na região situada a leste do Centro (FERNANDES, 2004). Apesar de, atualmente, ser possível observar em Fortaleza uma maior pluralidade, em termos de regiões que exercem papel de centralidades, ainda é notória a existência de um forte caráter polarizador da região Central. O bairro Centro com 1,6% da área da cidade concentra 7,5% das edificações não residenciais (Figura 15 - .a). Ao considerar toda a região Central estão concentradas 21% dessas edificações em menos de 10% da área. Apesar disso, Castro (2019) e Costa e Pequeno (2015) ao avaliarem as alterações ocorridas no uso do solo no começo do século XX identificam a existência de subcentralidades na cidade (Figura 15 - .b), com menor impacto sobre a distribuição global de oportunidades, mas com possíveis efeitos positivos na dinâmica local dessas regiões pela pluralidade de atividades existentes.

Figura 15 - Espacialização das edificações não residenciais e das centralidades de Fortaleza



A concentração de empregos por si só não necessariamente contribui para os baixos níveis de acessibilidade. Dentre as principais críticas da política habitacional brasileira, desde os anos 1960, a crescente situação de afastamento entre os locais de trabalho, os equipamentos

urbanos e as áreas de moradia populares é posta como um dos aspectos mais graves, pelos prejuízos gerados à qualidade de vida coletiva (ROLNIK; NAKANO, 2009) e aos níveis de acessibilidade. A desconexão entre distintos usos do solo urbano, em países em desenvolvimento, atua como um importante faceta da desigualdade socioespacial (MARICATO, 2003). Em Fortaleza, a compreensão do *Spatial Mismatch* perpassa tanto um entendimento do processo de periferização da população de baixa renda, quanto do desenvolvimento – em termos de expansão e esvaziamento –, das centralidades.

Alterações dos padrões de parcelamento e de uso e ocupação do solo tem influenciado a configuração espacial urbana de Fortaleza (MONTEIRO, 2007), assim como na maioria das grandes cidades brasileiras. Esse fenômeno de espraiamento do tecido da cidade vem se manifestando cada vez mais de forma voluntária pela população de alta renda que, em busca da sua suposta qualidade de vida, vai morar longe do conturbado centro urbano, intensificando a segregação imposta aos segmentos de baixa renda (LIMA *et al.*, 2019). Alguns pesquisadores entendem que existe apenas um tipo de segregação, ocorrendo em um processo dialético em que a segregação (voluntária) de uma parcela da população provoca, ao mesmo tempo e por meio do mesmo processo, a segregação (involuntária) de outra (SPOSITO, 2013; VILLAÇA, 2001).

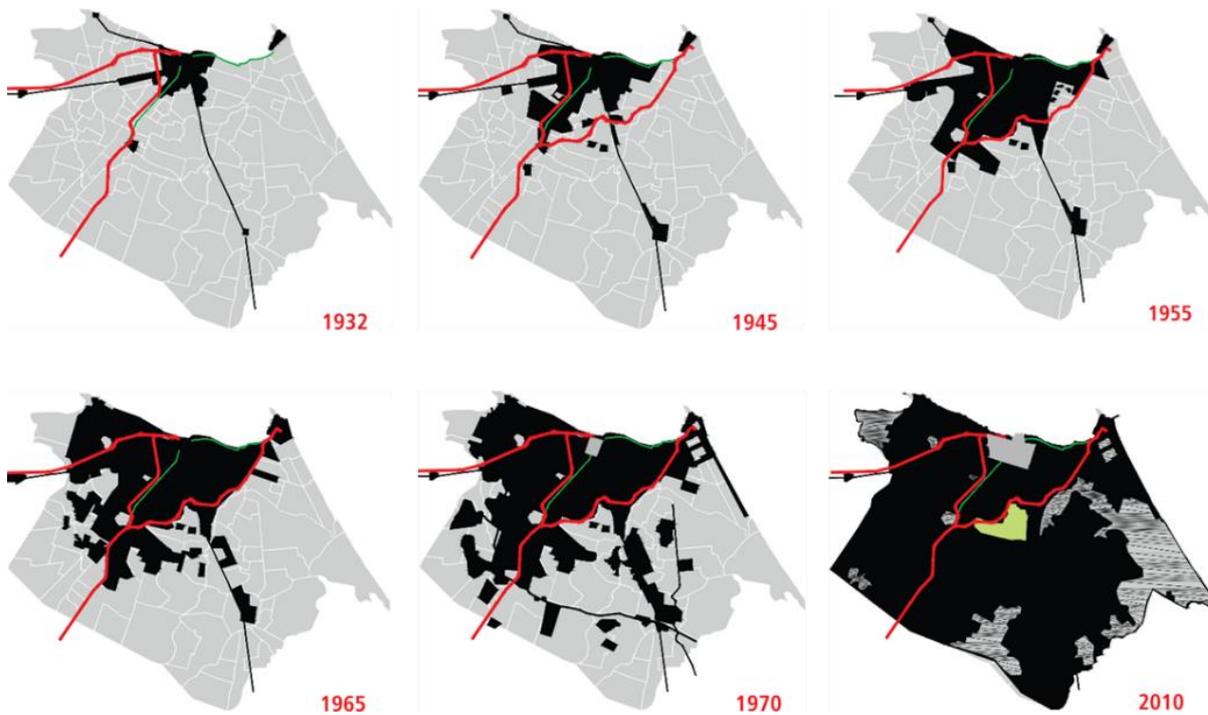
### **3.2.1 Periferização da população de baixa renda**

A parcela do fenômeno do espraiamento urbano inerente à baixa renda, aqui referida por ‘periferização’ (ANDRADE, 2016), ocorre quando indivíduos são obrigados a residir em regiões periféricas da cidade, distantes das suas oportunidades de empregos, já que as opções de onde e como residir nas áreas mais centrais estão sujeitas a fortes limitações socioeconômicas e ambientais, associadas ao conceito de segregação imposta ou involuntária (CORRÊA, 2013). Pode-se dizer que esse processo é responsável pela localização de pessoas em áreas que não atendem às suas necessidades essenciais, como moradia digna, infraestrutura, oferta de serviços etc. (BORGES; ROCHA, 2004).

Identifica-se, no período entre 1930 e 1950, o início de um processo de espraiamento principalmente no lado oeste da cidade (ver Figura 16 – mancha urbana de 1955), onde restrições orçamentárias impediam essas famílias de se instalarem na região Central. Cerca de 30 anos depois, essa condição foi reforçada com a construção de conjuntos habitacionais em áreas periféricas (COSTA; PEQUENO, 2015) financiados pelo Banco Nacional de Habitação (BNH), como o Conjunto Ceará, o Conjunto Palmeiras e o Conjunto Esperança. Esta política habitacional estimulou a expansão espraiada da cidade por meio da ocupação de extensas áreas rurais descontínuas do município, favorecendo a periferização e a especulação imobiliária (MÁXIMO; LOPES, 2013). Com a provisão dispersa de habitação desse período, o poder público transfere para a população o custo dos deslocamentos que é resultante não só do valor monetário da tarifa de transporte ou combustível, mas também do tempo despendido nesses deslocamentos (ANDRADE, 2016). Em Fortaleza, a construção dos grandes conjuntos habitacionais financiados pelo BNH provocou processos de conurbação na direção sul e oeste da cidade (FREITAS; PEQUENO, 2015), resultando em uma segregação imposta programada

pelo Estado que fez com que praticamente todo o restante do território municipal fosse ocupado, livrando-se apenas áreas de preservação ambiental (ver Figura 16 – mancha urbana de 2010).

Figura 16 - Mancha urbana de Fortaleza 1930 - 2010

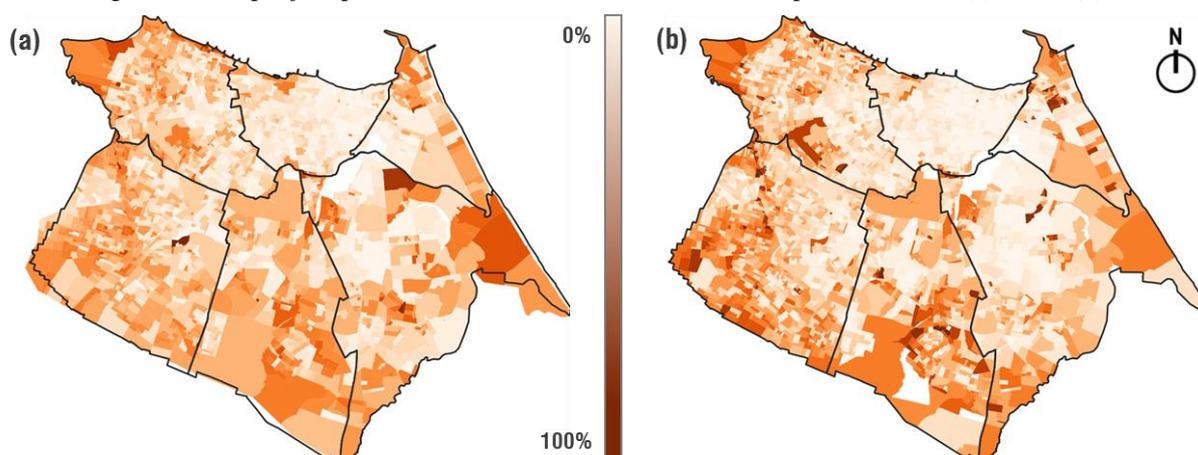


Fonte: IPLANFOR (2015)

A manutenção de modelos de desenvolvimento urbano que promovem a segregação residencial socioeconômica de estratos sociais vulneráveis vem sendo debatida há décadas. Os recentes lançamentos de moradias populares viabilizados por meio de políticas públicas, como o Programa de Aceleração do Crescimento lançado em 2007, e o Programa Minha Casa Minha Vida iniciado em 2009, corroboraram para o atual fortalecimento desses debates, principalmente no âmbito acadêmico (FREITAS; PEQUENO, 2015). Na Figura 17, torna-se evidente a presença cada vez mais acentuada da população de renda mais baixa nas regiões periféricas a oeste da capital cearense, com redução de sua presença nas regiões Central, Nordeste e Sudeste.

Esses processos culminaram na formação de regiões com monofuncionalidade residencial de baixa renda em Fortaleza, assim como a provisão de baixos níveis de acessibilidade aos empregos experimentados pela população de baixa renda que reside nessas áreas, o que reforça o fenômeno de *spatial mismatch* entre moradias e oportunidades de empregos da baixa renda na cidade (ANDRADE *et al.*, 2017). Entretanto, os autores destacam algumas regiões que estão periféricas, mas não padecem de baixos níveis de acessibilidade, indicando e reconhecendo que outros aspectos, além da monofuncionalidade, contribuem na determinação dos níveis de acessibilidade, como os impactos advindos do subsistema de transportes.

Figura 17 - Proporções por setor censitário: 30% domicílios mais pobres em 2000(a) e 2010(b).



Fonte dos dados: IBGE, (2000, 2010a)

### 3.2.2 Descentralização da população de alta renda

A descentralização residencial da alta renda em Fortaleza ocorre a partir da década de 1980, quando as cidades brasileiras conheceram um novo processo de ocupação do solo caracterizado pela ampliação da produção de espaços residenciais murados (CASTRO, 2019). Este fenômeno, identificado por autoss segregação (LOBATO, 1995), resulta da decisão voluntária de reunir grupos socialmente homogêneos, cujos exemplares de tipologias habitacionais são loteamentos e condomínios fechados (VASCONCELOS, 2013) como forma de controle do território. O mercado imobiliário ‘ressignifica’ os espaços, possibilitando a construção e comercialização de grandes terrenos em regiões afastadas do centro para evitar os elevados preços do solo e as regulamentações restritivas das regiões centrais de cidades (DIÓGENES, 2012).

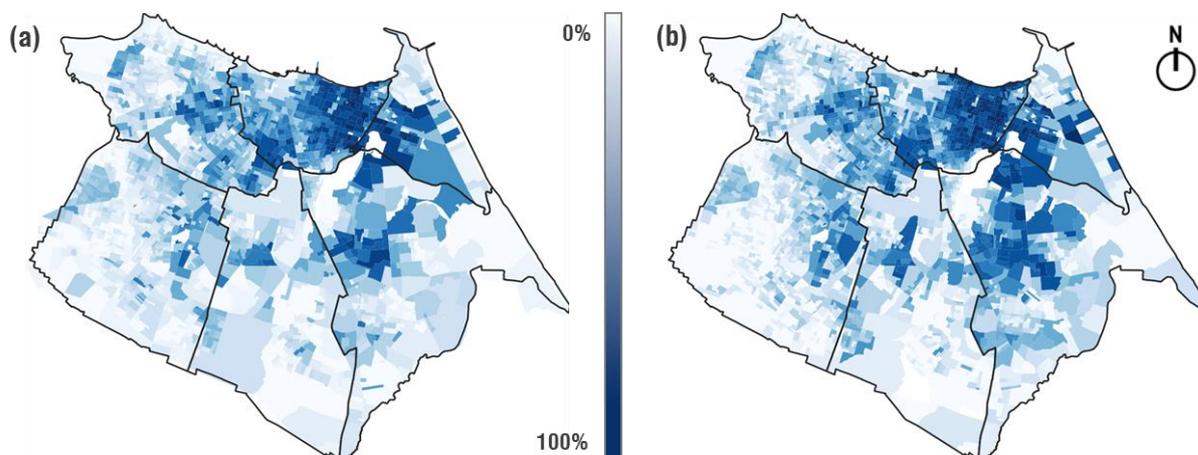
A partir da década de 1940, em meio a intenso crescimento populacional, as classes de mais alta renda deixaram as proximidades do Centro e se redirecionaram para o lado leste da cidade (JUCÁ, 2003). Ao fim da década de 1970, o lado leste da região Central (Figura 14 - Regionalização ), composto por bairros como Aldeota e Meireles, configurou-se como nova centralidade de Fortaleza, com a crescente verticalização e valorização dos terrenos. Atualmente, encontram-se ali as áreas mais valorizadas da cidade, com diversificação de usos, congregando residências, estabelecimentos comerciais e de serviços, equipamentos de saúde, educação e lazer; exercendo, assim, uma forte atratividade sobre a população residente em distintas zonas (CASTRO, 2019). Conforme explicitado anteriormente, caracteriza-se ainda pela presença marcante da alta renda desde a sua origem, sendo a região de maior concentração deste estrato social na cidade de Fortaleza. A habilidade que a alta renda possui, nas metrópoles brasileiras, em catalisar novas centralidades (VILLAÇA, 2001) auxilia a compreender por que a região de maior domínio desse estrato social em Fortaleza também se destaca, em termos de aglutinação de estabelecimentos de uso não-residencial (CASTRO, 2019).

Já na década de 1980, o poder público e a iniciativa privada direcionaram a expansão da cidade para a região Sudeste (Figura 14 - Regionalização ), onde havia grande quantidade de terrenos disponíveis, por meio da implantação de infraestrutura e de serviços, construção de grandes obras e equipamentos públicos e abertura de grandes vias (LIMA, 2017); seguindo,

assim, a tendência do surgimento de áreas voltadas às camadas de alta renda (DIÓGENES, 2012). A expansão imobiliária incorreu significativamente na reprodução do fenômeno da autosegregação, que estabeleceu um ‘eixo’ imobiliário valorizado da cidade, com expansão da oferta de moradia para classes de maior poder aquisitivo através de condomínios horizontais fechados (COSTA; PEQUENO, 2015). Não coincidentemente, abrange ainda quantidade considerável de equipamentos de lazer e turismo no entorno de duas importantes rodovias (CE040 e CE025) que interligam bairros típicos de residência da população de alta renda na capital aos condomínios fechados no município do Eusébio, e à atividade turística no litoral de Aquiraz.

A autosegregação do grupo populacional economicamente mais favorecido pode ser entendida como um processo de descentralização residencial, uma vez que a região Central da cidade é a área que apresenta historicamente a maior densidade de domicílios de alta renda (COSTA; PEQUENO, 2015). Pela Figura 18, é possível observar uma redução da concentração desses domicílios mais evidente nas regiões Central e Nordeste, com menor intensidade na região Noroeste. Verifica-se também que apesar de alguns setores na região Sudeste reduzirem a concentração desse grupo populacional, ocorre na maioria das zonas um aumento da presença do grupo mais rico.

Figura 18 - Proporções por setor censitário: 30% domicílios mais ricos em 2000(a) e 2010(b).



Fonte dos dados: IBGE, (2000, 2010a)

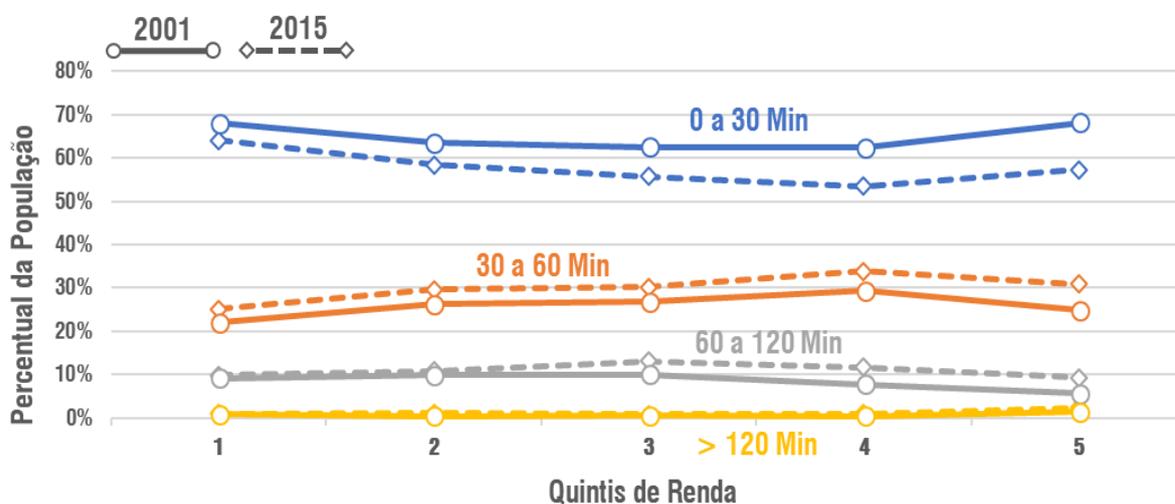
Investigando os efeitos da periferização voluntária do grupo de alta renda sobre a acessibilidade, Lima *et al.* (2019) constataram a existência de desigualdades espaciais na acessibilidade aos postos de trabalho, ao verificarem que em Fortaleza existem duas realidades distintas: (1) a ‘Cidade dos Ricos’, localizada nas regiões Central e do lado leste, onde se concentra a oferta da grande maioria das oportunidades de emprego para todas as faixas de renda, permitindo, para quem mora ali, alcançar seus postos de trabalho por automóvel em menos de 20 minutos; por sua vez, (2) a ‘Cidade dos Pobres’, localizada nas regiões Sul e no lado oeste, formada por uma população que vem sendo historicamente segregada em áreas com as piores condições de acessibilidade às oportunidades de emprego, gastando em média mais de 75 minutos no deslocamento casa-trabalho em ônibus. Entretanto, reconhecem que apesar

da importância da caracterização da situação atual do espraiamento residencial e seus efeitos sobre a acessibilidade, não se torna menos importante evidenciar as tendências nas variações de indicadores de acessibilidade que permitam confirmar as hipóteses levantadas sobre o provável aumento das desigualdades entre a ‘Cidade dos Ricos’ e a ‘Cidade dos Pobres’ caso continue ocorrendo o espraiamento urbano em Fortaleza, além de contribuir na discussão sobre aspectos de sustentabilidade das condições às quais essa cidade foi e é submetida (LIMA *et al.*, 2019).

### 3.3 Ineficiências do subsistema de transportes

Apesar de não haver uma análise sobre como as ineficiências da rede de transportes de Fortaleza impactam a acessibilidade, é possível verificar que o conjunto de fatores econômicos dos usuários e as modificações no provimento de oferta da rede ampliaram os tempos de viagem de todas as classes de renda em Fortaleza (Figura 19) entre 2001 e 2015, por meio de uma redução no número de indivíduos que se deslocam entre 0 e 30 minutos e um aumento dos indivíduos que se deslocam entre 30 e 60 minutos. A população de alta renda parece ter sofrido nesse período os piores impactos no deterioramento do nível de serviço da rede de transporte (entre outras causas), ampliando seus tempos de viagem mais do que os grupos de renda mais baixa.

Figura 19 - Distribuição da população por categorias de tempos de viagem ao trabalho

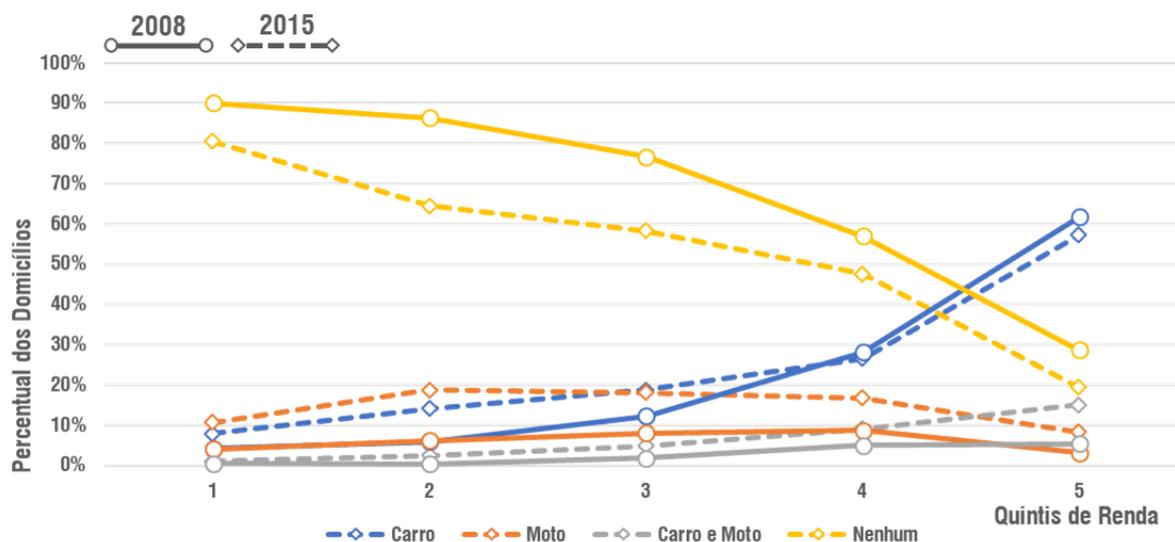


Fonte dos Dados: IBGE (2001, 2015)

As condições econômicas da população, que diferenciam a localização espacial dos grupos populacionais de Fortaleza, são também relevantes na formação de dois grupos distintos na cidade quanto à posse do veículo motorizado. Apesar do avanço na posse de veículos motorizados ocorrido entre 2008 e 2015, no primeiro quintil de renda o percentual de domicílios que não possuem carro e nem moto é de mais de 80% em 2015; enquanto no último quintil, esse valor é de 20%. Em ambos os casos, há uma redução de 10% no percentual, quando se compara com o ano de 2000 (Figura 20). Essa condição sugere uma desigualdade na posse de

veículos motorizados individuais, de tal forma, que aqueles que utilizam o transporte coletivo, o fazem porque não possuem uma alternativa; enquanto aqueles que podem adquirir (e utilizar) um carro ou moto o fazem e não utilizam o transporte público. Dessa forma, as ineficiências na oferta do transporte coletivo tendem a agravar as condições de acessibilidade da população de baixa renda, enquanto as ineficiências decorrentes da oferta de malha viária renda tendem a impactar a acessibilidade da população de alta.

Figura 20 - Posse de veículo motorizado por quintil de renda



Fonte dos Dados: IBGE (2008, 2015)

Diferentemente do que ocorre com a distribuição das atividades, em que o poder público e as decisões dos usuários tornaram (e tornam) ainda mais inadequadas as distribuições de acessibilidade, as restrições do subsistema de transporte ocorrem de maneira inversa. A interferência na oferta do subsistema de transporte, que em Fortaleza ocorre basicamente pela ação do poder público, tanto na rede de transporte público, como na malha viária, poucas vezes ocorre para ampliar as ineficiências, sendo muito rara a eliminação de uma via, de uma linha ou de parada de ônibus. Entretanto, essa oferta é distribuída espacialmente de maneira desigual na cidade e, por isso, pode provocar e reforçar as desigualdades socioespaciais na acessibilidade por meio de ineficiências mais fortes em uma região do que em outra. A seguir, será analisada como se dá a distribuição espacial da oferta de transporte público (seção 3.3.1) e da malha viária (seção 3.3.2) em Fortaleza.

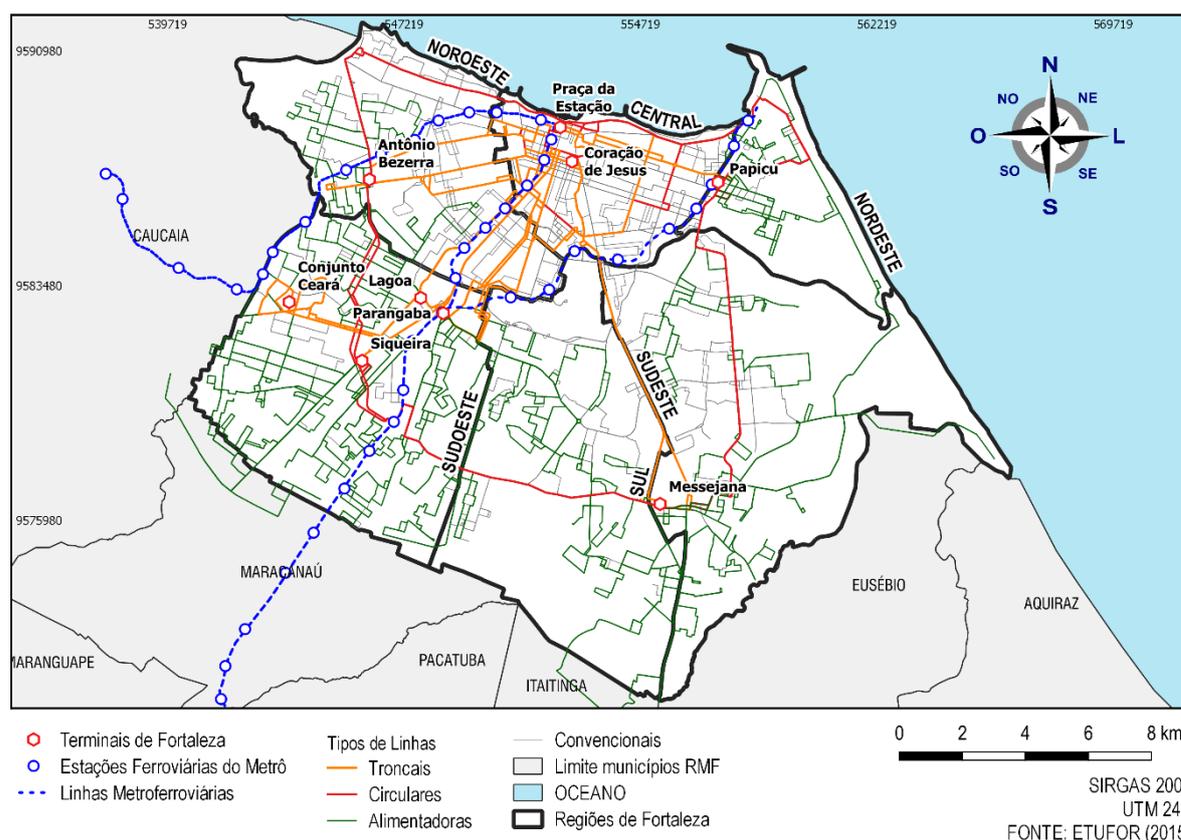
### 3.3.1 Distribuição espacial da oferta do transporte público

A implantação do Sistema Integrado de Transporte de Fortaleza (SIT-FOR), no início dos anos 1990 tornou acessível pelo transporte público áreas periféricas das regiões Noroeste e Sudoeste (Figura 21), concentrando cinco dos sete terminais fechados de integração de ônibus. Os dois terminais abertos, Praça da Estação e Coração de Jesus, estão localizados na região Central. Mais recentemente, as duas linhas ferroviárias metropolitanas vêm sendo substituídas pela tecnologia metroviária, implantando-se também uma ligação por VLT entre as regiões

Sudoeste e Nordeste. O sistema conta com a Linha Oeste, que parte da região Central e corta a região Noroeste, seguindo até o município de Caucaia; e a Linha Sul que também parte da região Central, atravessa a região Noroeste e percorre a região Sudoeste até o município de Maracanaú. Essas linhas, apesar de concentradas em poucas regiões e ainda não integradas ao transporte rodoviário, têm a capacidade de prover melhores condições de acessibilidade em grande parte da RMF, em decorrência da alta capacidade e velocidade com que permite o acesso à região Central de Fortaleza.

Atualmente, o sistema rodoviário de transporte urbano de Fortaleza opera com bilhete único, permitindo integração temporal; contudo, a rede de transporte público é predominantemente tronco-alimentadora, fazendo com que muitas das viagens que se originam nas zonas periféricas da cidade ainda passem pelos terminais físicos de integração, resultando em maiores tempos de viagem e de espera, indo na direção contrária ao que deseja a população que considera menos penalizador o tempo gasto dentro dos veículos do que aquele gasto em caminhadas, na espera pelo veículo ou na realização de transbordos.

Figura 21 - Rede de transporte público de Fortaleza



A rede de Fortaleza é composta por linhas alimentadoras que direcionam a população até os terminais sempre que os deslocamentos são mais distantes. As conexões entre os terminais são realizadas por linhas troncais, com elevadas capacidade e frequência, mas operadas por veículos tradicionais, sem *Bus Rapid Transit* (BRT). Essa estrutura de rede denota o caráter indutor do sistema, que penaliza os usuários residentes na área periférica e que prioriza

a população da região Central. Tal configuração obriga muitas vezes os usuários a realizarem um número maior de transbordos nos deslocamentos que não se destinam à região Central.

A rede possui elevada cobertura, estando praticamente todo o território da cidade a até 500 metros de uma parada de ônibus. As áreas não cobertas, representadas por grandes áreas em branco na Figura 21, são em sua maioria: aeroporto, grandes campus universitários, leitos de rios, açudes, regiões de dunas e parques. Apesar da cobertura, a conectividade da rede é diminuta em grande parte da cidade, já que os terminais são ainda os principais pontos de integração da rede, apesar da integração tarifária já estar implantada. Dessa forma, a região Nordeste, Sudeste e Sul podem ser as regiões mais prejudicadas, pois grande parte dessas regiões não está próxima a terminais de integração. Alguns corredores são privilegiados por possuírem linhas troncais permitindo acesso mais rápido e frequente aos terminais e à região Central em cada um dos seus extremos, reforçando ainda mais a desigualdade centro-periferia na provisão da oferta da rede de transporte público rodoviário.

Supõem-se assim que apesar da cobertura provida pela rede rodoviária de transporte público, as melhores condições de conectividade estão na região Central em decorrência da concentração de linhas ferroviárias e metroferroviárias que passam pela região; nas regiões periféricas uma rede com conectividade intermediária possivelmente só pode ser verificada nas zonas em que existem terminais, que por meio das conexões realizadas por linhas troncais e circulares provém acesso aos demais pontos da cidade. A rede metroferroviária ainda precisa ser integrada fisicamente, tarifariamente e operacionalmente para que consiga contribuir de maneira adequada na provisão de um sistema de transporte público mais eficiente, mas ainda assim continuará incentivando as desigualdades centro-periferia e leste-oeste na provisão da oferta.

Entre 2014 e 2019, algumas intervenções merecem destaque na consolidação de um transporte público de melhor qualidade e possivelmente com melhores níveis de acesso, mas não necessariamente menos desigual: a) implantação de linhas que operam com veículos biarticulados, em um sistema BRT, mas que estão restritas às conexões do terminal do Papicu e da região Central ao terminal do Antônio Bezerra; b) ampliação da quantidade de faixas exclusivas de ônibus, capazes de aumentar as velocidade médias de deslocamentos nos principais corredores arteriais da cidade; c) implantação de sistema de bicicleta compartilhado, que se apresenta como mais uma alternativa para o acesso e difusão do transporte público; e d) retomada da construção da linha Leste do metrô de Fortaleza, que ligará os terminais Praça da Estação e Papicu e cortará a região Central da cidade. Essas intervenções não serão consideradas nas análises a seguir, pois por serem recentes, não tinham gerado impactos significativos na acessibilidade, quando ocorreu a delimitação temporal desta pesquisa.

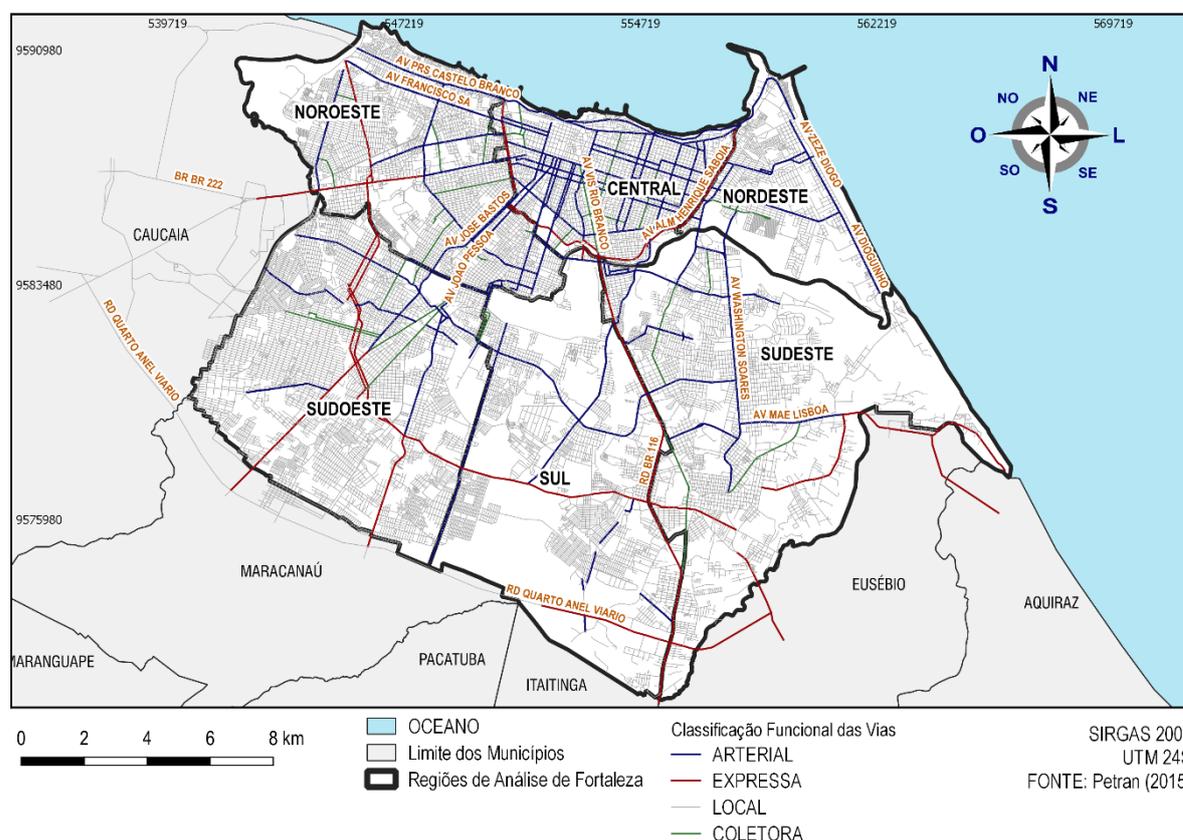
### ***3.3.2 Distribuição espacial da oferta da malha viária***

Para o caso de Fortaleza na década de 1940, o abandono do bonde e a adoção do transporte com pneus para o deslocamento das pessoas representou um impacto imediato na cidade: o aumento da frota de veículos, que mais que duplica entre 1946 e 1949. A malha viária de Fortaleza também passou por grandes mudanças desde os anos 1950, quando se iniciou um processo de expansão da oferta de transporte motorizado pela atualização tecnológica, difusão

de novos modos e consolidação de uma rede radio concêntrica, complementada por anéis arteriais e expressos (Figura 22).

Nessa época, praticamente todas as prioridades com investimentos para mobilidade eram direcionadas à oferta de infraestrutura para os automóveis circularem, como alargamentos viários, novas vias e viadutos, principalmente na primeira metade da década de 1970: em 1972 foram construídas as vias Borges de Melo e Aguanambi; em 1973, a avenida Presidente Castelo Branco; em 1975, o quarto Anel Viário, a Zezé Diogo e a José Bastos; e mais no final da década o sistema viário evoluiu a partir das suas estradas históricas: Francisco Sá, Bezerra de Menezes, João Pessoa, BR-116 e Visconde do Rio Branco. Foi elaborado ainda o Plano Diretor de Transportes Urbanos (PDTU), finalizado em 1981, que tinha o objetivo de definir a política de transportes de Fortaleza dos próximos 15 anos seguintes e que culminaram no alargamento das rodovias BR-116 e BR-222.

Figura 22 - Classificação funcional das vias de Fortaleza



Mais recentemente, o poder público desenvolveu programas de infraestrutura rodoviária, com destaque para as grandes obras viárias de conexão centro-periferia que ocorreram nas regiões Sudeste e Nordeste. São mais evidentes as intervenções de ampliação da oferta da malha viária, com a expansão da rodovias que ligam a região Central aos municípios de Eusébio e Aquiraz, a implantação de via expressa e corredores arteriais ampliando a conexão com a região Sudeste, além de melhorias operacionais em vias da região Nordeste mais próximas ao litoral, possibilitando um acesso mais eficiente aos pontos turísticos na orla, assim como das cargas ao Porto do Mucuripe.

Em Fortaleza, as quadras na maior parte da cidade são formadas por polígonos com aproximadamente 100 metros de lados. Essa configuração de ocupação urbana acaba por incentivar uma intensa cobertura da malha viária. Somando à ocupação de praticamente toda a cidade, tem-se um território permeado de vias em praticamente em todas as regiões, excetuando-as áreas em que a ocupação não é permitida. Por sua vez, a conectividade, que possibilita acesso a regiões mais distantes da cidade e provida por vias do tipo arteriais e expressas, é claramente mais intensa na região Central, enquanto as demais regiões apresentam-se com conectividade bem inferior. Destaca-se que a conexão de Fortaleza com municípios limítrofes é realizada em apenas oito pontos e por meio de vias expressas, que garantem um acesso mais rápido e de maior capacidade à região Central, portanto a população que ocupa zonas ao longo dessas vias podem estar se beneficiando de uma maior conectividade.

Além disso, as vias arteriais são bem conectadas e podem prover melhores níveis de acessibilidade para a população que reside próximo a elas, em especial nas zonas de interseção entre elas, ou nas interseções com vias expressa, já que muitas vezes, essas vias expressas são barreiras ao deslocamento transversal a elas, que só é permitido em cruzamentos entre vias de alta capacidade. Outras barreiras no deslocamento da cidade, como a linha Sul do metrô de Fortaleza, o aeroporto, o rio Cocó tendem a dificultar as conexões leste-oeste na parte sul da cidade, sendo realizadas por praticamente quatro vias; por sua vez, a parte da norte da sul possui diversas ligações leste-oeste que reduzem as dificuldades de conexão com a região Central. Já as conexões norte-sul são mais frequentes em praticamente toda a cidade. Essas condições acabam por reforçar a região Central como principal centralidade da cidade.

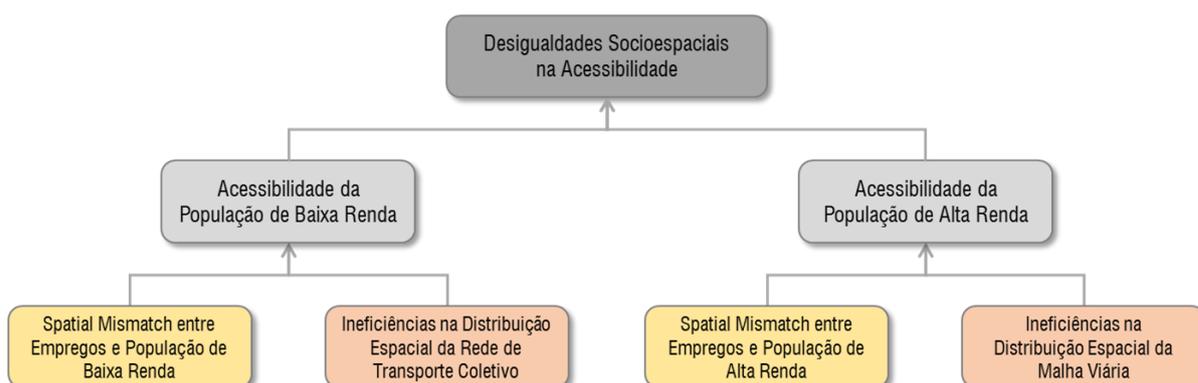
### 3.4 Representação conceitual das restrições da acessibilidade

Apesar do avanço no acesso a moto para a população de baixa renda, as ineficiências da rede de transporte público estão mais relacionadas com a acessibilidade da população de baixa renda. Entende-se que esse grupo ainda é dependente do transporte público e que a utilização do veículo motorizado individual acontece por limitações do transporte público coletivo que diminuem sua atratividade para a população como um todo. Por outro lado, considera-se que as características da malha viária tendem a intervir de maneira mais intensa sobre a acessibilidade da população de alta renda. Sabe-se que não são 100% dessas pessoas que possuem carro ou moto no domicílio; entretanto, entende-se que essa é uma condição a que eles mesmos se impõem, pois não possuem restrições econômicas que os impeçam de adquirir esses veículos. Dessa forma, não é entendida como uma restrição, entendida apenas quando uma limitação é imposta a determinado grupo populacional.

Dessa forma, a representação conceitual das desigualdades socioespaciais na acessibilidade ao trabalho em Fortaleza, baseada no modelo ALUTI (LOPES; LOUREIRO; VAN WEE, 2018), é composta por quatro partes principais (Figura 23): (i) separação das restrições por grupos de indivíduos de acordo com a renda, reconhecendo que cada um desses grupos possuem restrições distintas; (ii) presença das restrições provenientes da ineficiência na distribuição espacial das atividades decorrentes de processos contínuos de decisões locais e sumarizada como o fenômeno do *spatial mismatch*; (iii) restrições de ineficiência na oferta

do ST, no transporte público para a baixa renda e na malha viária para a alta renda, que apesar de estar em contínua expansão não consegue igualar as condições de disponibilidade de infraestrutura entre todas as regiões da cidade; e (iv) essas restrições influenciam diretamente os níveis de acessibilidade de cada um dos grupos de indivíduos, mas é a existência de diferentes níveis de acessibilidade entre grupos populacionais que culmina em desigualdades na acessibilidade.

Figura 23 - Representação da problemática das desigualdades socioespaciais na acessibilidade ao trabalho em Fortaleza



Essa descrição do fenômeno econômico, espacial e da infraestrutura de transportes capazes de modificar a acessibilidade em Fortaleza permite o levantamento das três hipóteses a seguir sobre as desigualdades socioespaciais na acessibilidade ao trabalho em Fortaleza:

- espacialmente, considerando a assimetria da distribuição dos usos em Fortaleza, a acessibilidade nas suas regiões periféricas deve ser inferior àquela experimentada na região Central, independentemente do grupo de renda; além disso, espera-se que a distribuição da malha viária e da rede de transporte coletivo e a proximidade geográfica das regiões Nordeste e Noroeste com a região Central favoreçam a acessibilidade dessas duas regiões periféricas, em contraponto aos níveis de acessibilidade aos empregos nas regiões Sudoeste, Sul e Sudeste;
- quanto aos grupos de renda, espera-se que, mesmo nas regiões com menor acessibilidade, a população de alta renda possua melhores níveis de acessibilidade do que a população de baixa renda; além disso, acredita-se que existam regiões em que a acessibilidade da população de alta renda esteja entre as melhores da cidade, enquanto a população de baixa renda encontra-se nas piores condições de acesso, em virtude da baixa conectividade provida pela rede de transporte público em determinadas regiões;
- quanto às gerações, acredita-se que a melhoria contínua da infraestrutura de transportes não seja capaz de superar o efeito do *spatial mismatch* fazendo com que a geração presente (futura) residam em uma cidade em que as desigualdades socioespaciais são ainda mais acentuadas do que a geração passada (presente), espera-se inclusive que essas melhorias tenham contribuído para a ampliação das desigualdades, já que intervenções no transporte público acabam por aumentar a

já elevada acessibilidade da região Central e na malha viária acabam por ampliar a acessibilidade da população de baixa renda.

### 3.5 Considerações Finais

Os processos de periferização da população de baixa renda e de descentralização residencial da alta renda não ocorreram isoladamente. A malha viária e a rede de transporte coletivo funcionam como forças motrizes de expansão das cidades, uma vez que induzem o uso e a ocupação do solo. Em Fortaleza não é diferente, ao mesmo tempo em que a expansão da infraestrutura de transportes tentou acompanhar a criação de novos empreendimentos habitacionais, acabou por estimular a ocupação dos vazios habitacionais recortados pela malha viária. Não é ao acaso que o lado oeste, ou “Cidade dos Pobres” é mais bem servida pela rede de transporte coletivo; enquanto o lado leste, ou “Cidade dos Ricos” insere-se nas áreas com as mais recentes intervenções da malha viária da cidade. Além disso, a concentração de empregos na região Central dita a expansão dessa infraestrutura, de tal forma, que cada melhoria nas regiões periféricas é normalmente realizada para garantir maior e melhor acesso à região Central, incentivando as desigualdades espaciais.

O alcance de longas distâncias promovido pelos modos motorizados possibilitou durante algum tempo um crescimento urbano de forma densa e desordenada do lado oeste da cidade, criando condições de acesso a áreas distantes das zonas centrais, mais urbanizadas. Atualmente, essas periferias configuram-se como aquelas com a maior densidade populacional da cidade. O processo agora começa a ocorrer do outro lado, desta vez, impulsionado pela migração da população de alta renda, atraída por padrões habitacionais de baixa densidade. Diferentemente do processo de ocupação do lado oeste, a infraestrutura de transportes, especificamente por meio da malha viária, já existe do lado leste tendo sido expandida e qualificada a priori da ocupação residencial.

O processo de expansão urbana que ocorre em Fortaleza tende a ampliar as desigualdades na acessibilidade, pois prejudica os níveis de acessibilidade da população de baixa renda, por meio do incentivo à sua periferização e ampliação da concentração dos empregos. Esse processo deve contribuir na consolidação de níveis de acessibilidade reduzidos para a população de baixa renda periferizada. Por sua vez, a expansão das infraestruturas de transportes experimentada por Fortaleza tende a contribuir em um aumento dos níveis de acessibilidade da população como um todo, mas as decisões de onde e como expandi-la podem modificar as condições de desigualdades socioespaciais na acessibilidade ao trabalho. A rede de transporte público do tipo tronco alimentadora baseada em terminais de integração e a malha viária com distribuição de vias do tipo rádio concêntrica favorecem a região Central em detrimento das periferias, ampliando as desigualdades espaciais. Por sua vez, a configuração de uma rede de transporte público que prioriza o lado oeste da cidade, em que reside a maior parte da população de baixa renda, pode contribuir para uma mitigação das condições de desigualdade entre a baixa e a alta renda. Já a malha viária, que favorece as condições de acessibilidade da região Central, onde reside a maior parte da alta renda, pode estar contribuindo para a ampliação das desigualdades nos níveis de acesso entre baixa e alta renda.

---

Verifica-se assim que essas condições na evolução urbana de Fortaleza podem estar influenciando os níveis de acessibilidade da população e, conseqüentemente, as desigualdades socioespaciais na acessibilidade ao trabalho, por isso precisam ser compreendidas e avaliadas em um processo de planejamento. As condições de equidade na provisão da acessibilidade, necessárias a um esforço de planejamento de acessibilidade, preconizam que não haja diferenças nos níveis de acessibilidade decorrentes de limitações impostas. Essas limitações, que em Fortaleza configuram-se fortemente por meio de aspectos econômicos, geográficos e da rede de transporte também devem passar por um esforço de compreensão, permitindo analisar aquelas que possivelmente possuem maior influência sobre os níveis de acessibilidade. Em busca de avançar nessa compreensão apresenta-se no capítulo 4 a seguir um método de caracterização e de diagnóstico da problemática das desigualdades socioespaciais na acessibilidade ao trabalho em Fortaleza.

## 4 MÉTODO DE CARACTERIZAÇÃO E DIAGNÓSTICO DAS DESIGUALDADES SOCIOESPACIAIS NA ACESSIBILIDADE EM FORTALEZA

As hipóteses de problemas levantadas no capítulo anterior dizem respeito a parcela da desigualdade relacionada as distribuições de acessibilidade em Fortaleza. A primeira relaciona-se com as desigualdades espaciais intrínsecas à população de cada grupo de renda; ela será chamada de desigualdade do Tipo A, ou espacial, e resumida como: as regiões periféricas possuem menor acessibilidade. A segunda hipótese trata da desigualdade entre grupos de indivíduos, será chamada de desigualdade Tipo B, ou socioespacial, e é resumida como: a população de baixa renda possui menor acessibilidade que a alta renda. A terceira e última hipótese diz respeito às diferenças de acessibilidade entre gerações futuras e será denominada de desigualdade Tipo C, ou geracional e sintetizada como: as gerações futuras possuirão desigualdades na acessibilidade mais acentuadas que as gerações presentes, se as tendências de comportamento dos usuários e de intervenções se mantiverem.

A proposta metodológica de caracterização (seção 4.1) e diagnóstico (seção 4.2) apresentada neste capítulo baseia-se na utilização de indicadores de acessibilidade e das suas respectivas restrições, dos ferramentais de modelagem não-espacial, modelagem espacial e de um modelo LUTI agregado para melhor caracterizar e diagnosticar as desigualdades socioespaciais na acessibilidade ao trabalho de Fortaleza, representadas no capítulo anterior. Nesta proposta reconhece-se a necessidade de compreender essa problemática no passado para que sejam encontradas mais evidências para as hipóteses de causalidade estabelecidas.

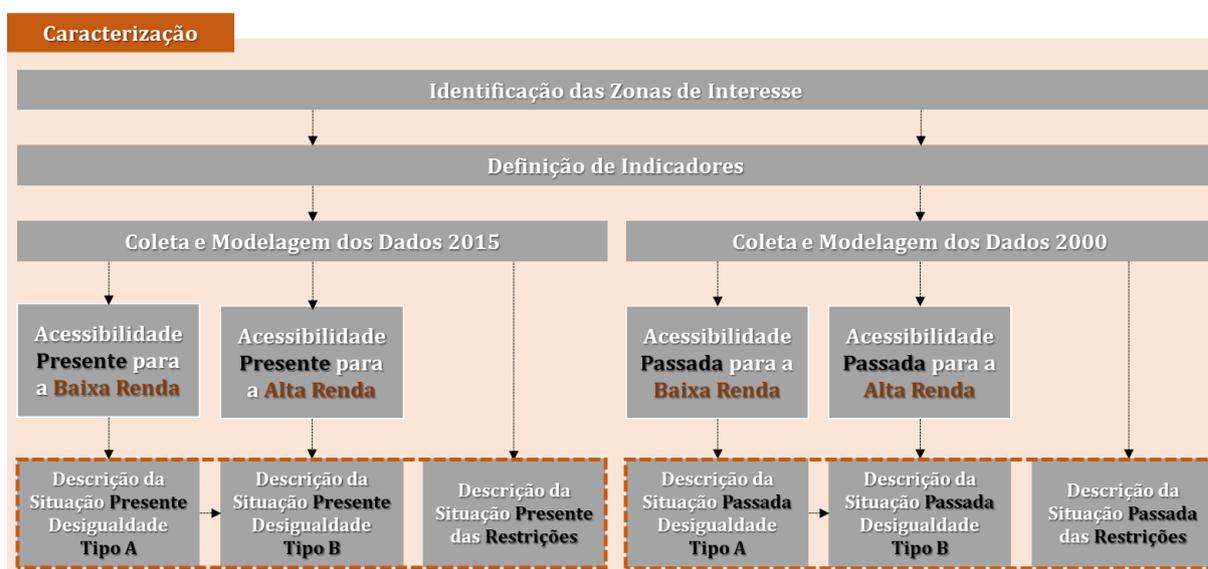
### 4.1 Caracterização da problemática

No fluxograma da Figura 24 são apresentadas as etapas da caracterização da problemática consideradas neste trabalho. Por meio delas, busca-se a compreensão da situação das desigualdades e de suas restrições no passado e no presente. Como a acessibilidade é distribuída sobre todo o espaço independentemente da quantidade de pessoas que ocupam determinada região, podem existir regiões com péssimos níveis de acessibilidade, mas em que não haja ninguém residindo. Para que a análise esteja focada na população de baixa renda, e não em áreas vazias de sua ocupação, propõem-se que a primeira etapa da caracterização seja a identificação das zonas em que esse grupo encontra-se em maior quantidade, aqui definidas como Zonas de Interesse (seção 4.1.1). O zoneamento utilizado neste trabalho é composto por 242 zonas e foi proposto por Lima (2017) a partir da agregação de setores censitários buscando homogeneidade das condições financeiras da população residente em cada zona. Apesar desse nível de desagregação ser utilizado na coleta e modelagem dos indicadores, as análises ficarão restritas a uma abordagem mais agregada baseada nas seis regiões de Fortaleza, apresentadas na Figura 14 - Regionalização .

Sugere-se que a caracterização continue por meio da definição dos indicadores que devem representar a acessibilidade e suas restrições (seção 4.1.2), os quais serão coletados com o uso do modelo LUTI agregado, ou diretamente em fontes primárias ou secundárias (seção 4.1.3). Quando coletados, esses indicadores devem passar por um esforço de análise descritiva

e de análise espacial (seção 4.1.4) para que possam ser descritas as magnitudes das desigualdades do Tipo A e Tipo B, além de como as restrições provenientes dos subsistemas de uso do solo e transportes atuam sobre o espaço.

Figura 24 - Método de caracterização da problemática



A caracterização ocorre com a utilização de dois cenários de referência representando os primeiros anos do século XXI. O cenário presente, representado pelo ano de 2015, pelo qual serão avaliadas as condições de desigualdades na acessibilidade a que está imposta a população de baixa renda; e o cenário passado, representado pelo ano de 2000, pelo qual buscam-se informações que possibilitem obter evidências da existência das relações de causalidades levantadas. Foram escolhidos esses dois cenários, pois acredita-se que foi um período suficientemente longo para que se consolidassem condições de acessibilidade distintas nesses dois períodos.

#### 4.1.1 Identificação das zonas de interesse

Pelos diversos motivos apresentados no capítulo 2, a população mais pobre de Fortaleza é aquela que possivelmente experimenta as piores condições de acessibilidade, portanto, é o grupo vulnerável desta análise. Quantitativamente, serão representados pelos 60% domicílios de menor da renda da cidade, quebra esta que se aproxima da classe C2 utilizada no Critério Brasil. O grupo populacional de alta renda, por sua vez, será formado pelos 10% domicílios de maior renda da cidade.

A identificação das zonas de interesse ocorrerá a partir da distribuição espacial dos domicílios de baixa renda por zona em 2015, cenário base da análise. As zonas consideradas de interesse serão aquelas em que quantidade de domicílios estiver acima do valor médio esperado por zona. As zonas de interesse definidas a partir de informações do presente serão utilizadas em todas as análises das desigualdades, pois defende-se que a população foco do planejamento deva ser aquela mais vulnerável no ano da análise, dessa forma, não haverá definição de zonas de interesse nem para o passado, nem para o futuro.

### 4.1.2 Definição de indicadores

Os indicadores definidos na etapa de caracterização serão também utilizados durante o diagnóstico das relações causais entre acessibilidade e restrições. Portanto, não só devem permitir uma análise específica da acessibilidade da baixa e alta renda e das restrições previamente definidas, como também precisam ser utilizados em modelos que avaliem a relação entre eles. Propõem-se que não haja um indicador específico para representar cada uma das desigualdades da acessibilidade, mas sim um indicador que represente a acessibilidade (seção 4.1.2.1) e que permita todas as comparações necessárias para a análise, possibilitando a descrição de todos os tipos de desigualdades; enquanto propõem-se a utilização de indicadores específicos para cada uma das restrições (seção 4.1.2.2).

#### 4.1.2.1 Indicador de acessibilidade

A análise da acessibilidade se restringirá a uma acessibilidade ativa (CASCETTA, 2009), em que o interesse está voltado em compreender as dificuldades para acessar atividades a partir de determinada zona, independentemente da quantidade do grupo social na zona de origem. Entretanto, é de interesse reconhecer que a quantidade de atividades que podem ser acessadas a partir da zona analisada interfere na acessibilidade. Além disso, deseja-se um indicador de acessibilidade que varie no espaço, por grupos sociais e no tempo “t”, permitindo que seja adequado para descrever as desigualdades na acessibilidade dos Tipos A, B e C. Dessa forma, propõem-se a utilização do indicador expresso na Equação 1, onde “n” representa uma variação da variável para cada grupo populacional; “m”, representa a variação da variável para cada tipo de emprego; “i”, representa a variação da variável para cada zona de origem; “j” representa a variação da variável para zona de destino; e “t” a variável para cada cenário de análise. Enquanto as variáveis são: “Emp” representando a quantidade de empregos; “Dom” representando a quantidade de domicílios; “logsum” representando a impedância do deslocamento; “Coef” os coeficientes intersetoriais de uma matriz input-output que permitem classificar os empregos de acordo com o grupo populacional a que se destinam; e “Aces” representando a acessibilidade.

$$ACES_{n,m,t,i} = \frac{\frac{\sum_{m,j} Emp_{t,m,j}}{\sum_i DOM_{t,n,i}}}{\frac{\sum_j [\logsum_{n,t,i,j} * \sum_m (Coef_{t,m,n} * Emp_{t,m,j})]}{\sum_{m,j} (Coef_{t,n,m} * Emp_{t,m,j})}} \quad 1$$

Por esse indicador a melhoria no nível de serviço, seja por redução de custo, do número de transbordos, tempo de viagem ou de espera irá necessariamente aumentar a utilidade de deslocamento, conseqüentemente o *logsum* e a acessibilidade. Esse indicador é também sensível à modificação na quantidade de oportunidades de empregos e de domicílios de toda a região, além de poder ser utilizado em diferentes momentos temporais; no caso deste trabalho será utilizada a impedância de deslocamento da hora de pico, reconhecidamente o pior horário para os deslocamentos, o que fará com que a análise da problemática ocorra em uma situação

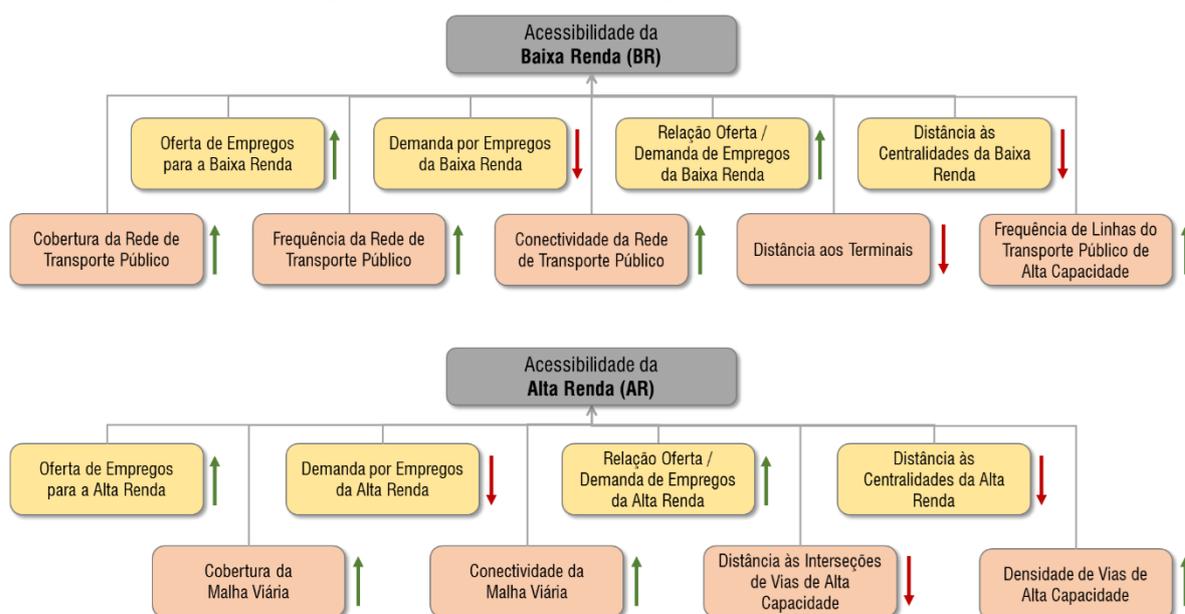
pessimista. Além disso, as variáveis “ $Coef_{t,m,n}$ ” e “ $logsum_{n,t,i,j}$ ” são específicas para cada grupo “m” de indivíduos, dessa forma, incorpora-se especificidades da acessibilidade de cada grupo de indivíduos. Por fim, a distribuição espacial das atividades é também incorporada no indicador, de tal forma, que quanto mais “próximas” (medida pelo  $logsum$ ) as atividades estiverem de uma determinada zona “i” maior será sua acessibilidade. irão melhor assim como a característica 6, já que quanto maior for o  $logsum$  para acessar as atividades, menor será a acessibilidade.

A parcela do  $logsum$  desse indicador será obtido a partir da modelagem integrada entre uso do solo e transportes do Transus. Esse modelo do tipo econométrico apresenta-se com uma ferramenta adequada de modelagem das intra e interrelações dos subsistemas urbanos, permitindo maior flexibilidade nas decisões inerentes à modelagem LUTI, além de modelar a acessibilidade por meio do  $logsum$  (SOUSA; LOUREIRO; LOPES, 2017). Apesar de agregado, entende-se que essa é uma ferramenta adequada a um processo de diagnóstico estratégico, em que predomina uma visão holística da problemática.

#### 4.1.2.2 Indicadores das restrições

Na Figura 25, que detalha a Figura 23, o efeito do *spatial mismatch* sobre a acessibilidade é representado por meio de quatro restrições: a oferta e a demanda por empregos, pela relação entre oferta e demanda por esses empregos e pelas distâncias às centralidades de empregos. A ineficiência dos transportes é representada por indicadores de cobertura, frequência, conectividade, presença de elementos de alta capacidade na via e distância a nós importantes de cada um dos modos de transportes mais representativos a cada grupo de renda.

Figura 25 - Indicadores das restrições da acessibilidade



Nessa representação, existem ainda setas ao lado de cada uma das restrições indicando o sentido esperado de causalidade. Setas verdes indicam que a relação esperada é proporcional, portanto, o aumento da restrição implicaria em um aumento da acessibilidade; por sua vez, setas

em vermelho, indicam uma restrição que deve se comportar inversamente proporcional à acessibilidade. Para cada uma das restrições será também utilizado um indicador que permita sua adequada descrição. Além disso, esse mesmo indicador também será utilizado no esforço de diagnóstico para que sejam identificadas as restrições com mais influência sobre os níveis de acessibilidade.

A oferta de empregos para a população de qualquer um dos grupos de renda “n” ( $Emp_{t,n,i}$ ) será representada pela densidade de oportunidades de empregos destinadas a esse grupo por zona “i”, que é obtido pelo número de “Emp” na zona “i” por tipo “m”, multiplicado pelos coeficientes intersetoriais “Coef” de uma matriz input-output que permitem classificar os empregos do tipo “m” de acordo com o grupo populacional “n” a que se destinam (Equação 2), dividido pela área da zona. Com exceção da área, as demais variáveis são específicas para um determinado tempo “t”. O uso desse indicador sugere uma relação diretamente proporcional com a acessibilidade, já que o aumento no número de oportunidades de empregos deve aumentar a acessibilidade em uma zona.

$$EMP_{t,n,i} = \frac{\sum_m (Coef_{t,m,n} * Emp_{t,m,j})}{Área_i} \quad 2$$

A demanda pelos empregos será representada pela densidade de domicílios em um tempo “t”, de um determinado grupo populacional “n” em uma zona “i” ( $DOM_{t,n,i}$ ). O aumento dessa variável significa uma restrição mais acentuada e, portanto, espera-se uma redução da acessibilidade, indicando uma relação inversamente proporcional com a acessibilidade, decorrente da competição pelas oportunidades de empregos.

A relação entre oferta e demanda dos empregos será representada por um indicador de mix de usos (Equação 3), que mensurará a disponibilidade de empregos em relação a sua demanda em cada zona de análise. Valores muito acima de um para esse indicador, apesar de indicarem baixo mix de usos, significam que existe uma maior disponibilidade de empregos, dessa forma, espera-se uma relação diretamente proporcional com a acessibilidade. Esse indicador difere-se da oferta de empregos, porque este último pode ser elevado, mas se a demanda por empregos também for elevada, o mix de usos será mais baixo; por sua vez, o mix pode ser elevado, mesmo em situações em que a oferta de empregos seja considerada baixa.

$$MIX_{t,n,i} = \frac{EMP_{t,n,i}}{DOM_{t,n,i}} \quad 3$$

O quarto indicador refere-se às distâncias às oportunidades de emprego das centralidades em Fortaleza. As centralidades espacialmente representadas na Figura 15 - foram superpostas ao zoneamento utilizado neste trabalho e foram identificadas 49 zonas que representam essas centralidades. Seleccionadas as centralidades, foi definido que o indicador para representar a última restrição do subsistema de uso do solo avaliada neste trabalho. Esse

indicador será a distância euclidiana média ponderada pelas oportunidades de empregos das centralidades (Equação 4). Espera-se que o aumento do indicador implique em uma redução da acessibilidade, já que a zona “i” seria mais longe das zonas que concentram a maior quantidade de oportunidades (e possivelmente diversidade) de empregos da cidade.

$$DIS_{t,n,i} = \frac{\sum_c (distância_{i,c} * EMP_{t,n,c})}{\sum_c EMP_{t,n,c}} \quad 4$$

Os indicadores das restrições da rede de transporte público que impactam de maneira mais direta a acessibilidade da população de baixa renda são: 1) cobertura da rede ( $COB_{TP_{t,i}}$ ), medida a partir da densidade de paradas de ônibus por zona; 2) frequência da rede ( $FRE_{TP_{t,i}}$ ), medida a partir da soma da frequência de todas as linhas de ônibus que passam por uma zona na hora de pico da manhã dividida por sua área; 3) presença de elementos de alta capacidade ( $AL_{CA}_{TP_{t,i}}$ ), neste caso, medida pela soma da frequência de 20% das linhas que possuem as maiores frequências na hora de pico da manhã dividida pela área da zona; 4) conectividade da rede de transporte coletivo ( $CON_{TP_{t,i}}$ ) medida pela densidade de interseções em que ocorrem encontros de 2 ou mais linhas do transporte coletivo, representando nós da rede em que a integração é fácil de ser realizada; 5) distância na rede de transporte público ao terminal de integração mais próximo ( $TER_{t,i}$ ), representando a facilidade de se deslocar para qualquer destino da cidade graças a conectividade provida nos terminais. Espera-se das quatro primeiras restrições uma relação diretamente proporcional com a acessibilidade, enquanto da distância aos terminais uma relação inversamente proporcional.

Já os indicadores das restrições da malha viária que podem modificar a acessibilidade da população de alta renda são: 1) cobertura da rede ( $COB_{MV_{t,i}}$ ), medida a partir da densidade de quilômetros de vias por zona; 2) presença de elementos de alta capacidade ( $AL_{CA}_{MV_{t,i}}$ ), neste caso, medida pela densidade de vias arteriais e expressas por zona; 3) conectividade da malha viária ( $CON_{MV_{t,i}}$ ) medida pela densidade de interseções; 4) distância na malha viária às interseções de alta capacidade ( $INT_{t,i}$ ), representando a facilidade de se deslocar para qualquer destino da cidade graças a conectividade provida por interseções entre vias artérias ou expressas. Espera-se das três primeiras restrições uma relação diretamente proporcional com a acessibilidade, enquanto da distância às interseções uma relação inversamente proporcional.

#### 4.1.3 Coleta e modelagem dos indicadores

Os indicadores de acessibilidade dessa análise são dependentes da aplicação do modelo LUTI Tranus nos cenários de 2000, 2015 e 2030, em especial por sua componente de impedância ser baseada no *logsum*. Entre os diversos modelos LUTI, o Tranus (BARRA, 1989) apresenta-se como uma plataforma adequada de simulação dos subsistemas de atividades, uso do solo e transportes, garantindo nível de desagregação e de dinamicidade suficientes para as análises a serem realizadas em um diagnóstico estratégico (SOUSA; LOUREIRO; LOPES, 2017). Os esforços de apresentação do modelo, calibração e validação deste modelo serão tema

de discussão do capítulo 6. Nestes esforços, uma variada quantidade de informações demográficas, socioeconômicas, de uso e ocupação do solo e de viagens precisam ser coletadas, além de terem que sofrer modificações em sua unidade espacial, até que representem as informações nas zonas de análise. Essa discussão será tema do Capítulo 5 deste trabalho. Além dos indicadores de acessibilidade, também precisaram ser coletadas as informações para representar as restrições da acessibilidade. Na Tabela 2 são apresentadas as fontes de cada uma das variáveis utilizadas na descrição dessa problemática.

Tabela 2 - Fonte de dados das variáveis

Variável	Fonte de Dados
$Emp_{t,m,j}$	PNAD (IBGE, 2001, 2015); Censos Populacionais (IBGE, 2000, 2010); RAIS (MTE, 2000, 2015)
$DOM_{t,n,i}$	PNAD (IBGE, 2001, 2015); Censos Populacionais (IBGE, 2000, 2010)
$logsum_{n,t,i,j}$	TRANUS (BARRA, 1989)
$Coef_{t,m,n}$	PNAD (IBGE, 2001, 2015)
$\hat{Area}_i$	Shapes dos Setores Censitários de 2010 (ARCE, 2013)
$COB_{TP}_{t,i}$	Pontos de Paradas (ARCE, 2013; PETRAN, 2015)
$FRE_{TP}_{t,i}$	Linhas de Ônibus (ARCE, 2013; PETRAN, 2015)
$AL_{CA}_{TP}_{t,i}$	Linhas de Ônibus (ARCE, 2013; PETRAN, 2015)
$CON_{TP}_{t,i}$	Linhas de Ônibus (ARCE, 2013; PETRAN, 2015)
$TER_{t,i}$	Malha Viária (ARCE, 2013; PETRAN, 2015)
$COB_{MV}_{t,i}$	Malha Viária (ARCE, 2013; PETRAN, 2015)
$AL_{CA}_{MV}_{t,i}$	Malha Viária (ARCE, 2013; PETRAN, 2015)
$CON_{MV}_{t,i}$	Malha Viária (ARCE, 2013; PETRAN, 2015)
$INT_{t,i}$	Malha Viária (ARCE, 2013; PETRAN, 2015)

#### 4.1.4 Descrição da situação passada e presente

Para caracterizar as acessibilidades passadas e presentes da baixa e alta renda, o indicador de acessibilidade será calculado e comparado para cada uma das zonas a partir de uma adaptação do método de análise de intervenções com o uso do *logsum* (FREIRE *et al.*, 2019; SOUZA; LOUREIRO, 2018). Realiza-se inicialmente uma análise não-espacial com o uso da distribuição de frequências da quantidade de domicílios que estão inseridos em cada um dos níveis de acessibilidade e segue-se com uma análise espacial dos indicadores utilizando como áreas de análises as seis regiões da cidade definidas anteriormente: Central, Nordeste, Sudeste, Sul, Sudoeste e Noroeste. Serão também avaliadas as condições de acessibilidade dentro e fora das zonas de interesse. Nas análises espaciais serão utilizados mapas para espacialização dos indicadores, cujas classes serão definidas a partir dos quintis da variável. Adiciona-se a isso a utilização de ferramentas exploratórias de estatística espacial, em especial o Índice de Moran Global e o *Lisa Cluster Map* para avaliar o quão intensa é a dependência espacial do indicador e consequentemente da problemática em análise.

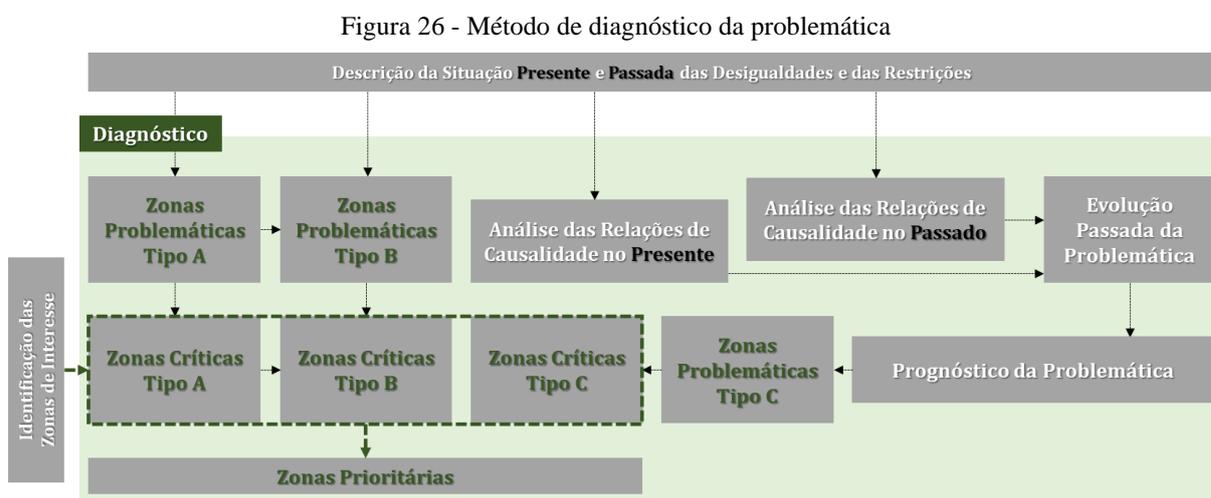
A caracterização da desigualdade do Tipo A está embutida na descrição da acessibilidade da baixa renda nos dois cenários de análise. Sempre que a acessibilidade da região Central estiver melhor do que a acessibilidade das regiões periféricas, pode-se dizer que essa desigualdade está mais acentuada na cidade. Para caracterizar a desigualdade Tipo B propõem-se que seja inicialmente realizada a descrição da situação passada e presente da distribuição espacial da acessibilidade para a população de alta renda. Da mesma forma, uma melhor acessibilidade para a alta renda na região Central indicará que existe uma condição de desigualdade espacial para esse grupo, entretanto, isso não é suficiente para caracterizar a desigualdade do Tipo B, que depende de uma comparação entre os níveis de acessibilidade da baixa e alta renda. Essa comparação ocorrerá utilizando as regiões em que a população de alta renda possui os melhores níveis de acessibilidade e em que a baixa renda possui seus piores níveis, além de comparar as regiões em que cada uma das populações estão concentradas com os níveis de acessibilidade.

A utilização de um indicador cuja impedância depende de uma medida baseada em *logsum* impede a realização de subtrações ou divisões dos indicadores para que comparações entre grupos de indivíduos diferentes sejam realizadas quantitativamente. Isso acontece porque o processo de cálculo do *logsum* envolve a aplicação de integrais em que resta uma constante indefinida “C”. Se o procedimento for aplicado para dois grupos sociais com características e percepções distintas, além daquelas captadas pelo modelo, então não é possível assumir que essa constante “C” é a mesma para os dois grupos. Apesar disso, assume-se que essa constante é a mesma para um mesmo grupo de indivíduos localizado em zonas diferentes, já que a modelagem do comportamento dos usuários do subsistema de transportes no Tranus não é específica por localização, mas sim genérica para toda a área de estudo, por isso, é possível realizar uma descrição espacial desse indicador. Assume-se também que essa constante é a mesma entre todos os cenários de análise, considerando assim que tudo aquilo que não é considerado no modelo permanece constante entre esses cenários. Essa segunda suposição só é válida porque fazem parte da calibração do Tranus as percepções sobre diversas parcelas do tempo de viagem, sobre o custo do deslocamento, e também a constante específica da alternativa (ASC, do inglês *Alternative-Specific Constant*) da função de utilidade, que engloba aquilo que não está representado nos tempos e custos desses deslocamento, restando poucos elementos que influenciem essa decisão e que não tenham sido considerados internamente pelo modelo.

Sugere-se que as restrições presentes e passadas sejam descritas a partir de mapas de quintis do cenário presente, de tal forma, que seja possível uma comparação direta da evolução dessas restrições ao longo do tempo. Utiliza-se também as médias dos indicadores por cada região para que se identifiquem aquelas em que as restrições são mais acentuadas. Por fim, as médias dos indicadores dentro e fora das zonas de interesse podem auxiliar a verificar se nessas zonas de concentração da população de baixa renda as restrições são mais intensas. Verificou-se no decorrer das análises que a base da malha viária que representa o passado não é suficientemente detalhada para que ocorra a descrição da situação passada das restrições relativas à malha viária.

## 4.2 Diagnóstico da problemática

No fluxograma da Figura 26 são apresentadas as etapas que se defende que devem fazer parte do diagnóstico, cujo propósito é a análise das relações de causalidade entre esses problemas. Essas relações serão investigadas com o uso de técnicas de análise de dependência espacial exploratórias e confirmatórias tanto no passado, como no presente (seção 4.2.1). A compreensão dessas relações, juntamente com toda a descrição da acessibilidade e de suas restrições, unido à compreensão proveniente da calibração e validação de um modelo integrado LUTI culminarão no esforço de descrição da evolução passada da problemática (seção 4.2.2). Com essa base, pode-se partir para seu prognóstico (seção 4.2.3), o qual fornecerá os indicadores necessários para uma análise da desigualdade Tipo C. De posse dessas informações, podem ser identificadas as zonas problemáticas, críticas e prioritárias (seção 4.2.4), as quais defende-se que podem contribuir como produtos visuais, de fácil entendimento no debate que envolve os atores de um processo de planejamento.



Dessa forma, esse esforço torna-se indissociável da necessidade de projetar um futuro tendencial, cujo propósito é analisar como a problemática se desenvolverá caso as políticas públicas projetadas e o comportamento dos usuários dos subsistemas urbanos continuem avançando na mesma direção que ocorreram no passado. Ressalta-se que nesse cenário não se busca avaliar nenhum tipo de alternativa de solução (aos mais céticos, pode-se dizer que esse seria o cenário conhecido por *do nothing*), mas apenas buscar informações sobre as condições de desigualdade Tipo C, permitindo que as políticas públicas que serão implementadas “hoje”, como resultado do planejamento, venham a beneficiar (ou pelo menos não prejudicar) as gerações futuras. Essa projeção, pode inclusive ser utilizada na etapa posterior de avaliação de alternativas, como um cenário comparativo para as intervenções de longo prazo.

### 4.2.1 Análise das relações de dependência

A análise das relações de dependência é a etapa do diagnóstico em que se buscam evidências das hipóteses de causalidade levantadas entre as restrições e a acessibilidade. São utilizados nove indicadores que representam elementos das restrições da acessibilidade para a

acessibilidade da população de baixa renda e outros oito indicadores como elementos que podem restringir a acessibilidade da alta renda. Por se tratar de um fenômeno espacial por sua natureza, já que as condições de acessibilidade, influenciadas pelo uso do solo e pelos transportes, modificam-se a depender da localização, indica-se a utilização de técnicas e ferramentas de análise espacial para avaliar essas relações.

Defende-se que cada uma dessas hipóteses passe inicialmente por uma análise exploratória, a partir de uma investigação da dependência com o uso de mapas do tipo *Bi-Lisa Cluster*, em que se verificam aglomerados de zonas a depender dos valores das restrições e da acessibilidade. Quando as hipóteses de causalidade forem diretamente proporcionais (espera-se que as zonas próximas aquelas com valores altos de acessibilidade possuem alto valor das restrições), então serão observados em maior quantidade e tamanho aglomerados de zonas com altos (baixos) valores de acessibilidade próximos a altos (baixos) valores dos indicadores das restrições. Quando as hipóteses forem inversamente proporcionais, espera-se a formação de aglomerados de altos (baixos) valores de acessibilidade próximos a baixos (altos) valores de indicadores das restrições. Sugere-se que essa dependência seja quantificada a partir do Índice de Moran Bivariado, um coeficiente de autocorrelação espacial que permitirá a análise do quão espacialmente dependente a acessibilidade é de cada uma de suas restrições. Para relações proporcionais, espera-se um indicador positivo e em relações inversamente proporcionais um indicador negativo. Propõem-se que a matriz de proximidade utilizada nesta análise considere como relevante apenas os níveis das restrições das zonas imediatamente vizinhas. Esses indicadores serão produzidos com o auxílio do software GEODA (ANSELIN, 2017).

A partir dos resultados das análises exploratórias as restrições poderão apresentar comportamentos mais próximos de um dos dois extremos: globais, ou aquelas em que tenham sido verificadas baixas correlações espaciais com a acessibilidade, ou locais, ou aquelas em que foram verificadas altas correlações espaciais com a acessibilidade. Sugere-se que a definição do que é alto e baixo ocorra a partir da comparação da magnitude dos Índices de Moran Bivariados entre as restrições e a acessibilidade. Recomenda-se que sejam estimados os parâmetros para quatro modelos de regressão geoponderada: o primeiro para mensurar o efeito das restrições sobre a acessibilidade da baixa renda no presente; o segundo para mensurar esses efeitos no passado; o terceiro para mensurar o efeito das restrições sobre a acessibilidade da alta renda no presente; o quarto para mensurar esses efeitos no passado.

Nesses modelos, as restrições relativas a cada grupo socioeconômico serão adicionadas como variáveis explicativas locais desde que tenham tido índice de Moran bivariado que confirme a hipótese levantada. Todos os indicadores das restrições da acessibilidade serão normalizados para que seja possível a comparação entre os coeficientes estimados entre anos e grupos de indivíduos. Entretanto, esses modelos de regressão geoponderada são ainda sensíveis a definição das larguras de banda, termo utilizado para definir a distância das zonas vizinhas que interferem nas condições de acessibilidade de uma determinada zona.

Para o desafio de escolher a melhor largura de banda existem métodos que buscam otimizar o ajuste entre dados coletados e modelados, tentando reduzir as diferenças dos erros ou da dispersão dos erros desses modelos. Ressalta-se que os próprios coeficientes da regressão

geoponderada já são estimados partindo de métodos com propósitos similares. Garante-se assim que seja encontrado o melhor modelo que permita a maior aproximação com essa realidade expressa pelos dados. Entende-se o papel desse esforço, ao otimizar a busca pelo “melhor” resultado, mas destaca-se que podem ser estimados parâmetros que não ajudem na compreensão do fenômeno modelado. A depender da largura da banda é possível inclusive encontrar coeficientes negativos em uma zona e valores positivos em outra.

Para a compreensão do fenômeno da acessibilidade e da relação de dependência com suas respectivas hipóteses de causalidade espera-se que a acessibilidade seja influenciada diretamente ou inversamente proporcional a cada uma das restrições de acordo com as hipóteses levantadas. Pode até ser que uma determinada zona sofra maior impacto do que outra em decorrência de determinada restrição, sendo esse o principal motivo pelo qual se escolheu a regressão geoponderada; entretanto, entende-se que as restrições devem atuar ou proporcionalmente, ou inversamente proporcional à acessibilidade em todas as zonas. Para isso, será utilizada na estimação dos parâmetros uma largura de banda em que na maioria das zonas (90% delas) os coeficientes das restrições estejam de acordo com as hipóteses levantadas. Não entra nesse critério o coeficiente do intercepto desse modelo, já que não existem expectativas sobre o mesmo e ele pode estar ajustado para mais ou para menos a depender da zona. Caso isso não seja possível, as restrições serão retiradas do modelo uma a uma considerando sua proximidade com características de uma restrição global até que seja estimado um modelo com as restrições restantes.

Os modelos serão analisados considerando uma equação única para toda a cidade, utilizando as médias de cada coeficiente; serão também utilizadas uma equação específica para as zonas de interesse; outra para as demais zonas; e outras seis para cada uma das regiões de análise. Os coeficientes de cada restrição serão também espacializados, a fim de verificar espacialmente como as restrições impactam na acessibilidade. É válido ressaltar que neste esforço de compreensão as estatísticas de significância não possuem papel central neste método. Esses modelos não serão utilizados para realizar nenhum tipo de previsão, mas apenas para se buscar evidências de quais restrições mais influenciam a acessibilidade de cada um dos grupos. O único modelo preditivo utilizado neste método é um modelo LUTI, calibrado e validado.

#### ***4.2.2 Evolução passada da problemática***

Todas as etapas metodológicas até aqui apresentadas estão focadas nos detalhamentos dos cenários passado e presente, discutindo as desigualdades Tipo A e Tipo B. Durante a evolução passada da problemática, os produtos de caracterização da problemática, da análise das relações de dependência em cada cenário e da calibração e validação do Tranus auxiliaram numa análise de como evoluíram as desigualdades na acessibilidade em Fortaleza ao longo dos anos iniciais do século XXI. A caracterização da acessibilidade por si só contribui apresentando como a acessibilidade se modificou, quais regiões e grupos populacionais foram mais impactados; a análise das relações de dependência apontará as restrições que mais influenciaram e influenciam nas condições de acessibilidade passada e presente; enquanto a calibração e validação irão contribuir com uma percepção sobre as alterações de comportamento da população de Fortaleza quanto as decisões locais e de deslocamentos.

### **4.2.3 Prognóstico da problemática**

O cenário tendencial será utilizado como ferramenta de coleta de dados da acessibilidade (mais precisamente da desutilidade de deslocamento), em um cenário em que todos os subsistemas urbanos são modificados considerando a mesma evolução comportamental observada entre 2000 e 2015. Além disso, são consideradas intervenções no subsistema de transporte que estejam em implantação e que devem ser finalizadas até o ano de 2030: 1) adição da linha leste do metrô, que encontra-se em execução; 2) adição da linha operada com VLT, que atualmente encontra-se em fase de operação assistida; 3) aumento da frequência de todo o sistema metroferroviário para 1 veículo a cada 3 minutos; 4) finalização do 1º anel viário, que atualmente está em fase final de execução; 5) finalização do 4º anel viário, que atualmente encontra-se em fase final de execução; 6) aumento proporcional no preço da passagem média; 7) aumento proporcional no preço do combustível; 8) aumento de 5% na velocidade média da bicicleta para representar a ampliação da rede cicloviária da cidade, que atualmente já tem mais de 200 km a mais do que em 2015; 9) aumento de 5% da velocidade média dos ônibus e vans decorrente da implantação de faixas exclusivas de ônibus, que atualmente já possuem 80 km a mais do que 2015.

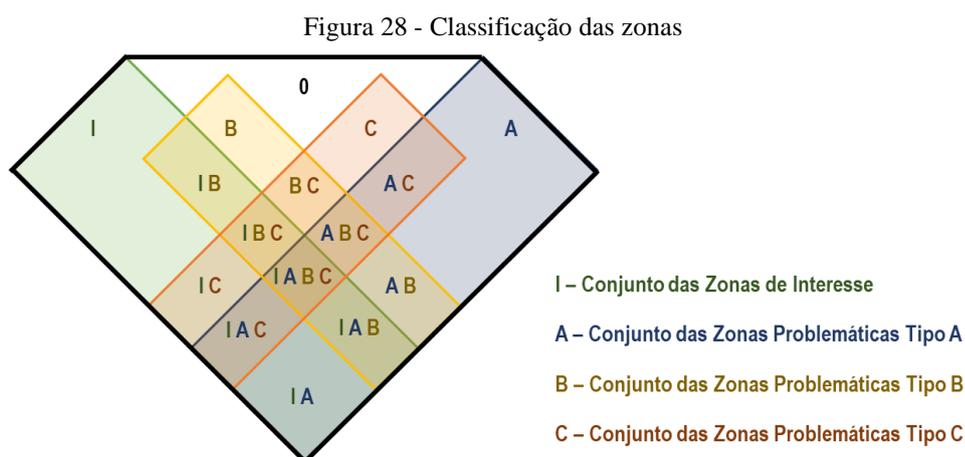
A acessibilidade coletada desse cenário projetivo passará por análise similar àquela das acessibilidades presente e passada, entretanto, o foco concentra-se em compreender as desigualdades do Tipo C. Para isso, serão refeitas as análises das desigualdades do Tipo A e Tipo B a partir das acessibilidades de 2030, afim de verificar se as condições de desigualdade estão mais graves, como foi hipotetizado.

### **4.2.4 Identificação das Zonas Problemáticas, Críticas e Prioritárias**

A partir das análises anteriores, as zonas podem ser classificadas em diversos tipos. As zonas de interesse representam as áreas de maior concentração da população de baixa renda em 2015, cenário base do planejamento. Defende-se ainda a existência de outros dois tipos de zonas: zonas problemáticas, conjunto de zonas que possuem as piores condições de desigualdade; e zonas críticas, que são as zonas em que a população de baixa renda se encontra em grande quantidade e nas piores condições de desigualdade de acesso.

As zonas problemáticas podem ainda ser divididas de acordo com o tipo de desigualdade a que estão submetidas. Para a desigualdade do Tipo A, serão aquelas com os piores níveis de acessibilidade e que concentram 25% da população de baixa renda. Serão utilizados também nesta análise os percentuais de 50% e 75% para que seja realizada uma análise de sensibilidade dos resultados obtidos. Para a desigualdade do Tipo B, formado pelas zonas que apresentam as maiores desigualdades entre as acessibilidade dos grupos populacionais de baixa renda e de alta renda, propõem-se que sejam formadas pela interseção das zonas identificadas como problemáticas do Tipo A (piores níveis de acessibilidade da cidade) para a baixa renda e das zonas não-problemáticas (melhores níveis de acessibilidade da cidade) do Tipo A para a alta renda. Zonas não-problemáticas serão aquelas com os melhores níveis de acessibilidade e que concentram 25% (50% ou 75%) da população de alta renda. Já o conjunto de zonas problemáticas do tipo C são formadas pelas zonas problemáticas das desigualdades do Tipo A, ou do Tipo B, a partir da acessibilidade de 2030.

As zonas que se localizam na interseção dos conjuntos de zonas problemáticas (A, B ou C) com as zonas de interesse são definidas como zonas críticas, pois nessas zonas localiza-se uma parte da população de baixa renda, em grande concentração, que é submetida a uma, ou várias, situações de desigualdade na acessibilidade. Apesar da relevância das zonas críticas na compreensão da problemática e da localização dos grupos mais impactados, outras interseções desses conjuntos de zonas podem ser úteis na definição de objetivos e até mesmo no direcionamento de políticas de intervenção. A representação da Figura 28 ilustra as diversas possibilidades de combinação existente entre zonas de interesse e zonas problemáticas.



As zonas sem classificação, que não são críticas e nem consideradas problemáticas para nenhum dos três tipos de desigualdade, possivelmente possuem predominância da população de média e alta renda e são áreas de difícil migração para a baixa renda, entretanto são também nessas zonas onde se concentram boas condições de acessibilidade (quando comparadas a outras zonas da cidade) para a baixa e para a alta renda e para onde poderia existir um incentivo para que a população de baixa renda ocupasse tais regiões.

Nas zonas identificadas como sendo apenas de interesse (I), a população de baixa renda já se encontra em grande quantidade, mas não foram classificadas como zonas problemáticas para nenhum dos três tipos de desigualdade. Nessa situação a permanência dos que ali já residem deve ser garantida, evitando que as condições aceitáveis de acessibilidade sejam instrumento de valorização imobiliária e consequente expulsão da população de baixa renda que ali reside.

O terceiro tipo de zona que merece destaque são as zonas consideradas problemáticas para qualquer um dos três tipos de desigualdade, mas que não são de interesse (A, B, C, AB, AC, BC, ABC). Nessas zonas, não há concentração da população de baixa renda, mas há problema(s) de desigualdade, dessa forma, deve-se desestimular a ocupação dessas áreas e, se possível, até promover a migração dessa população para as zonas sem classificação ou apenas de interesse. A continuidade da ocupação dessas poderá acarretar piores condições de desigualdades na acessibilidade.

As zonas críticas (IA, IB, IC, IAB, IAC, IBC, IABC), independentemente do tipo de desigualdade, constituem um grupo de zonas em que há algum tipo de problema, mas onde

também existe concentração da baixa renda. Por essa concentração, não é tão simples incentivar a migração para outras áreas. Entretanto, essas zonas devem ser beneficiadas por intervenções que venham a reduzir as desigualdades ali estabelecidas, ou que se estabelecerão. Ressalta-se que essas intervenções não precisam ocorrer necessariamente apenas dentro de cada zona, já que a modificação em uma zona irá afetar a acessibilidade de todas as outras. Zonas críticas do Tipo A precisam receber intervenções que venham a minimizar as diferenças de acessibilidade para com outras zonas da cidade, especialmente através de intervenções do uso do solo que reduzam as distâncias às oportunidades de emprego, como o incentivo ao estabelecimento de novas oportunidades de emprego nessas zonas. Zonas críticas do Tipo B precisam de intervenções que priorizem o transporte público em detrimento ao motorizado individual, dessa forma, reduzem-se as disparidades entre os dois modos e conseqüentemente entre os dois grupos populacionais. Para as zonas críticas do Tipo C não é tão simples apontar as soluções que podem reduzi-las, já que a causa pode ser justamente um dos outros dois tipos já mencionados, dessa forma, soluções do sistema de transporte e do uso do solo precisam atuar em conjunto para mitigar e impedir essas desigualdades.

Por fim, merece destaque as zonas críticas do tipo IABC formadas por aquelas zonas que são de interesse e problemáticas pelas desigualdades do Tipo A, B e C, indicando zonas com elevada concentração de pessoas de baixa renda, as quais estão submetidas aos piores níveis de acesso absolutos e também quando comparadas à população de alta renda. São áreas que devem ser consideradas prioritárias para a intervenção do poder público.

### **4.3 Considerações finais**

Advoga-se nesta tese que a acessibilidade é formada pela interação de diversos subsistemas e que os desbalanceamentos internos nesses subsistemas podem gerar restrições a determinados grupos populacionais. Ao reconhecer a complexidade da acessibilidade propõe-se uma sistematização de análise que busca compreender cada parte desse fenômeno individualmente. Dessa forma, defende-se que o diagnóstico estratégico das desigualdades socioespaciais na acessibilidade em Fortaleza passe primeiro pela caracterização dos níveis de acessibilidade da baixa e alta renda, seguida pela caracterização das restrições advindas do uso do solo e dos transportes no cenário base e no cenário passado. Ao iniciar o diagnóstico, propõe-se uma análise da evolução passada da problemática, baseada em ferramentas exploratórias que tentem identificar a contribuição de cada restrição sobre os níveis de acessibilidade. Acredita-se que esse produto pode dar embasamento para a análise dos níveis de acessibilidade em um cenário tendencial. Dessa forma, a análise das desigualdades do Tipo A e Tipo B são um produto da caracterização, mas a análise da desigualdade do Tipo C é precedida de uma compreensão das relações de causalidade entre restrições e acessibilidade e, portanto, produto do diagnóstico.

Apesar da utilização de modelos para representar tais relações de causalidade, entende-se que esses modelos contribuem apenas apresentando a intensidade da relação de dependência entre as variáveis utilizadas. Por sua vez, acredita-se que a análise comparativa entre os cenários passado e presente seja um avanço na obtenção de evidências para a existência das relações de

causalidade, principalmente quando comparado a análise estatística provida por indicadores de correlação ou parâmetros de modelos em apenas um cenário base de análise. Por sua vez, essa comparação pode ser comprometida pela disponibilidade de indicadores e variáveis no cenário passado.

No esforço de caracterização da problemática serão necessários diversos indicadores e variáveis para que sejam representadas as restrições dos níveis de acessibilidade no passado e no presente, assim como para a calibração e validação do modelo *Tranus* para Fortaleza. Essas informações são provenientes de bancos de dados socioeconômicos, de uso do solo e de viagens e, em sua maioria, precisam estar disponíveis para o cenário passado e presente. Quando existem, essas bases são apresentadas em níveis de agregação espacial diferentes, ou os esforços de coleta de dados não disponibilizam as mesmas variáveis nos anos de interesse. Essas bases são ainda provenientes de diversas fontes e só dialogam entre si por meio da localização do elemento coletado. São por essas dificuldades que se identificou a necessidade de existir nessa tese o capítulo 5 a seguir que trata exclusivamente da consolidação dessas bases de dados.

A modelagem agregada LUTI tem papel fundamental nesse processo, pois o *logsum* e os coeficientes intersetoriais, que integram o indicador de acessibilidade, são obtidos por meio de modelos, pois não pode ser coletado por bases de dados disponíveis. A opção por um modelo LUTI vem da necessidade de buscar informações no passado e no futuro sobre os níveis de acessibilidade da população. A adoção do *Tranus*, entre tantos outros modelos LUTI, é decorrente do interesse da pesquisa em contribuir com ferramentais que possam ser utilizados em um planejamento de nível estratégico, dessa forma, entende-se que a utilização de um modelo que seja agregado e que provenha liberdade para definir como representar uma determinada realidade são características bem-vindas. O *Tranus* ainda modela a acessibilidade com o uso do *logsum* o que possibilita uma melhor representação do fenômeno e o torna uma ferramenta de simulação deste indicador. Por fim, o *Tranus* é baseado em modelos comportamentais, especificamente modelos de escolha discreta, que possibilitam uma análise do comportamento dos usuários em suas decisões a partir da interpretação dos parâmetros obtidos. Entretanto, o uso desse ferramental é limitado quando ele não se encontra validado. É por isso que o capítulo 6 a seguir debruça-se sobre a proposta metodológica de calibração e validação do *Tranus* para Fortaleza.

Apesar das vantagens do uso do *Tranus*, existem desvantagens em sua utilização, como o fato da formulação da função de utilidade já estar definida e ser imutável, o que interfere diretamente em parcelas da acessibilidade está sendo representada pelo *logsum*. Apesar de incorporar atributos relevantes ao deslocamento, como tempos de viagem e espera e custos dos deslocamentos, deixa de fora outros que poderiam ser relevantes na compreensão da acessibilidade, como o número de transbordos, e não considera atributos qualitativos, como sensação de insegurança e qualidade dos serviços de transportes.

Por fim, defende-se a cada etapa dessa proposta metodológica de diagnóstico estratégico que não é apenas o último produto que importa, mas que os produtos intermediários são tão relevantes quanto. Por isso, este trabalho dedica-se em cada etapa da metodologia aqui apresentada a discutir a problemática das desigualdades socioespaciais na acessibilidade ao trabalho e da parte do sistema urbano que lhe causa modificações em Fortaleza. Só ao final,

tem-se como produto quatro tipos de zonas: de interesse, problemáticas, críticas e prioritárias, que, com sua simplicidade, propõem-se a resumir a problemática e indicar as regiões mais carentes de atenção.

Delineia-se que essa proposta trata da parte do diagnóstico estratégico que compete aos especialistas urbanos envolvidos a esta temática em Fortaleza. Em um processo de planejamento urbano voltado para o deslocamento de bens e pessoas, como o que passa agora a cidade de Fortaleza por meio do Plano de Acessibilidade Sustentável, essa proposta precisaria ser adaptada para incorporar a contribuição, comunicação, diálogo, debate e deliberação para, com e dos atores envolvidos. Independentemente das modificações necessárias, ressalta-se que esse processo não pode ser sintetizado apenas pela apresentação dos quatro tipos de zonas. Entende-se que os atores precisam fazer parte da compreensão da problemática como um todo, percebendo os efeitos de cada restrição nos níveis de acessibilidade e reconhecendo como era a problemática no passado, como ela evoluiu para o presente e as consequências futuras de continuarem repetindo as mesmas decisões tomadas por outrem. Espera-se assim que se sintam mais engajados e preparados ao formularem os objetivos do plano estratégico e ao proporem alternativas de solução para as desigualdades na acessibilidade.

## 5 ORGANIZAÇÃO DA BASE DE DADOS

O esforço de diagnóstico estratégico da problemática envolve uma elevada quantidade de indicadores. Parte deles serão produtos da utilização do modelo computacional *Tranus*, enquanto outros serão diretamente ou indiretamente coletados nas bases de dados disponíveis. Além das variáveis úteis ao processo de compreensão da problemática, existem também aquelas que são necessárias à calibração e validação do *Tranus*, as quais muitas vezes não estão disponíveis nas unidades de agregação desejadas. Desta forma, neste capítulo apresentam-se os esforços de obtenção de tais variáveis. Serão inicialmente detalhadas as unidades espaciais nas quais os dados foram coletados (seção 5.1), passa-se a uma discussão sobre a coleta das variáveis socioeconômicas (seção 5.2) e finaliza-se apresentando a coleta de dados sobre variáveis que caracterizam os deslocamentos em Fortaleza (seção 5.3).

### 5.1 Compatibilização das unidades espaciais de análise

As bases apresentadas a seguir advêm das mais diversas fontes e possuem as mais distintas unidades espaciais. Por conta disso, em diversos momentos se discutirá a necessidade de agregação ou desagregação espacial das variáveis. A unidade mais desagregada de coleta é a da inscrição de um lote, que corresponde a cada um dos apartamentos de um prédio multifamiliar; de cada um dos escritórios ou consultórios de uma edificação comercial; ou de uma casa no caso de uma edificação unifamiliar. Essa unidade espacial só é conhecida para as informações de uso do solo no ano de 2015 em Fortaleza. Ao todo, são fornecidas informações de 786.107 inscrições, as quais são originadas da base de dados da Secretaria de Finanças (SEFIN) da Prefeitura Municipal de Fortaleza (PMF).

A agregação seguinte é a dos lotes da cidade. Nenhuma base fornece informações nesse nível espacial, entretanto, como a informação no nível das inscrições não pode ser espacializada, utilizam-se os lotes para apresentar espacialmente tais informações. A base de lotes só está disponível para Fortaleza para o ano de 2014 e é disponibilizada e atualizada pela Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente (SEUMA) da PMF. Essa base contém 411.459 lotes e cada um deles é identificado por um código individual denominado de *IQ\_LOTE*. Na Figura 27 a seguir ilustra-se essa unidade espacial. Ainda considerando uma agregação utilizada pela PMF, os lotes podem ser agrupados em quadras, que é uma subdivisão do espaço urbano de acordo com os limites das ruas, avenidas, e entre outros elementos de segregação espacial, sendo frequente a utilização de quadras quadradas com 100 metros de lado. A base de lotes utilizada neste trabalho também tem como origem a SEUMA de Fortaleza para o ano de 2014 e possui 17.971 quadras, cada uma delas identificada pelo *IQ\_QUADRA*.

O quarto nível de agregação espacial são os setores censitários de Fortaleza, unidade utilizada para a coleta de informações censitárias e demográficas, como aquelas oriundas do Censo 2000 e 2010 do IBGE. A base de setores é fornecida pelo próprio IBGE e sofre alterações a cada censo, já que cada setor deve ter dimensão e número de domicílios que permita ser recenseado por um único pesquisador, logo o aumento populacional ocorrido entre 2000 e 2010 fez com que o número de setores passasse de 2.194 em 2000 (Figura 28.a) para 3.043 em 2010

(Figura 28.b). Ressalta-se que de um ano censitário para outro não há uma formação de todos os limites dos setores, há apenas um desmembramento de alguns deles, de tal forma que é possível comparar informações nas duas unidades espaciais. Cada um dos setores é identificado por um código individual denominado de CD\_GEOCODI.

Figura 27 - Limites dos lotes

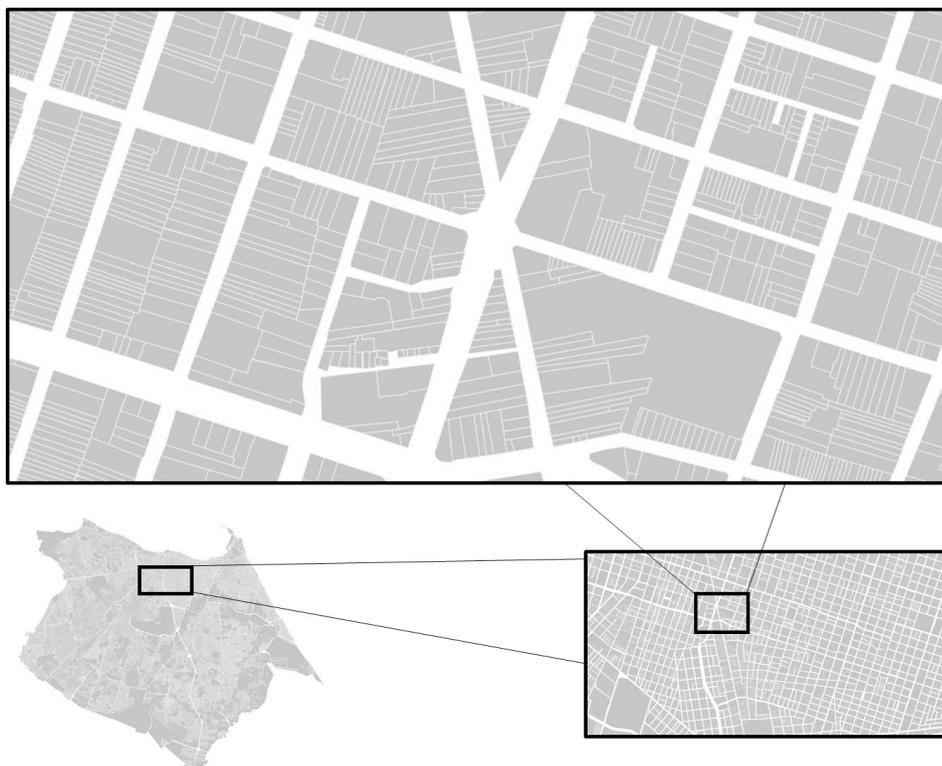


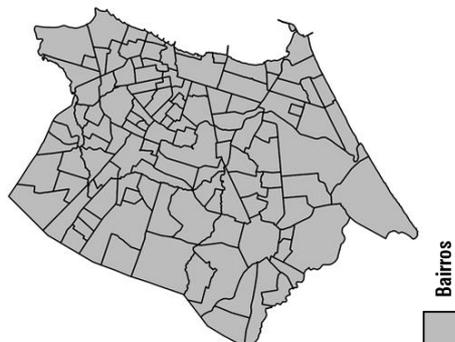
Figura 28 - Limites dos setores censitários



Os bairros são limites definidos pela PMF, mas que são respeitados pelo IBGE ao definir os setores censitários, dessa forma, cada bairro pode ser representado como uma agregação de setores censitários. Em 2015, Fortaleza possuía 119 bairros (Figura 29) e ocupava uma área de pouco menos de 314 km<sup>2</sup>. Esses bairros são representados pelo IBGE através de códigos numéricos denominados de CD\_GEOCODB. Mesmo nas análises do ano 2000, serão utilizados os bairros de 2015 sempre que for necessária essa unidade espacial de agregação, a

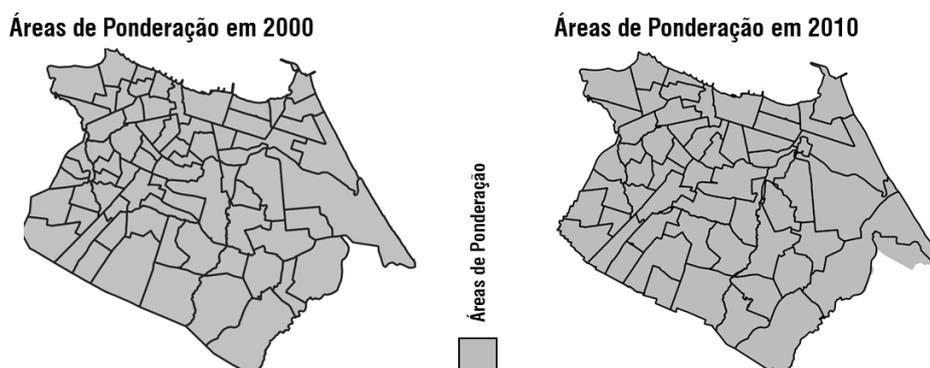
fim de garantir a comparação, já que ocorreram alterações na quantidade e nos limites dos bairros.

Figura 29 - Limites dos bairros



Já as áreas de ponderação são uma unidade espacial formada por um agrupamento mutuamente exclusivo de setores censitários utilizadas para produzir estimativas das variáveis coletadas em pesquisas amostrais para a população como um todo. É nessa unidade que são fornecidos os dados coletados na Amostra do Censo. Para Fortaleza, existem 71 áreas de ponderação em 2000 e 55 áreas de ponderação em 2010 (Figura 30), as quais em geral são agregações dos bairros existentes em 2015. Ressalta-se que há ainda dados coletados ao nível do município, da região metropolitana e dos estados.

Figura 30 - Limites das áreas de ponderação



Todas essas unidades foram conectadas uma a outra a partir da sua localização espacial, dessa forma, é possível saber que determinada inscrição pertence a determinado lote e quadra, que, por sua vez, compõem um determinado setor censitário, cuja agregação origina bairros e áreas de ponderação. A agregação de determinada variável será sempre a soma, ou média, de tal variável coletada nas unidades espaciais mais desagregadas que compõem a unidade espacial mais agregada. A desagregação sempre será feita proporcionalmente à intensidade de uma variável nas unidades mais desagregadas que compõem uma unidade mais agregada.

Ressalta-se que os dados coletados em todas essas distintas unidades espaciais foram em algum momento transformados para variáveis nas zonas de análise, unidade espacial

utilizada na calibração e validação do Tranus, assim como no esforço de diagnóstico de estratégico a que este trabalho se propõe. Essas zonas foram definidas por Lima (2017) e são subdivisões dos bairros, mas agregações dos setores censitários, de tal forma que haja homogeneidade quanto a renda da população que compõe uma mesma zona. Ao todo, os 119 bairros de Fortaleza em 2015 foram subdivididos em 242 zonas de análise, entretanto 10 delas correspondem a regiões onde não há ocupação por se tratar de parques e rios.

## **5.2 Variáveis socioeconômicas**

A seguir serão detalhados os procedimentos metodológicos e os produtos obtidos para a obtenção das variáveis socioeconômicas necessárias para a calibração e validação do Tranus. A discussão se iniciará na obtenção da população por classe de renda (seção 5.2.1); seguida pela estimação dos empregos formais e informais por tipo de atividade econômica e zona de análise (seção 5.2.2); passando pela distribuição espacial das matrículas do ensino básico, superior e da pós-graduação (seção 5.2.3); e por fim, apresentando a base de dados do uso do solo de Fortaleza para 2015 (seção 5.2.4).

### **5.2.1 Distribuição espacial da população**

Para definir a distribuição espacial da população foram utilizadas informações da Amostra do Censo (IBGE, 2000, 2010), que permitem verificar a renda domiciliar e a posse de veículos motorizados nos domicílios, tanto em proporções amostrais, quanto uma estimativa populacional, por meio dos pesos amostrais definidos pelo IBGE, por área de ponderação. A Amostra do Censo é um conjunto de 10% dos domicílios entrevistados do Brasil em que são realizadas mais perguntas do que as do próprio censo, além disso, os dados são disponibilizados em um formato diferente, em que é possível sua manipulação e cruzamento de variáveis. Em Fortaleza, essa pesquisa entrevistou 53.245 domicílios em 2000 e os 34.439 em 2010. Esses domicílios foram ordenados por sua renda e os 60% de renda mais baixa foram classificados como baixa renda, enquanto os 10% mais ricos foram considerados de alta renda. Os 30% restantes foram classificados como média renda.

Esses domicílios foram desagregados no setor censitário a partir da quantidade de domicílios por faixas de renda per capita, da seguinte forma: 1) utilizando os pesos amostrais de cada domicílios, calculou-se a quantidade de domicílios por classe de renda e por área de ponderação, a partir dos dados da amostra; 2) os domicílios estratificados no censo em 10 classes de renda domiciliar per capita foram agrupados em três classes, de tal forma, que se aproximasse o melhor possível de 60% dos domicílios na primeira classe, 30% na segunda e 10% na terceira; 3) os totais de domicílios por área de ponderação foram desagregados em setores censitários proporcionais aos domicílios obtidos na segunda etapa; 4) os domicílios de baixa renda foram subdivididos em cativos e não cativos do transporte coletivo, a depender da posse de veículos motorizado individual no domicílio seguindo a mesma proporção verificação nas áreas de ponderação; 5) os domicílios obtidos por setor censitário foram agregados por zona de análise e de modelagem; 6) os domicílios obtidos em 2010 foram expandidos para 2015, a

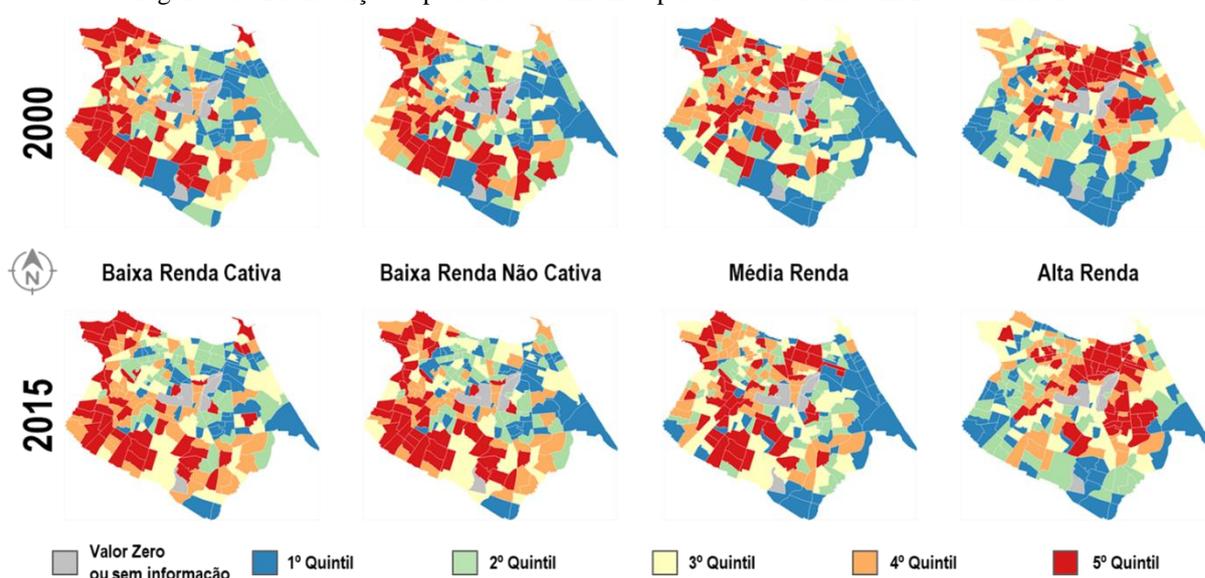
partir das taxas de crescimento populacional únicas para todas as regiões da cidade obtidas com o uso da PNAD (IBGE, 2015).

Nesse período, verifica-se um aumento no número de domicílios de mais de 40% em Fortaleza (Tabela 3), mas cujas localizações espaciais das diferentes classes de renda continuam aproximadamente constantes (Figura 31): com a população de renda mais baixa concentrada no lado oeste e sul da cidade, assim como a renda média, mas que também apresenta-se em grande proporção na região Central e com a população de alta renda concentrando-se na região Central e no lado leste da cidade. Obviamente existem diferenças nesse padrão de ocupação espacial, entretanto, as diferenças relevantes ao esforço de diagnóstico estratégico serão discutidas no capítulo seguinte.

Tabela 3 - Domicílios por classe de renda

Setores Econômicos	2000	2010	2015
Baixa Renda Cativa	294.380	332.036	354.730
Baixa Renda Não Cativa	28.431	97.293	103.943
Média Renda	154.866	217.012	231.844
Alta Renda	53.335	68.072	72.725
<b>Total</b>	<b>531.012</b>	<b>714.453</b>	<b>763.241</b>

Figura 31 - Distribuição espacial dos domicílios por classe de renda em 2000 e em 2015



### 5.2.2 Distribuição espacial dos empregos

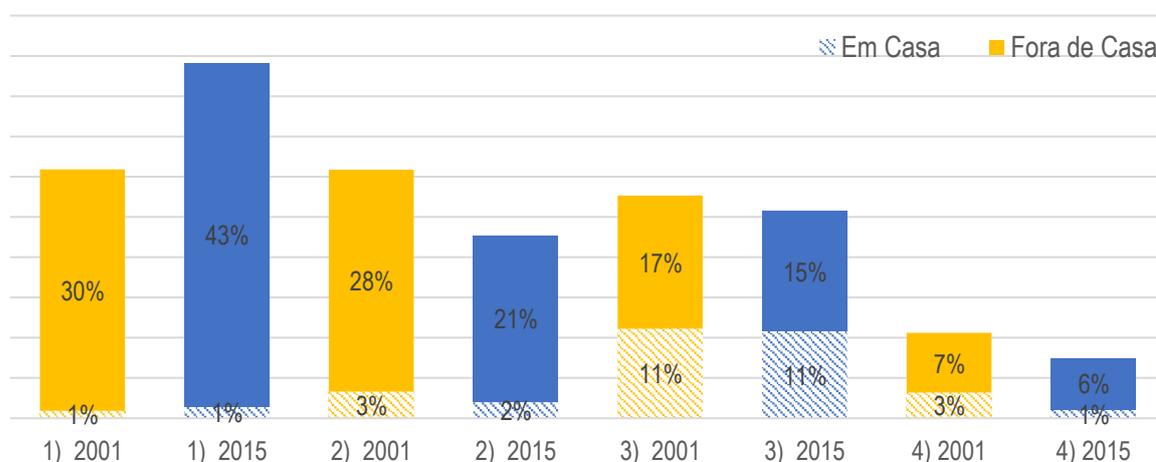
Dados do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) são uma das principais fontes de informações para a distribuição espacial dos empregos de uma cidade. Entretanto, essa fonte considera apenas empregos considerados formais. Os empregos informais que muitas vezes representam em torno 50% das formas de trabalho de uma cidade acabam sendo descartados, ou espacializados seguindo a mesma distribuição dos formais. Neste trabalho, a distribuição

especial desses empregos influencia diretamente o indicador da acessibilidade, assim como é informação necessária para a calibração do Tranus. Por isso, essa seção discorre sobre a aplicação de um método de distribuição de empregos para 2000 e 2015 que incorpore tanto empregos formais, quanto empregos informais.

Desde 2001, o IBGE realiza anualmente a Pesquisa Nacional de Amostra por Domicílio (PNAD), com exceção dos anos de pesquisas censitárias. Apesar da amostra pequena, que fica em torno de 0,5% da população na área de interesse, pela PNAD é possível coletar informações sobre os empregos da população no nível de desagregação espacial mínimo de regiões metropolitanas de um estado brasileiro. A Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) é uma das regiões de coleta desde o início da realização da pesquisa. Como a pesquisa não ocorre em anos censitários (2000 e 2010), será utilizada a PNAD de 2001 para representar os empregos de 2000. Não foi utilizada a Amostra do Censo de 2000, pois optou-se por manter nos dois cenários de estimação a aplicação de um método que considere as mesmas pesquisas, baseadas em uma mesma metodologia.

Pelas PNADs foram obtidos os percentuais para cada tipo de emprego das pessoas ocupadas e se esses empregos eram realizados em casa ou fora deles (Figura 32). As PNADs possuem mais classes do que essas quatro que foram apresentadas, entretanto elas foram agrupadas. Na Classe 1 dos empregos com carteira assinada foram agrupados os ‘empregados com carteira de trabalho assinada’ e os ‘trabalhadores domésticos com carteira de trabalho assinada’; na Classe 2 dos empregos sem carteira de trabalho estão ‘outros empregados sem carteira de trabalho assinada’ e os ‘trabalhadores domésticos sem carteira de trabalho assinada’; a Classe 3 dos autônomos é formada pelos trabalhadores por ‘conta própria’ e os ‘empregadores’; e na Classe 4, ou outros, estão inclusos os funcionários públicos estatutários, os ‘militares’ e os funcionários ‘não remunerados’. A Classe 1 é o que será chamado de empregos formais, enquanto as Classes 2 e 3 serão chamados de empregos informais.

Figura 32 - Distribuição das pessoas ocupadas por tipo e localização do emprego em 2001 e em 2015.



Percebe-se nesse período, um aumento considerável na formalidade (Classe 1), puxada por uma queda acentuada da informalidade sem carteira de trabalho assinada (Classe 2). Nota-se também um percentual intenso de pessoas que trabalham no próprio domicílio, informação

relevante para o esforço de distribuição espacial dos empregos. Em 2001, esse percentual chega a 19%, enquanto em 2015 ocorre uma queda para 15%. Sendo os autônomos (Classe 3), o grupo de pessoas que mais trabalham no próprio domicílio.

Pela Amostra do Censo de 2000, verificou-se que 78% das pessoas ocupadas da RMF residiam em Fortaleza, enquanto em 2010, esse percentual passou a ser de 71%. Utilizando-se dos pesos amostrais da PNAD é possível estimar a existência de 1,27 milhões de pessoas ocupadas na RMF em 2001 e aplicando a proporção de 78%, estima-se a existência de 990 mil pessoas ocupadas em Fortaleza em 2001. Para 2015, estima-se 1,72 milhões de pessoas ocupadas na RMF e, portanto, 1,23 milhões em Fortaleza, assumindo que a proporção de 71% dessas pessoas manteve-se constante de 2010 para 2015. Considerando que os percentuais dos tipos de emprego (Figura 32) obtidos para a RMF são similares aqueles observados em Fortaleza, devido a uma maior participação de entrevistados de Fortaleza na amostra (também verificou-se a consistência dessa premissa utilizando os dados da Amostra do Censo), pôde-se obter o total de empregos por tipo e localização para Fortaleza.

Para estimar a localização dos empregos que acontecem em casa será utilizada a mesma distribuição espacial dos entrevistados por tipo de emprego nas Amostras do Censo, já que essas informações são conhecidas no nível de área de ponderação. Os empregos espacializados nas áreas de ponderação precisam ainda ser subdivididos de acordo com o tipo de atividade desempenhada. Neste trabalho serão utilizados quatro tipos de empregos: industrial, administração pública, comercial e de prestação de serviços. Esses empregos nas áreas de ponderação foram desagregados nas zonas de análise a partir da proporção das áreas edificadas destinadas a realização das atividades de uma determinada zona em comparação a todas as zonas que pertenciam a mesma área de ponderação, utilizando os dados da SEFIN de 2007 e de 2015. Para a distribuição dos empregos do tipo industrial foram utilizadas as áreas industriais, na distribuição dos empregos de administração pública foram utilizadas as áreas institucionais, na distribuição dos empregos comerciais foram utilizadas as áreas de comércio e para os empregos de serviços as áreas de prestação de serviços.

Como os dados do IBGE concentram-se nas informações da população, então as distribuições espaciais das variáveis providas por tais bases não podem ser utilizadas na estimação da distribuição espacial dos empregos que ocorrem em lugares que não sejam os próprios domicílios. Portanto, para a estimação da localização dos empregos que acontecem fora do domicílio serão utilizadas as bases do MTE, que fornecem anualmente desde 2007 informações desagregadas ao nível da empresa das empresas com CNPJ a partir do Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED). Nessa base, é fornecida a quantidade de funcionários de cada empresa formal brasileira, assim como o tipo de atividade que a empresa exerce. Em 2000, esses empregos estavam classificados em 89 áreas que correspondem a bairros de Fortaleza, o que permitiu sua espacialização. Enquanto para 2015 a CAGED disponibiliza o Código de Endereçamento Postal (CEP) das empresas, pelo qual foi possível localizar o bairro de 90% das empresas e de 83% dos vínculos empregatícios. Assumindo que não há um viés espacial nas empresas que não puderam ser georreferenciadas, as distribuições resultantes serão utilizadas para distribuir os totais de empregos que ocorrem fora de casa, mas no mesmo município, estimados anteriormente.

Para distribuir espacialmente os empregos formais (Classe 1) e outros tipos de empregos (Classe 4) obtidos por meio das informações das PNADs (e não pelos dados da RAIS) será utilizada a distribuição espacial de todos os vínculos ativos obtidos com os dados do CAGED. Para os empregos informais (Classe 2 e 3) será utilizada a distribuição espacial dos vínculos ativos das pequenas empresas, aquelas com até 3 funcionários, assumindo, portanto, que esses empregos informais tendem a ocorrer em empresas com poucos funcionários. Ressalta-se a existência nessas bases de diversas empresas, em torno de 40% delas, possuindo CNPJ ativo, mas que não possuem emprego registrado, o que caracteriza um comportamento de empresa informal.

Para identificar a localização espacial dos tipos de emprego que acontecem fora de casa foram utilizados os dados da RAIS, que fornecem o percentual de empregados por cada tipo de emprego para cada bairro, que ao multiplicar pelo total de empregos que não acontecem em casa naquele bairro permitiu obter o total de empregos por tipo de atividade e bairro. Esses empregos foram desagregados nas zonas de análise a partir da proporção das áreas edificadas destinadas a realização das atividades de uma determinada zona em comparação a todas as zonas que pertenciam ao mesmo bairro.

Em resumo (Tabela 4), esse procedimento metodológico permitiu concluir que ocorreu um aumento de 25% no número de empregos em Fortaleza, com uma redução da participação dos empregos voltados para a administração pública nesse número e um aumento do papel dos serviços na geração de empregos da capital cearense. Percebe-se também uma forte concentração de praticamente todos os tipos de empregos da cidade na região Central da cidade (Figura 33), processo que implica diretamente na acessibilidade da população.

Tabela 4 - Empregos por tipo de atividade e em 2000 e em 2015

Setores Econômicos	2000	2015
Industrial	164.473	248.840
Administração Pública	179.190	86.040
Comercial	204.265	295.536
Prestação de Serviços	373.476	518.802
<b>Total</b>	<b>923.404</b>	<b>1.149.218</b>

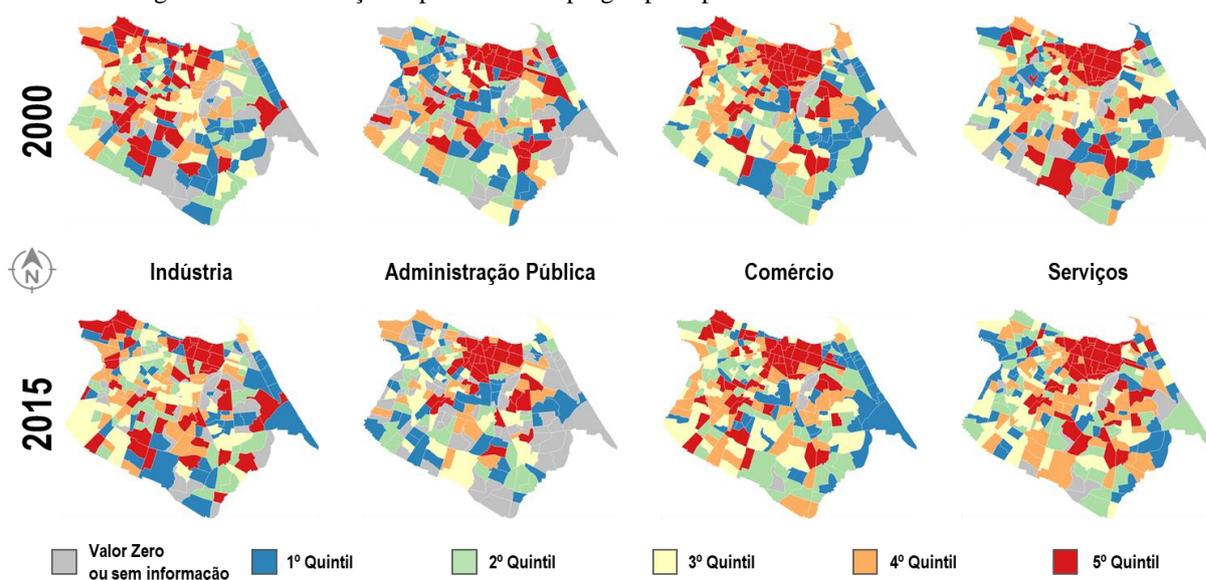
### 5.2.3 Distribuição espacial das matrículas

O esforço de modelagem dos deslocamentos considerará não apenas os deslocamentos por motivo trabalho, mas também aqueles por motivo educação, reconhecidamente os dois principais motivos de deslocamento de uma cidade. Para que isso seja possível é necessário conhecer a localização das atividades educacionais na cidade.

O Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) realiza anualmente o Censo Escolar. A partir dos microdados dessa pesquisa foram observadas 659.120 matrículas em 1.287 instituições de ensino em Fortaleza em 2000 e 658.158 matrículas em 1.311 instituições em 2015. A partir dos nomes dessas instituições foram obtidas latitude e

longitude de 670 (52% do total de instituições, mas 86% das matrículas) delas para 2000 e de 1.166 delas (89% do total de instituições e 88% das matrículas), com a utilização de API do Google Maps. As matrículas foram agregadas por zona de análise e para a localização das matrículas de instituições não georreferenciadas assumiu-se que seguem o mesmo padrão daquelas que foram georreferenciadas.

Figura 33 - Distribuição espacial dos empregos por tipo de atividade em 2000 e em 2015



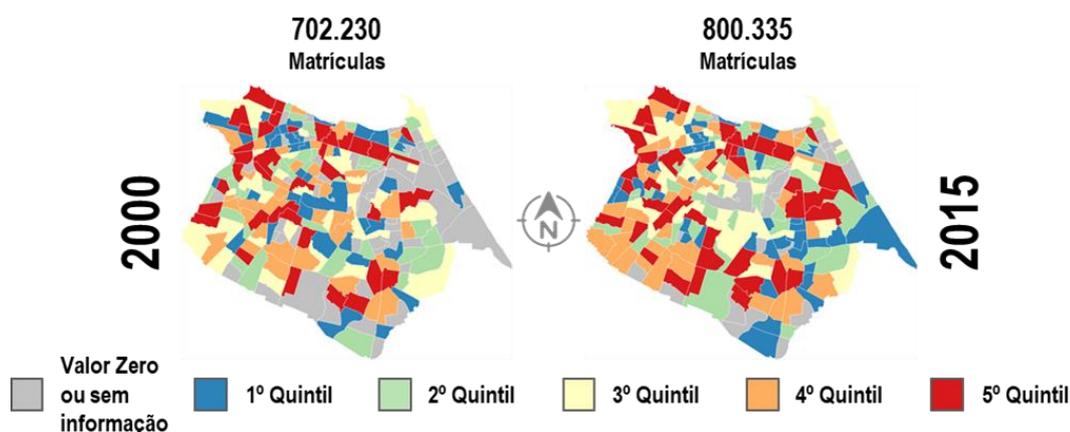
O INEP também realiza anualmente o Censo do Ensino Superior. A partir dos microdados dessa pesquisa foram observadas 43.110 matrículas, distribuídas em 108 cursos de 10 instituições em 2000. Em 2015, eram 134.485 matrículas na rede de ensino superior de em 526 cursos de 57 instituições. A partir dos nomes dessas instituições foram obtidas suas respectivas latitudes e longitudes (100% do total), com a utilização de API do Google Maps. Verifica-se uma concentração desse tipo de atividade, em decorrência da existência de três grandes campi universitários: Campus do Pici da Universidade Federal do Ceará (UFC), Campus Itaperi da Universidade Estadual do Ceará (UECE) e Universidade de Fortaleza (UNIFOR). Ressalta-se também uma presença significativa dessas matrículas nas zonas da região Central.

Para a pós-graduação foram utilizadas informações censitárias das matrículas nos 85 cursos acompanhados pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) em 2015. Foram registradas 7.692 matrículas de pós-graduação em Fortaleza sendo 63% delas de mestrado e 36% de doutorado. Essas matrículas distribuem-se entre cinco áreas da cidade: Campus do Pici da UFC, Campus Itaperi da UECE, UNIFOR, Campus Benfica da UFC e Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), sendo os dois últimos localizados na região Central. Não foram encontradas informação para o ano 2000, mas percebe-se que a representatividade desse grupo, de pouco mais de 1%, é pequena quando comparada aos demais níveis escolares.

Percebe-se uma distribuição espacial das matrículas bem menos concentrada do que a distribuição observada para os empregos, fortemente influenciada pela localização das

instituições de ensino básicas públicas que acabam por distribuir-se por quase toda a cidade (Figura 34 -). É interessante notar que nesse período há uma estagnação no número de matrículas no ensino básico acompanhada por um incremento considerável nas matrículas do ensino superior.

Figura 34 - Distribuição espacial das matrículas em 2000 e em 2015



#### 5.2.4 Distribuição do uso do solo

A base de uso do solo da SEFIN informa qual o uso e a área de cada edificação, além de outras informações, como gabarito, quantidade de inscrições em um mesmo lote, arquitetura da edificação, entre outros. As 631.379 registrada na base de 2007 (não há informações para 2000) e as 786.107 inscrições registradas na base de 2015 são classificadas em 18 diferentes usos. Os principais usos são: residencial, comercial e vazio. Pela Tabela 5 verifica-se a forte predominância de uma ocupação residencial e comercial, mas ressalta-se a elevada ocupação territorial dos setores industrial, prestação de serviços e instrução, que apesar de serem responsáveis por apenas 1,7% das inscrições, correspondem por mais de 5% da área.

Tabela 5 - Uso do solo das inscrições em 2007 e 2015

Tipos de Usos	2000			2015		
	Quantidade de Inscrições	Média da Área (m <sup>2</sup> )	Soma de Área (m <sup>2</sup> )	Quantidade de Inscrições	Média da Área (m <sup>2</sup> )	Soma de Área (m <sup>2</sup> )
(Em Branco)	-	-	-	613	124	33.228
Agricultura	32	160	5.155	37	179	4.827
<b>Comercial</b>	<b>84.121</b>	<b>135</b>	<b>11.355.565</b>	<b>131.358</b>	<b>162</b>	<b>19.505.056</b>
Comunicação	55	1236	67.975	58	890	43.611
Desportivo	134	1069	143.240	172	588	94.036
Do lazer	251	644	161.536	352	404	124.833

Tipos de Usos	2000			2015		
	Quantidade de Inscrições	Média da Área (m <sup>2</sup> )	Soma de Área (m <sup>2</sup> )	Quantidade de Inscrições	Média da Área (m <sup>2</sup> )	Soma de Área (m <sup>2</sup> )
Fechado	2.673	61	163.103	3.099	59	135.862
Hotelaria	630	522	328.864	740	370	263.712
<b>Industrial</b>	<b>903</b>	<b>1724</b>	<b>1.556.437</b>	<b>885</b>	<b>1.552</b>	<b>1.196.496</b>
Institucional	545	1427	777.466	640	1.267	776.381
<b>Instrução</b>	<b>1.280</b>	<b>1103</b>	<b>1.411.774</b>	<b>1.937</b>	<b>786</b>	<b>1.439.833</b>
<b>Prestação de Serviços</b>	<b>8.246</b>	<b>166</b>	<b>1.368.029</b>	<b>10.616</b>	<b>156</b>	<b>1.564.203</b>
Religioso	868	406	352.414	1.672	305	489.637
<b>Residencial</b>	<b>434.104</b>	<b>94</b>	<b>40.863.936</b>	<b>506.723</b>	<b>103</b>	<b>50.500.399</b>
Saúde	922	729	671.766	1.488	383	540.913
Sem	4.122	18	75.501	838	68	54.684
Transporte	419	311	130.280	634	150	76.239
(vazio)	92.074	4	351.424	124.244	10	877.677
<b>Total Geral</b>	<b>631.379</b>	<b>95</b>	<b>59.784.427</b>	<b>786.107</b>	<b>107</b>	<b>77.721.625</b>

Destas bases também foram utilizadas informações sobre a classificação arquitetônica das edificações, os quais classificam as inscrições em 14 tipos, de acordo com a Tabela 6. Verifica-se que a maior parte dessas inscrições são casas ou apartamentos (71% das inscrições e 73% da área em 2007 e 69% das inscrições e 71% da área em 2015).

Tabela 6 - Classificação arquitetônica das inscrições em 2007 e 2015

Tipos de Usos	2000			2015		
	Quantidade de Inscrições	Média da Área (m <sup>2</sup> )	Soma de Área (m <sup>2</sup> )	Quantidade de Inscrições	Média da Área (m <sup>2</sup> )	Soma de Área (m <sup>2</sup> )
<b>Apartamento</b>	<b>121.256</b>	<b>123</b>	<b>14.932.460</b>	<b>177.105</b>	<b>123</b>	<b>21.532.297</b>
Apto. Cobertura	659	221	145.515	882	253	218.128
Arq. Especial	2.332	1.378	3.214.490	3.656	1.115	3.768.815
<b>Casa</b>	<b>324.714</b>	<b>88</b>	<b>28.626.935</b>	<b>369.165</b>	<b>95</b>	<b>33.584.140</b>
Choca ou Barraco	16.748	24	406.428	1.504	-	-
Conjunto de Salas	6.350	386	2.451.276	9.122	428	3.637.535

Tipos de Usos	2000			2015		
	Quantidade de Inscrições	Média da Área (m <sup>2</sup> )	Soma de Área (m <sup>2</sup> )	Quantidade de Inscrições	Média da Área (m <sup>2</sup> )	Soma de Área (m <sup>2</sup> )
Estac. Coberto	3.550	51	179.963	6.200	52	297.480
Galpão Aberto	2.647	414	1.097.088	2.493	406	879.483
Galpão Fechado	5.393	717	3.865.475	8.016	630	4.641.272
Loja	33.144	98	3.245.867	49.278	129	5.777.946
Sala	21.087	52	1.102.915	31.386	61	1.750.377
Sobreloja	62	302	18.727	10	-	-
Subsolo	1.310	110	144.531	2.425	50	112.429
(vazio)	92.127	4	352.757	124.865	16	1.521.723
<b>Total Geral</b>	<b>631.379</b>	<b>95</b>	<b>59.784.427</b>	<b>786.107</b>	<b>107</b>	<b>77.721.625</b>

Combinando as informações de usos e classificação arquitetônica e deixando apenas as classes mais frequentes para as duas informações (Figura 35 e Figura 36), percebe-se que mesmo ocupações que a princípio não deveriam ocupar casas ou apartamentos ocorrem com uma relativa frequência. O principal exemplo é a ocupação do tipo comercial, em que 20% das inscrições estão em uma edificação classificada como casa e quase 5% delas são do tipo apartamento. Nota-se também um aumento da participação dos apartamentos entre as ocupações residenciais nesse período.

Essas análises auxiliam na definição dos tipos de uso do solo utilizadas na modelagem LUTI. Percebe-se que existe na cidade uma preponderância de uma ocupação residencial em casas e apartamentos, seguida por uma significativa ocupação comercial em diversos tipos de estabelecimentos. Os dados coletados dessa base que serão utilizados na modelagem não serão aqui apresentados porque necessitam de definições que só serão apresentadas no capítulo a seguir. Ressalta-se que a base de 2007 não foi diretamente utilizada na modelagem, ela apenas serviu como um ponto de intermediário de transição dos usos entre 2000 e 2015.

O solo para 2000 foi calculado a partir da visualização de áreas de acréscimo ou decréscimo com a utilização de aerofotografias de 2003 (que não é 2000, mas que se aproxima mais do que utilizar a base de 2007) e 2015 disponíveis no Google Earth. Foi realizada uma análise comparativa em busca de coberturas que representassem uma ocupação do tipo casa, coberturas que representassem uma edificação de vários pavimentos e uma ocupação do tipo galpão. E para cada bairro calculou-se a área de solo modificada, que pode ter se transformado de vazio para uma das ocupações apresentadas; que pode ter mudado de ocupação, por exemplo, um galpão ter se tornado um conjunto de casas; ou ainda uma das ocupações existente em 2000 ter se transformado em um grande espaço vazio. Nos bairros em que não existia resolução suficiente para essa estimativa, foi utilizada a base de 2007 como um ponto intermediário entre

2000 e 2015 para essa estimativa. Dessa forma, a subdivisão utilizada na modelagem não poderá utilizar uma elevada desagregação dos tipos de uso do solo, pois apesar dessas informações estarem disponíveis para 2015, o método de estimação para 2000 agrega os tipos de usos em poucas categorias.

Figura 35 - Distribuição das inscrições por uso e classificação arquitetônica em 2007

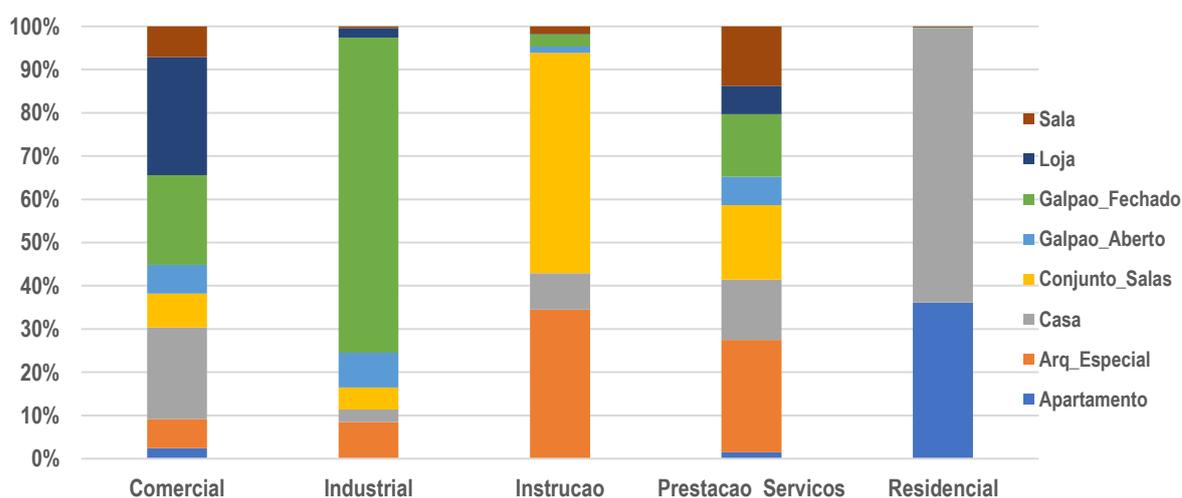
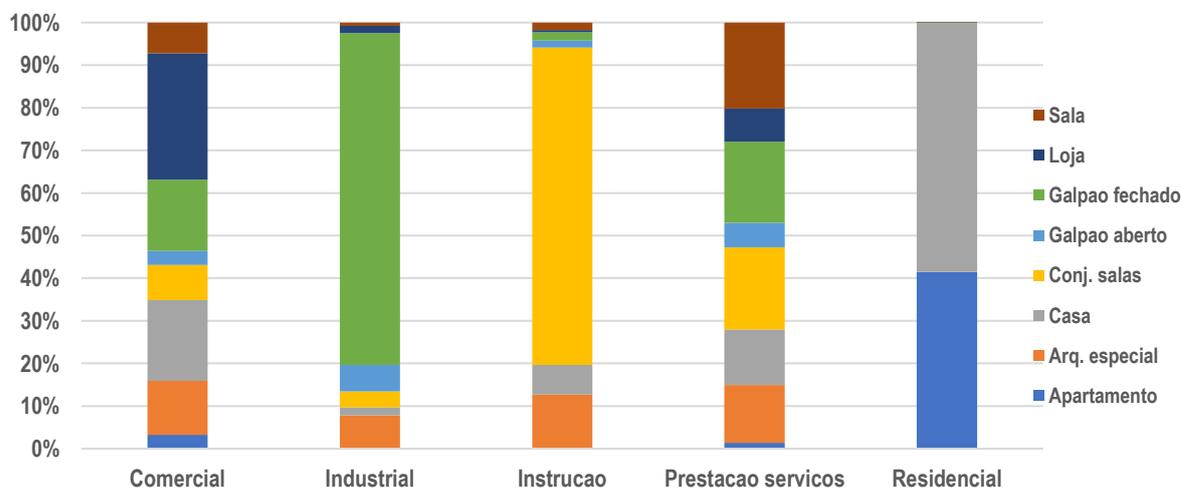


Figura 36 - Distribuição das inscrições por uso e classificação arquitetônica em 2015



### 5.3 Variáveis dos deslocamentos

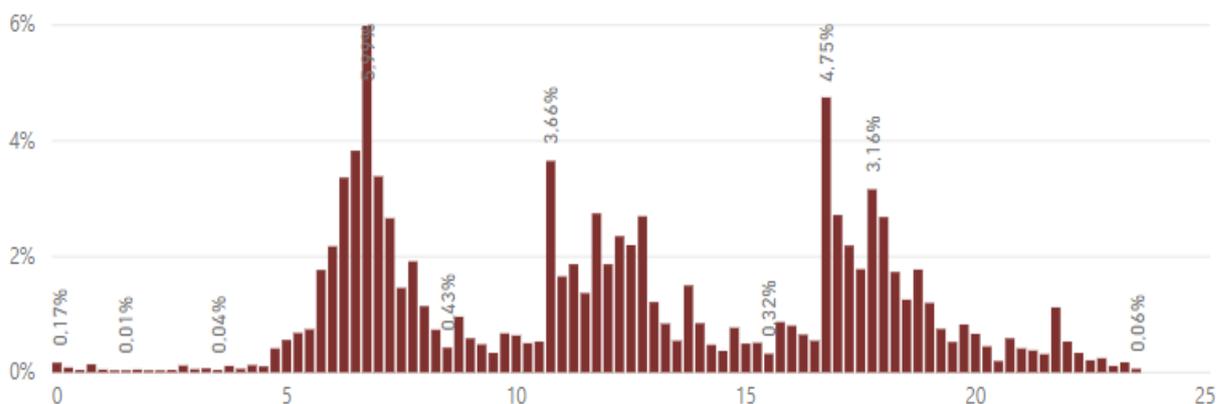
Além de variáveis que retratam a situação socioeconômica e ocupação territorial de Fortaleza ainda foi necessário realizar a coleta de informações sobre os deslocamentos da população para a calibração do modelo integrado Tranus. A seguir serão apresentados os esforços de coleta para a distribuição horária dos deslocamentos (seção 5.3.1), para tempo médio dos deslocamentos (seção 5.3.2); e motivos dos deslocamentos (seção 5.3.3). Ressalta-se que essas não foram as únicas variáveis utilizadas na calibração e validação do Tranus,

apenas aquelas que demandaram maior esforço de processamento e análise das informações. Para o ano 2000 foi utilizada como principal fonte de informações a pesquisa origem-destino de 1996, a última disponível para a cidade, enquanto para 2015 foram utilizadas fontes secundárias de informação, apresentadas em cada seção. Para 2000, foi criado um *dashboard* (link para acesso: [bit.ly/2NjJlWG](http://bit.ly/2NjJlWG)) que contribuiu otimizando a coleta e visualização das informações. Também serão apresentadas as bases das quais serão conhecidas as restrições decorrentes de ineficiências da rede de transporte público e da malha viária (seção 5.3.4) da cidade.

### 5.3.1 Distribuição Horária dos Deslocamentos

A distribuição horária dos deslocamentos é necessária para identificar o momento do dia que possui a maior quantidade de viagens e assim poder definir para qual momento do dia em que ocorrerá a calibração e validação do Tranus, assim como estimar a quantidade de viagens que ocorrem nesse período. Para 2000, percebe-se que o pico da manhã é o mais acentuado (Figura 37), ocorrendo no horário entre 6h e 7h o início de 16% dos deslocamentos interzonais de todo o dia, ou aproximadamente 300 mil deslocamentos.

Figura 37 - Distribuição horária dos deslocamentos em 1996 a cada 15 minutos

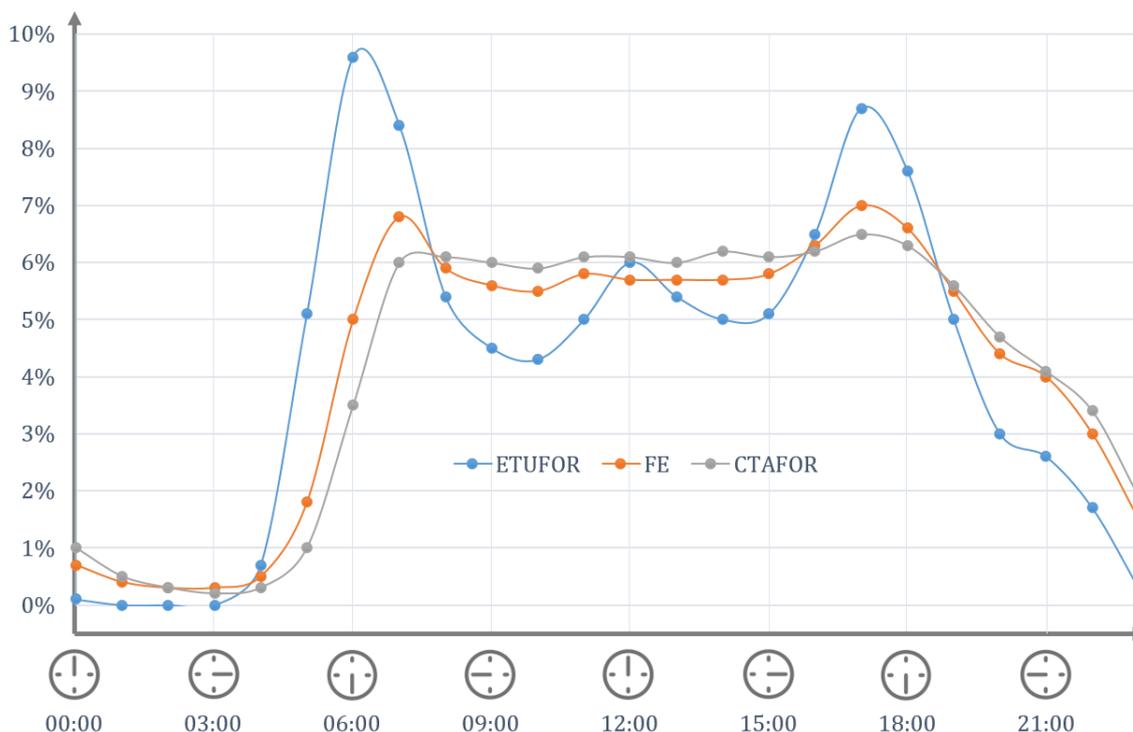


A distribuição horária para 2015 é visualizada a partir de três distribuições de viagens: 1) distribuição horária média das validações de todos os dias úteis do ano de 2013 nos ônibus de Fortaleza, fornecidas pela ETUFOR; 2) distribuição horária média da quantidade de veículos que trafegaram por vias com fiscalizações eletrônicas (FE) da cidade nos dias úteis de outubro de 2013, fornecidas pelas empresas Trana, Atlanta e Fotosensores, responsáveis pela coleta desses dados; 3) distribuição horária média da quantidade de veículos que trafegaram pelos laços magnéticos nos dias úteis de outubro de 2013 instalados pelo CTAFOR. Essas distribuições foram superpostas na Figura 38.

Verifica-se um patamar maior de viagens nos entre picos para esses tipos de viagens do que para aquelas observadas em 1996 e conseqüentemente, uma redução na participação dos picos nestes deslocamentos. Percebe-se que os picos dos deslocamentos do transporte coletivo tendem a ser mais acentuados do que a média do transporte motorizado. Além disso, verifica-se que os picos da manhã se formam mais rápido do que a dissipação do pico da tarde, indicando

a realização de atividades após o encerramento das atividades de trabalho. É possível verificar também o caráter pendular dos deslocamentos, a partir da formação de dois picos acentuados no começo da manhã e no final da tarde tanto em 1996, como em 2015.

Figura 38 - Distribuição horária dos deslocamentos em 2015 a cada hora



### 5.3.2 Tempo médio dos deslocamentos

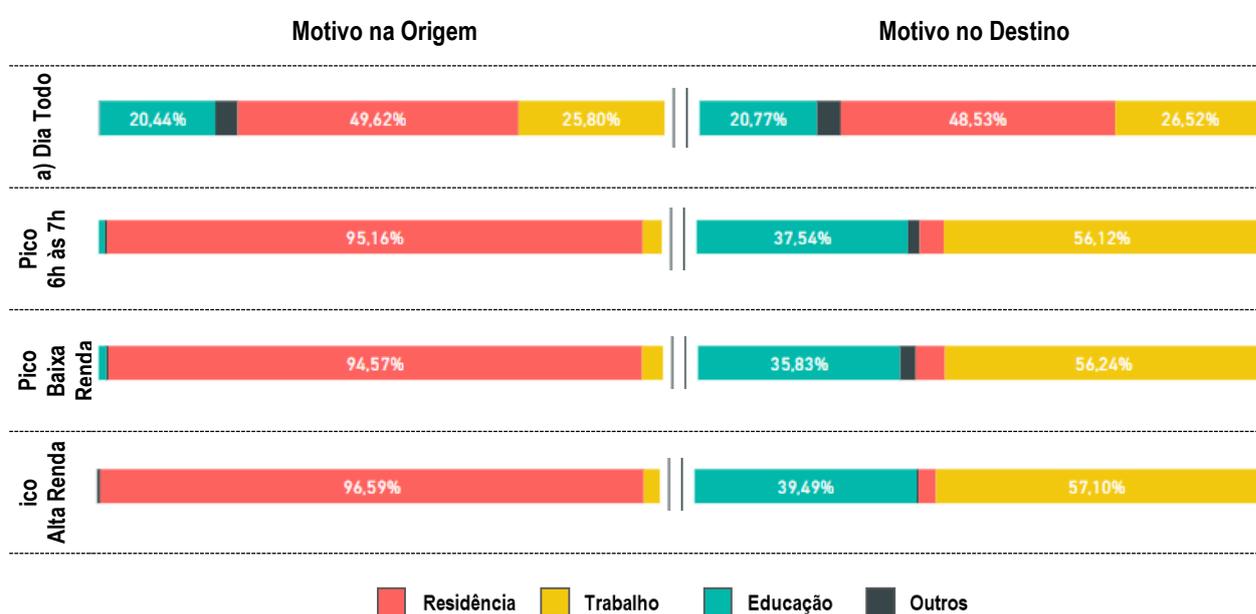
Os tempos médios de deslocamentos são uma das principais fontes de informações para a calibração e validação das decisões de viagens por um modelo. Para 1996, observou-se um tempo médio de 25 minutos para deslocamento interzonais, e que ele tende a reduzir com o aumento da renda da população, ou com a posse de veículos motorizados na residência. As viagens motivo trabalho e outros possuem tempos médios iguais à média, enquanto as viagens motivo educação apresentam tempo médio de 18 minutos.

Para 2015, os microdados da PNAD possuem informações sobre os deslocamentos da população, através de uma variável categórica, em que existem quatro possíveis respostas: de 0 a 30 minutos, de 30 a 60 minutos, de 60 a 120 minutos e maior que 120 minutos. A partir dos microdados foram obtidos os tempos de deslocamento por faixas de renda salarial. Percebe-se que independentemente da renda não há muita variação nos tempos de deslocamento casa-trabalho, com o valor mínimo sendo 25 minutos para as pessoas que se declararam “sem rendimento” e de pouco mais de 31 minutos para aquelas que recebem entre 1/2 e 2 salários mínimos (Figura 19), mas nota-se, que apesar de discreto, existe uma tendência das classes mais extremas de menos e maior renda possuírem percentuais maiores de viagens acima de 120 minutos, do que as classes centrais.

### 5.3.3 Motivos dos deslocamentos

Os 2,4 milhões de deslocamentos interzonais de Fortaleza ocorridos em um dia típico de semana em Fortaleza apresentam em sua grande maioria um padrão pendular de deslocamento, já que 50% deles têm como motivo na origem e no destino o retorno para a residência, enquanto outros 26% deles tendem a ocorrer por motivo trabalho e outros 20% por motivo educação (Figura 39). Na hora de pico, praticamente todos os deslocamentos partem da residência, sendo que em torno de 40% deles ocorrem com um destino motivo educação, enquanto pouco menos de 60% por motivo trabalho. Esses percentuais mantêm-se praticamente os mesmos independente da renda domiciliar do indivíduo.

Figura 39 - Motivos dos deslocamentos interzonais em 1996



Para 2015, foram utilizadas as pesquisas de linha de contorno e de travessia realizadas pela PMF em 2015 no âmbito do Projeto Fortaleza 2040. Nessas pesquisas foram realizadas entrevistas amostrais com os ocupantes de 6.248 veículos que se deslocavam entre 6h e 9h. Verificou-se que 58% de viagens foram realizadas tendo como motivo no destino o trabalho, enquanto 41% tinham como motivo educação, resultado similar ao que se observou para 1996.

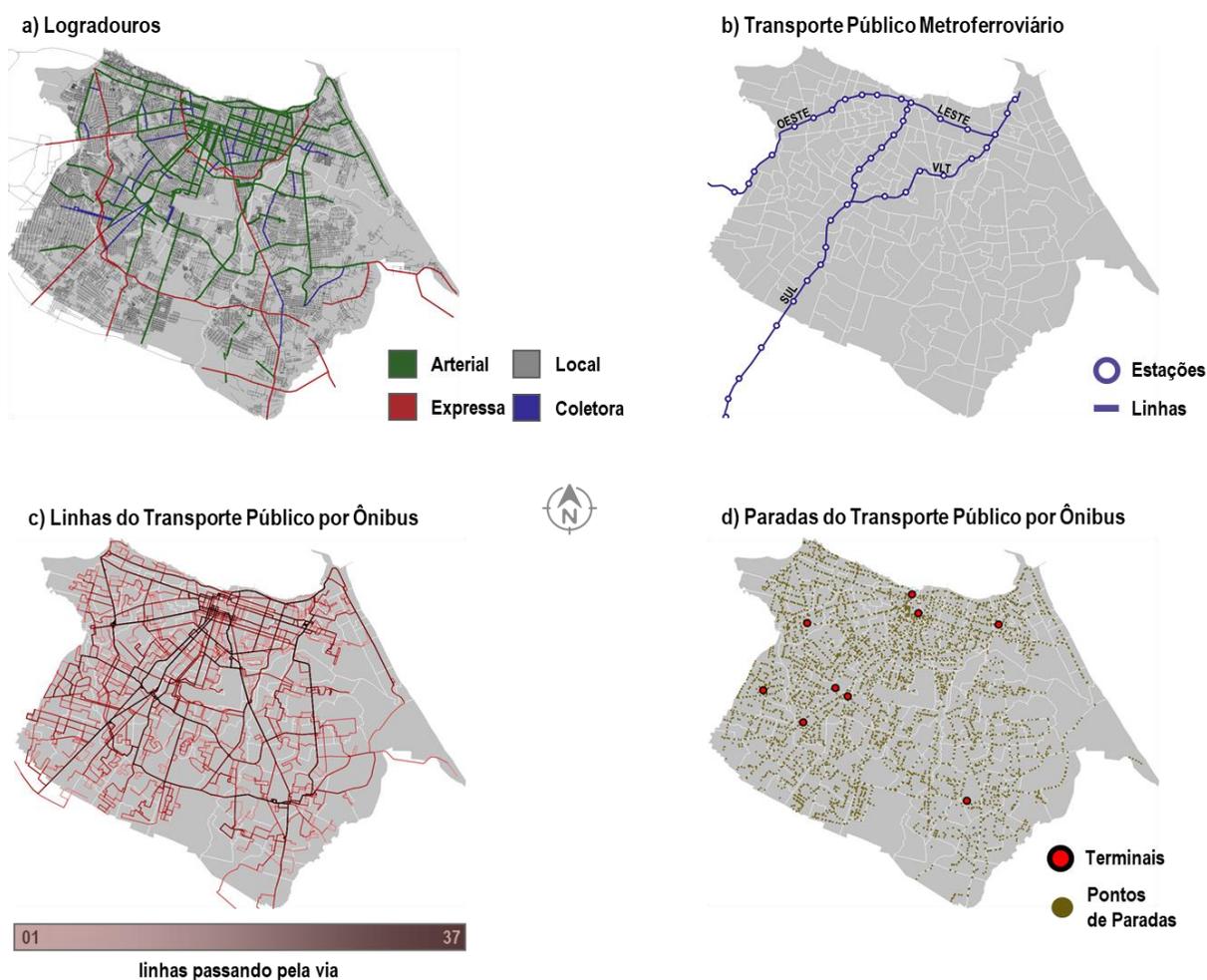
### 5.3.4 Oferta do sistema de transporte

As restrições advindas do transporte coletivo e da malha viária são praticamente coletadas a partir de três bases: 1) logradouros da cidade; 2) linhas do transporte público; 3) pontos de parada, terminais e estações do transporte público. Na Figura 40 são sintetizadas as informações desse sistema. Na Figura 40.a é possível perceber uma concentração de vias arteriais na região Central da cidade, vias essas que usualmente possuem maior capacidade e permitem maiores velocidades de deslocamento.

Na Figura 40.b observa-se o sistema metroviário de transporte coletivo da cidade. A Linha Oeste foi a primeira a ser implantada e é a que opera mais próximo a sua capacidade; a

linha Sul foi implantada em meados de 2015, mas com frequência de uma unidade elétrica a cada 20 minutos; o VLT ainda não está totalmente concluído, mas opera parcialmente em fases de teste desde 2018; e linha Leste foi retomada sua construção apenas em 2019. Em 2000, nenhuma dessas linhas estavam operacionais. Em 2015, apenas a linha Oeste e Sul com baixa capacidade. Em 2030 será considerado que todas essas linhas estão em pleno funcionamento. Pelas Figura 40.c e Figura 40.d percebe-se que o sistema de transporte público possui uma cobertura de praticamente todo o município de Fortaleza, com uma maior intensidade dessas linhas nas vias que realizam a conexão entre os terminais, que já estavam prontos desde 2000. Essas informações foram obtidas a partir de ARCE (2012), a qual foi complementada com os novos elementos que surgiram entre 2012 e 2015.

Figura 40 - Oferta do sistema de transporte.



## 5.4 Considerações finais

Os produtos apresentados neste capítulo contribuem, além da consolidação de uma base de dados, com informações relevantes sobre a socioeconomia, uso do solo e transportes da de Fortaleza que auxiliam em um melhor entendimento da problemática das desigualdades socioespaciais na acessibilidade em Fortaleza.

---

Desde o capítulo 3 são discutidas as diferenças entre os extremos dos grupos populacionais agrupados por renda. Nesse capítulo, são encontradas mais evidências dessas disparidades, pois o grupo de menor renda ocupa o lado oeste e sul da cidade, enquanto o grupo de renda mais elevada, a região Central e o lado leste. Entretanto, quando se trata do grupo intermediário verifica-se uma distribuição espacial bem mais dispersa, mas com pouca presença no lado leste, o que sugere que a renda possui forte influência nas decisões locacionais das moradias na cidade. Quanto aos empregos, verifica-se que a centralização não está restrita a apenas um dos tipos de empregos, mas que aqueles que são do tipo comercial ou de prestação de serviços são também frequentes nas subcentralidades da cidade, regiões em que também se verificam as maiores concentrações de solos do tipo não residencial. Nenhum desses tipos de concentrações fica evidente na distribuição espacial das matrículas, sugerindo possivelmente uma melhor acessibilidade aos equipamentos de educação, do que ao trabalho na cidade de Fortaleza.

Quanto aos deslocamentos, chama atenção que aqueles que ocorrem por transporte público são mais concentrados temporalmente do que aqueles que ocorrem por veículos motorizados, sugerindo que a população que utiliza transporte público tem menor liberdade na decisão dos seus horários de deslocamento o que pode acarretar em uma menor quantidade de viagens do que a população que utiliza veículos motorizados. Em ambos os casos, esses efeitos podem ser consequência de menores níveis de acessibilidade e, portanto, configuram um quadro de desigualdades na acessibilidade entre grupos de indivíduos, ou do Tipo B. Apesar disso, não são observadas diferenças que mereçam destaque quanto aos motivos de viagem no horário de pico da manhã entre a população de baixa e alta renda.

Apesar da capacidade deste capítulo em prover informações sobre o fenômeno estudado, seu principal objetivo foi apresentar os esforços metodológicos de consolidação de bases de dados dos mais diversos tipos. Essas bases oriundas de coletas de campo subsidiarão a disponibilidade e, conseqüentemente, análise das restrições sobre os níveis de acessibilidade, assim como de parte das variáveis que compõem a acessibilidade, especificamente o número de oportunidades de emprego e de domicílios no passado e no presente; outra parte desse indicador, especificamente o *logsum*, apenas pode ser obtido com o uso de modelagem. Nessa realidade complexa que envolve questões socioeconômicas, de uso e ocupação do solo e de deslocamentos, os modelos LUTI se propõem a simular as interações entre essas decisões e o *Tranus*, um modelo LUTI, possui uma sequência de modelos econométricos conceitualmente defensáveis e ainda utiliza o *logsum* como medida da acessibilidade. Entretanto, como qualquer outro modelo, o *Tranus* precisa ser calibrado e validado antes de que sirva ao propósito de representar toda a complexidade desse fenômeno urbano. Este processo é apresentado no capítulo 6 a seguir.

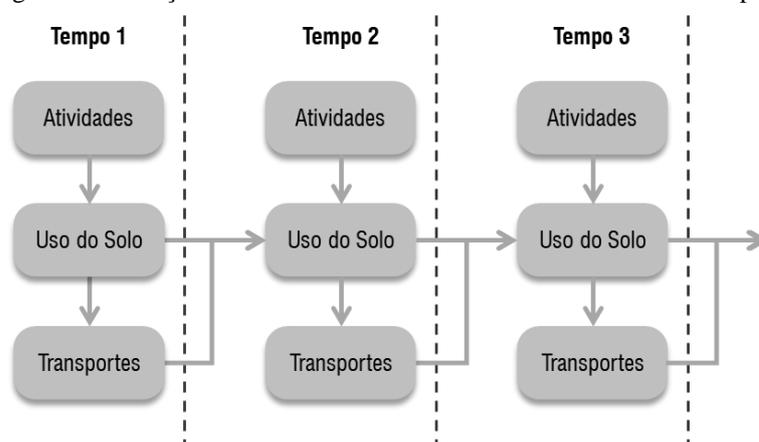
## 6 CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO DO TRANUS

O Tranus foi posto como um modelo LUTI capaz de simular as intra e inter-relações entre os subsistemas urbanos. Entretanto, reconhecer a capacidade de modelar essas relações é apenas a primeira etapa para que o processo de calibração de um modelo LUTI auxilie na compreensão do fenômeno. Entende-se que é necessário também compreender os modelos matemáticos e de simulação computacional para que as premissas sejam reconhecidas, assim como as vantagens e desvantagens dessa modelagem no atendimento dos objetivos do diagnóstico estratégico.

O Tranus é uma plataforma de modelagem que envolve os três subsistemas urbanos. É possível considerar no modelo diversas atividades socioeconômicas: comercial, prestação de serviços, residir e empreender, entre outros; diversos tipos de usos e ocupações do solo: residencial, comercial, industrial, por exemplo; e modos de transportes, como a caminhada, a bicicleta, o ônibus, sistemas sobre trilhos de maior capacidade e modos individuais motorizados, cuja demanda por viagens é alocada em uma única rede multimodal.

As relações entre os modelos de simulação desses três sistemas consideram períodos de tempo distintos para que os subsistemas se modifiquem, como pode ser visto na Figura 41. Por essa representação, percebe-se que o subsistema de atividades funciona de maneira exógena aos demais, não sendo impactado pelas decisões modeladas no uso do solo, nem nos transportes e nem impactando diretamente o que ocorre em períodos subsequentes. Já os modelos de uso do solo impactam os modelos de transportes no mesmo período, ou seja, reconhece que qualquer modificação nos padrões de ocupação territorial irá imediatamente modificar os padrões de deslocamento. Enquanto modificações do subsistema de transportes apenas impactam o subsistema de uso do solo no período seguinte. Tais premissas de dinamicidade estão de acordo com o que defendem Wegener, Gnad e Vannahme (1986), que apontam as decisões do subsistema de transportes como sendo o elemento do fenômeno urbano que se modifica de maneira mais rápida.

Figura 41 - Relações dinâmicas nos sistemas de uso do solo e de transportes



Fonte: Adaptado de Barra (1989)

A seguir, os modelos do Tranus serão descritos e, em seguida, será proposto um método de calibração e validação para a ferramenta, o qual será aplicado para a cidade de Fortaleza. Essa aplicação focará na modelagem das viagens motivo trabalho e educação na hora de pico da manhã e simulando o comportamento das viagens ao utilizar os principais modos de transportes da cidade nestes deslocamentos. Para o uso do solo, serão considerados grupos populacionais subdivididos por renda e empregos de acordo com o tipo de atividade econômica, para os quais serão modeladas as decisões de localização e de consumo de solo entre os tipos de solos mais recorrentes na cidade de acordo com o uso e índice de aproveitamento das edificações.

### **6.1 Método de calibração e validação do modelo Tranus**

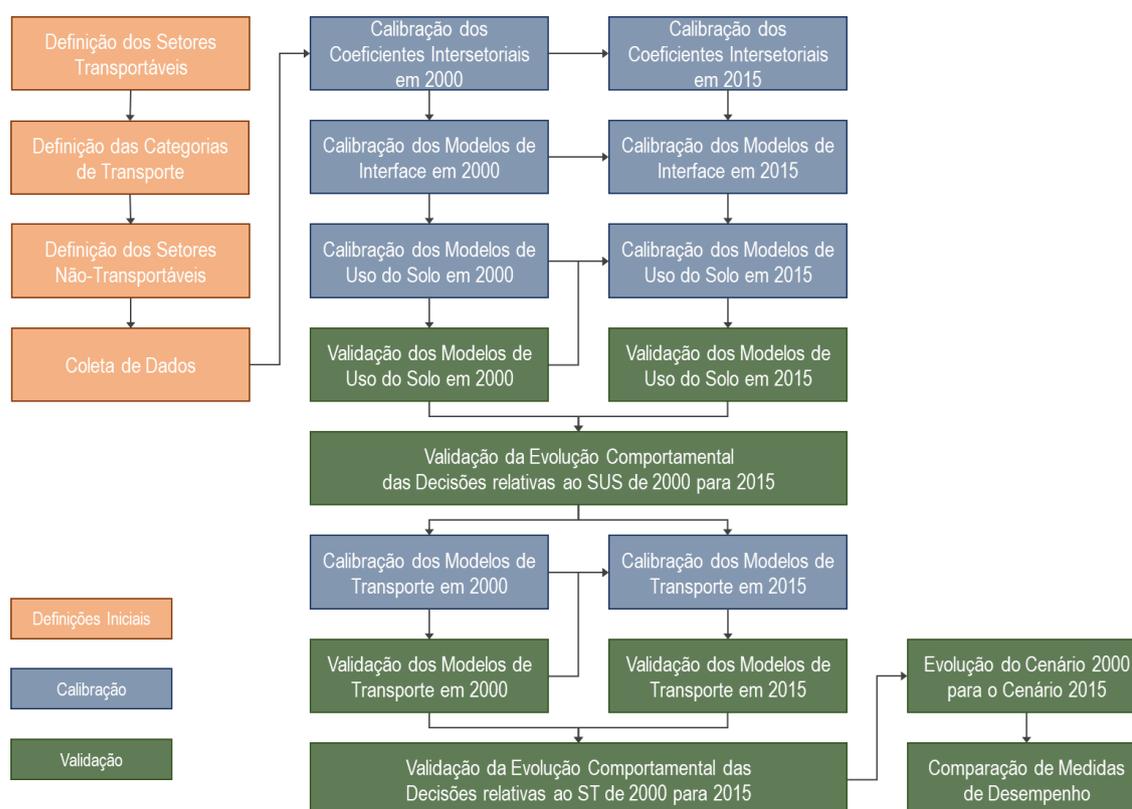
Os métodos de validação buscam garantir que o modelo esteja ajustado não apenas para a situação do sistema para o qual foram calibrados, mas que consigam também representá-lo de maneira adequada quando este sofrer modificações em sua estrutura. Os modelos LUTI representam o sistema urbano como o resultado de decisões locais e de viagens simuladas a partir de: parâmetros, que representam o comportamento do decisor na escolha de alternativas; atributos, que são variáveis coletadas ou modeladas capazes de influenciar esta decisão; e medidas de desempenho, que são modeladas e representam a demanda ou oferta dos subsistemas de transportes.

Tradicionalmente, o esforço de calibração tem por objetivo estimar os parâmetros, seja com o uso de ferramentas de otimização, ou por meio de heurísticas computacionais, comumente chamado de “tentativa e erro”. Tais parâmetros, ao serem combinados com os atributos da decisão, deverão resultar em medidas de desempenho do sistema modelado, que ao serem comparadas às medidas coletadas em campo devem apresentar similaridade nas conclusões do estudo. Já a validação tem por objetivo garantir que mesmo quando os atributos se alterarem, os modelos (leia-se parâmetros) calibrados ainda conseguem representar medidas de desempenho que se assemelham às condições coletadas. Dessa forma, este procedimento traz como premissa que o comportamento do decisor não se altera, mas apenas os atributos que regem sua decisão. Apesar de forte, essa premissa é intrínseca e indissociável da utilização de modelos de previsão e defensável quando se trata de previsões para curtos períodos. Entretanto, quanto maior a diferença de tempo entre o cenário de calibração (ou base) e o cenário de projeção (ou horizonte), mais provável que o comportamento do decisor tenha se modificado.

Como o foco deste trabalho é a análise da problemática da acessibilidade para auxiliar em processos de planejamento estratégico, no qual é necessária uma análise da problemática em longo prazo, deve-se recorrer a um método de calibração e validação capaz de incorporar não apenas as modificações dos atributos da decisão, mas também o comportamento do decisor. Por isso, o método proposto neste trabalho (Figura 42) utiliza dois cenários. A diferença de tempo entre esses cenários é suficiente para que se verifiquem padrões espaciais de ocupação e uso do solo consolidados e distintos, indicando que os atributos e o comportamento da população quanto às decisões locais se alteraram. Devem também ser capazes de capturar a existência de comportamentos distintos quanto às decisões de viagens, como alterações da

divisão modal. Utilizar dois cenários temporalmente próximos pode indicar que o comportamento, ou os atributos, não se alteraram suficientemente para consolidar uma nova situação. Dessa forma, aplicar o modelo calibrado em cenário próximo ao que foi utilizado na calibração deverá gerar bons resultados. Isso não deve significar que tal modelo está validado, apenas que ele foi devidamente calibrado, uma vez, que pequenas modificações nos atributos não foram capazes de alterar as medidas de desempenho comparadas. Entretanto, não é capaz de confirmar que o modelo gerará bons resultados em situações diferentes daquelas utilizadas na calibração.

Figura 42 - Método de calibração e validação do Transus para Fortaleza



Para Fortaleza, os dois períodos utilizados no esforço de calibração e validação serão 2000 e 2015, intervalo de tempo suficiente para a consolidação de uma nova forma de uso e ocupação do solo na cidade, com incentivo ao espraiamento urbano ocasionado pela periferização da população de baixa renda, assim como pelo interesse da população de alta renda em morar em áreas menos adensadas (ANDRADE *et al.*, 2017; LIMA *et al.*, 2019). Nesse período, também se verificou uma modificação acentuada dos padrões de deslocamentos: em que o aumento constante e significativo da população (aumento de 22%) resultou em um aumento no uso do transporte coletivo (aproximadamente 21% a mais de passageiros de 2000 a 2014), mas no qual há ainda um acréscimo expressivo na posse (aumento de 139%) e consequentemente utilização de modos motorizados individuais.

Definidos os dois períodos, parte-se para uma definição de outros elementos modelados, como tipos de viagens, de indivíduos e de atividades produtivas (ou setores transportáveis) e de solos (ou setores não-produtivos). Em seguida, ocorrerá a calibração dos

---

modelos do Tranus que simulam o subsistema de atividades e de uso do solo em 2000 com a utilização de medidas de desempenho específicas que possibilitem a comparação com medidas coletadas. Esses resultados passarão por um esforço de validação a partir da compreensão de que fenômeno é que foi modelado e se ele possui uma aderência para com a realidade registrada. Partindo dos parâmetros calibrados em 2000, é realizado o esforço de calibração e validação dos modelos para 2015. Os modelos serão validados a partir de uma análise histórico da evolução comportamental retratada pelos parâmetros calibrados.

Com os modelos de atividades e de uso do solo calibrados e validados para 2000 e 2015 pode ser iniciada a calibração dos modelos de transportes. Como visto na Figura 41 os modelos do ST são dependentes dos resultados do SUS. A calibração e validação seguem o mesmo princípio já abordado: inicia-se pela calibração e validação dos modelos para 2000; e partindo dos parâmetros de 2000 é iniciada a calibração de 2015, que por sua vez passa por um esforço de validação restrito a apenas o ano de 2015. Por fim, ocorre a validação dos modelos por meio de uma análise da evolução comportamental dos usuários do sistema representada pelos parâmetros. Até aqui as validações estão restritas a uma análise comportamental, sejam estáticas para um dos dois anos, sejam evolutivas, a partir da comparação dos resultados obtidos nos dois anos da análise.

Com todos os modelos calibrados e validados em cada ano, será projetado um cenário de 2015, a partir da base de 2000, a fim de averiguar se o modelo calibrado e validado em 2000 é capaz de prever com certa proximidade a realidade que foi modelada em 2015. Neste cenário de previsão serão utilizados todos os parâmetros e atributos da base calibrada e validada exclusivamente para 2015, reconhecendo assim nessa projeção que os usuários alteraram seu comportamento. A avaliação da validação será realizada por meio da comparação das medidas de desempenho das interrelações entre os sistemas urbanos de cada cenário com aqueles obtidos no cenário calibrado de 2015, especificamente essas medidas serão: fluxos econômicos (medida de desempenho resultado das relações entre o subsistema de atividades e de uso do solo) e desutilidade de deslocamento (medida de desempenho resultado do subsistema de transportes). O uso de indicadores da interrelação entre os sistemas urbanos nesse processo faz com que se utilizem indicadores distintos na calibração e na validação dos modelos. Além disso, tais indicadores não são diretamente calibrados, não podem ser observados e não se pode garantir sua adequada representatividade em uma única fatia do tempo, pois seu impacto só pode ser verificado com a simulação dos cenários.

A seguir, essas etapas serão detalhadas e aplicadas. As primeiras seções que seguem tratam dos esforços de calibração e validação em cada período e só então serão discutidos os esforços de validação entre os dois cenários. Defende-se que esse processo contribua como fonte de informações para a compreensão do fenômeno urbano planejado e que essa compreensão seja também um produto útil ao diagnóstico, dessa forma, não se limita à utilização do modelo como ferramenta de coleta de dados. Por fim, será ainda apresentado o método utilizado na projeção do cenário para 2030, que não faz parte do esforço de calibração e validação, mas que tem seu papel no diagnóstico estratégico das desigualdades na acessibilidade em Fortaleza, como cenário necessário para se avaliar as desigualdades entre gerações, ou Tipo C.

## 6.2 Definições iniciais da modelagem

A base para a modelagem do sistema de atividades é o modelo input-output. Guilhoto (2004) analisa os principais pontos do modelo *input-output* e é sucinto na descrição do modelo:

“Uma economia funciona, em grande parte, para equacionar a demanda e a oferta dentro de uma vasta rede de atividades. O que Leontief (criador da matriz insumo-produto) conseguiu realizar foi a construção de uma “fotografia econômica” da própria economia; nesta fotografia, ele mostrou como os setores estão relacionados entre si - ou seja, quais setores suprem os outros de serviços e produtos e quais setores compram de quem. O resultado foi uma visão única e compreensível de como a economia funciona - como cada setor se torna mais ou menos dependente dos outros”. (GUILHOTO, 2004)

A matriz insumo-produto de Leontief é geralmente construída a partir de dados econômicos observados para uma determinada região. A informação fundamental usada neste tipo de análise são os fluxos de produtos entre cada setor industrial considerado produtor, para cada um dos setores considerados consumidores (MILLER; BLAIR, 2009). Lowry (1964) subdivide os setores econômicos (também chamados de transportáveis durante a modelagem do Tranus, já que podem ser demandados em zonas diferentes daquelas em que são ofertados), existentes numa região em três grupos:

- **Setores Básicos:** incluem indústrias, comércios e edificações administrativas, os quais seus clientes estão localizados fora da área de estudo. A localização destas atividades não é impactada por problemas de acesso e seus níveis de emprego são dependentes de eventos fora da região em estudo. Conseqüentemente, eles são tratados como externos ao modelo e suas informações de empregos e de localização serão dados de entrada. Esses setores são denominados no Tranus como Setores Exógenos e podem ser Produtivos ou Populacionais.
- **Setores de Varejo:** Incluem os comércios e serviços administrativos que lidam diretamente com a população residente local. Como esses setores possuem clientes locais, sua localização é dependente da acessibilidade da sua localização e as taxas de empregos podem ser assumidas próximas aos de crescimento da população, dessa forma devem ser tratados endogenamente pelo modelo. Esses setores são chamados de Setores Induzidos Produtivos.
- **Setores Populacionais:** É assumido que o nível de residentes é dependente dos empregos dos setores de varejo, que, por sua vez, dependem do número de pessoas. Também é assumido que suas localizações são fortemente influenciadas pela localização dos lugares de trabalho. Dessa forma, a quantidade e a localização da população são modelados endogenamente pelo modelo. Esses são chamados de Setores Induzidos Populacionais.

Como setores produtivos em Fortaleza, representantes das atividades produtivas, foram definidos 5 (cinco) tipos: A) IND - setor industrial; B) ADM - administração pública; C) COM - comercial; D) SER - serviços; e E) EDU - educacional. Os quatro primeiros são uma agregação dos setores utilizadas na RAIS e serão quantificados pela quantidade de empregos. O setor educacional será representado pela quantidade de matrículas dos três níveis educacionais: básico, superior e pós-graduação. Por sua vez, os setores induzidos populacionais foram definidos como sendo de quatro tipos: F) CAT - domicílios com renda de até 3 SM e que não possuem carro ou moto; G) BR - domicílios com renda de até 3 SM e que possuem carro ou moto; H) MR - domicílios com renda entre 3 e 8 SM; e H) AR - domicílios acima de 8 SM. Essas classes de domicílios foram escolhidas por estarem de acordo com a classificação do Critério Brasil para a subdivisão dos domicílios de acordo com sua renda.

Os setores considerados básicos foram o setor industrial e a administração pública. O primeiro por ser localizado principalmente em áreas específicas da cidade, como em bairros das regiões Nordeste e Noroeste, e ser principalmente de produtos para exportação. O segundo por que Fortaleza é também a sede do governo estadual, responsável por uma quantidade considerável desses empregos, assim como é sede de diversas organizações federais destinadas a fornecer serviços a todos os residentes do estado e em algumas situações da Região Nordeste do país.

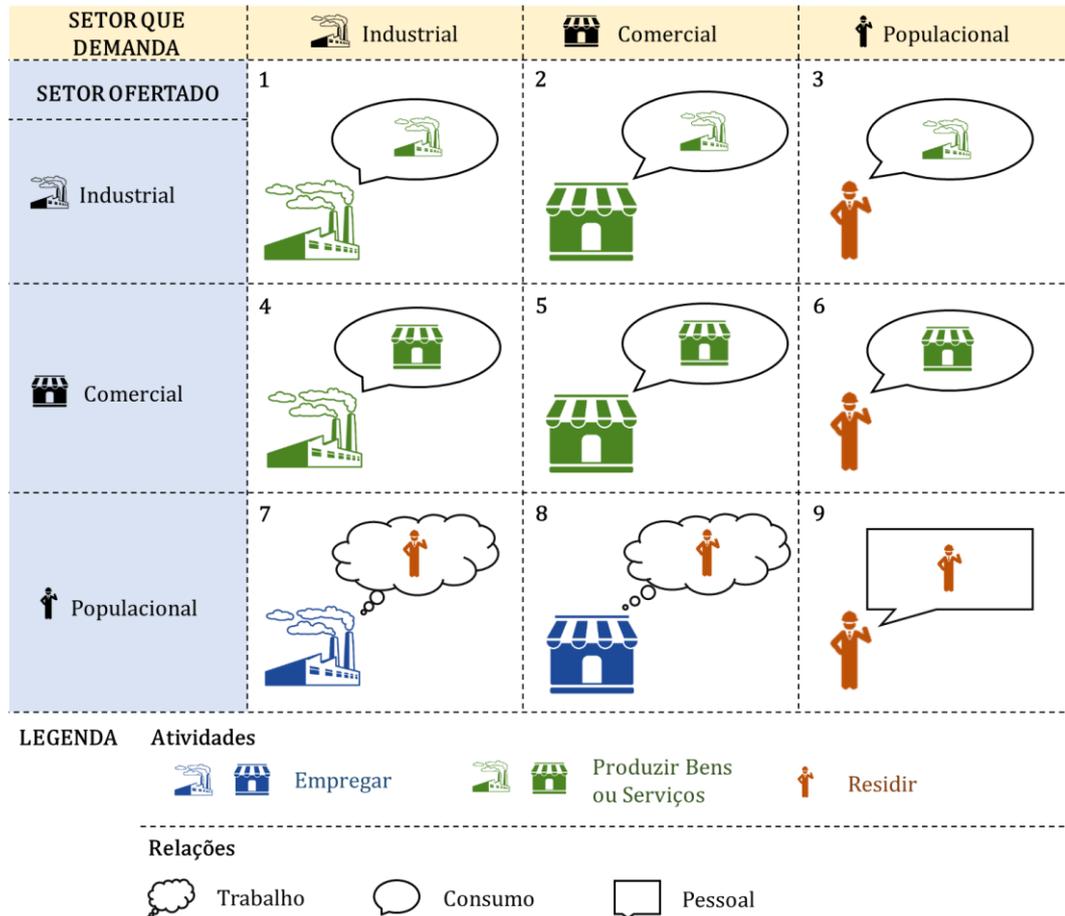
Em cada setor podem ocorrer as mais distintas atividades. Nos setores populacionais, a atividade principal que se desenvolve é a atividade de residir. Em um setor produtivo que represente o comércio, duas atividades principais se desenvolvem: comprar e empregar. No setor produtivo de prestação de serviços essas atividades seriam gerar serviços e empregar. No setor produtivo educacional seriam ofertar educação e empregar. As primeiras atividades de cada um desses setores produtivos representam suas respectivas atividades fins e serão definidas como atividades de produzir bens e serviços (SOUSA, 2016). As atividades de um setor precisam se relacionar com atividades de outros setores para se materializarem espacialmente. Por exemplo, o simples fato de um comércio estar instalado não garantirá a venda do seu produto, ou seja, sua atividade de comprar não será realizada até que algum indivíduo realize uma compra. Ao ser realizada uma venda, consolida-se a relação entre a atividade de comprar do setor comercial, com a atividade de residir do setor populacional, materializando-se através de uma relação de consumo.

Reconhecidas as atividades que podem ocorrer em cada setor, parte-se para a interpretação do que mobiliza a realização da atividade de produzir bens e serviços, ou de empregar nos setores de atividades produtivas. Partindo-se da concepção de que existe uma interligada cadeia de relações de produção e consumo entre esses setores, pode-se concluir que as próprias atividades são continuamente demandadas e ofertadas. Portanto, em determinado momento esses setores demandarão atividades, mas em outros eles serão ofertados (SOUSA, 2016).

Quando um setor produtivo é consumido, significa que um outro setor está em busca do bem ou serviço fim deste serviço, ou seja, a atividade ofertada é a de produzir bens e serviços para que um outro setor possa demandá-la. Nesse caso, independentemente do setor que o

demanda é gerada uma relação de consumo de bens ou serviços, como é retratado nas relações de 1 à 6 da Figura 43. A atividade empregar só aparece nessa cadeia, quando um setor produtivo demanda um setor populacional, ou seja, quando se demanda a atividade de residir por um setor produtivo. Nesse caso, é gerada uma relação do tipo trabalho, como retratado nas relações 7 e 8. Quando setores populacionais se relacionam entre si é gerada uma relação de caráter pessoal, como apresentado na relação 9. Algumas relações do tipo consumo podem ter interpretações específicas que são de suma importância para os padrões de deslocamento. Quando nessas relações, a atividade demandada é oriunda do setor educacional, o consumo que ocorre é o da oferta de educação, portanto essa relação pode ser entendida como uma relação de ensino. Já se esse setor representar as áreas de lazer, a demanda será pela atividade de fornecer opções de entretenimento, o que gerará relações de lazer. Entretanto, todas elas continuam representando o consumo de determinado serviço. Contudo, sua subdivisão pode ser relevante ao processo de compreensão da problemática.

Figura 43 - Relações entre as atividades



Fonte: Sousa (2016)

Relações do tipo trabalho poderão originar viagens entre a zona de domicílio de um indivíduo e sua respectiva zona de emprego, as quais pertencerão as categorias de viagens do tipo trabalho. As relações de consumo gerarão viagens para consumir produtos e serviços dos

setores produtivos. Quando as atividades produtivas fornecem bens, como o setor comercial ou industrial, as relações de consumo serão para a realização de compras, portanto viagens geradas a partir desse tipo de relação podem ser do tipo compras, muitas vezes classificadas como viagens do tipo outros. Quando a atividade produtiva for o setor educacional, então a relação de consumo ocorrerá para consumir a oferta de educação do setor, permitindo assim classificar esse deslocamento como viagens motivo educação. Dito isso, essa calibração utilizará seis categorias de transportes, representantes dos principais tipos de deslocamentos: I) TRAB\_CAT - viagens motivo trabalho da população de baixa renda cativa pelo transporte coletivo; II) TRAB\_BR - viagens motivo trabalho da população de baixa renda não cativa pelo transporte coletivo; III) TRAB\_MR - viagens motivo trabalho da população de média renda; IV) TRAB\_AR - viagens motivo trabalho da população de alta renda; V) EDUC - viagens motivo educação; e VI) OUT - viagens motivo outros.

As relações entre as atividades dão origem aos deslocamentos, entretanto essas atividades precisam estar espacialmente localizadas e essa ocupação utiliza solo da cidade. Os modelos de uso do solo são os responsáveis por similar essas decisões de localização e de consumo de solo, mas para isso o solo da cidade precisa ser subdividido em tipos (além da subdivisão em zonas). Para Fortaleza, a área ocupada da cidade foi subdividida em quatro tipos de acordo com o uso a que se destina e com o índice de aproveitamento do lote a que pertence: 1) RBI - solo residencial de baixo índice de aproveitamento; 2) RAI - solo residencial de alto índice de aproveitamento; 3) NRBI - solo não residencial de baixo índice de aproveitamento; 4) - solo não residencial de alto índice de aproveitamento. O limite que dividiu os índices de aproveitamentos dos lotes foi 3,0 (três), pois foi um índice para o qual percebeu-se uma distribuição espacial distinta entre os tipos de solos em 2015, onde verificou-se que os solos de menor índice de aproveitamento, normalmente representantes de casas e lojas de 1 pavimento, distribuem-se de maneira mais dispersa por toda a cidade, enquanto os solos de alto índice concentram-se na região Central da cidade.

### 6.3 Calibração dos coeficientes intersetoriais

As intensidades das relações entre as atividades são modeladas a partir dos coeficientes intersetoriais, ou coeficientes técnicos de uma matriz insumo-produto. Dessas relações, é possível obter a matriz de coeficientes técnicos, que representam a quantidade de insumos necessários para produzir cada unidade de um produto (RUEDA-CANTUCHE, 2002). Esses coeficientes, apesar de serem considerados estáticos num curto período, podem sofrer modificações num período mais longo devido a modificações na tecnologia de produção, por conta disso, são considerados exógenos ao modelo do Tranus (BARRA, 1989).

Conhecidos os setores econômicos, chamados no Tranus de setores transportáveis, que compõem a região de estudo, podem-se calibrar os coeficientes intersetoriais. A matriz insumo-produto é a origem teórica desses coeficientes, entretanto encontrar essa matriz, específica para a região de estudo, nem sempre é possível. Para superar essa limitação, os coeficientes intersetoriais podem ser entendidos como razões entre empregos ou matrículas e população (LOWRY, 1964). Como os setores produtivos são representados pela quantidade de empregos

e os setores populacionais pela quantidade de domicílios, então, na relação do tipo trabalho, o coeficiente técnico indicará a quantidade de domicílios que são necessários para que exista um emprego. Na relação do tipo consumo, o coeficiente indicará a relação contrária: a quantidade de empregos necessários para que exista um domicílio. Percebe-se que esses coeficientes irão variar a depender do tipo de setor que se esteja analisando.

No caso da calibração para Fortaleza, apresentado na Figura 44, as relações entre os setores geram pelo menos cinco tipos de parâmetros. O conjunto de parâmetros 1, 2 e 3 representam o que foi denominado de relações de consumo. O conjunto de parâmetros 1 está relacionado com a demanda pelo setor básico. Como as atividades desses setores não são consumidas por atividades da região de estudo, os parâmetros serão sempre zero. O tipo 2 é responsável pela demanda das atividades fins dos setores produtivos, a partir desses mesmos setores. Como tais relações originam principalmente deslocamento de cargas, que não são o foco dessa aplicação, eles foram considerados zero. E os coeficientes do tipo 3 retratam a demanda dos setores populacionais pelas atividades dos setores produtivos. Coeficientes do tipo 4 quantificam as relações de trabalho, pois indicam a demanda pelos setores populacionais, a partir do setor básico e dos setores produtivos. Por fim, os coeficientes do tipo 5 quantificam as relações pessoais, entre setores populacionais, que também foram anulados, pois representam as relações pessoais dos indivíduos, que também não são objetivos desta análise, já que o foco principal é na geração das viagens à trabalho e educação. Dessa forma, restaram 22 coeficientes a serem calibrados, 12 do Tipo 3 e 20 do Tipo 4.

Figura 44 - Tipos de coeficientes técnicos para Fortaleza

	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)
IND - Setor Industrial (A)					1				
ADM - Administração Pública (B)									
COM - Comercial (C)									
SER - Prestação de Serviços (D)			2					3	
EDU - Educacional (E)									
CAT - Cativa (F)									
BR - Baixa Renda (G)									
MR - Média Renda (H)			4					5	
AR - Alta Renda (I)									

Para a calibração dos coeficientes técnicos do tipo 3 de demanda pelos setores comercial e de prestação de serviços serão utilizadas as informações originadas da POF 2002-2003 para a calibração de 2000 e da POF 2008-2009 para a calibração de 2015. Essas informações não estão nas unidades que representam os setores, logo são dados indiretos para a definição dos coeficientes técnicos. Assumindo que a quantidade de empregos fornecido por

um setor é proporcional a quantidade que se gasta nele é possível obter a quantidade de empregos gerados em cada setor por cada um dos diferentes tipos de domicílios. Os coeficientes intersetoriais dessas relações (Tabela 7) são obtidos ao se calcular a quantidade de empregos por tipo que são demandados por tipo de domicílios. Para isso, deve-se dividir a quantidade de empregos (gerados em cada setor por cada um dos diferentes tipos de domicílios) pela quantidade de domicílios de cada classe.

Tabela 7 - Coeficientes intersetoriais do tipo 3 - consumo dos setores C e D - em 2000 e em 2015

		CAT	BR	MR	AR
2000	COM	0,185	0,359	0,513	1,127
	SER	0,196	0,358	0,954	2,959
		CAT	BR	MR	AR
2015	COM	0,312	0,158	0,469	1,098
	SER	0,396	0,203	0,972	2,303

Para a calibração dos coeficientes técnicos do tipo 3 de consumo do setor educacional serão utilizadas as informações da PNAD de 2001 para o cenário 2000 e da PNAD de 2015 para o cenário de 2015. As pessoas que disseram ser estudantes foram agrupadas nos três grupos de renda que dividem os setores populacionais e assumiu-se que a quantidade de estudantes do setor F e setor G são proporcionais aos respectivos totais de domicílios. Por fim, essa distribuição amostral de estudantes por classes de domicílios foi expandida para representar a população dos estudantes da cidade nos dois anos da análise. Para serem obtidos os coeficientes intersetoriais dessas relações (Tabela 8), foi dividida a quantidade de matrículas por setor pela quantidade de domicílios de cada classe.

Tabela 8 - Coeficientes intersetoriais do tipo 3 - consumo do setor E - em 2000 e em 2015

		CAT	BR	MR	AR
2000	EDU	1,446	1,446	1,090	1,249
		CAT	BR	MR	AR
2015	EDU	1,284	1,284	0,768	1,161

Por fim, na calibração dos coeficientes técnicos do tipo 4 de consumo dos setores populacionais também foram utilizadas as informações da PNAD. As pessoas ocupadas foram separadas por tipos de empregos e de domicílios. Essas informações foram expandidas para a população a partir dos pesos amostrais e considerando que cada indivíduo empregado representa um domicílio. Os coeficientes intersetoriais (Tabela 8) dessas relações foram obtidos a partir da divisão da quantidade de domicílios por setor pela quantidade de empregos de cada

classe. Ressalva-se que o setor educacional é representado em matrículas, portanto o coeficiente intersetorial indica a quantidade de domicílios demandados por cada matrícula, por isso, valores dos coeficientes com grandezas tão diferentes dos demais.

Tabela 9 - Coeficientes intersetoriais do tipo 4 em 2000 e em 2015

		IND	ADM	COM	SER	EDU
2000	CAT	0,499	0,047	0,323	0,338	0,015
	BR	0,048	0,005	0,031	0,033	0,001
	MR	0,185	0,056	0,179	0,172	0,019
	AR	0,031	0,032	0,040	0,077	0,008
		IND	ADM	COM	SER	EDU
2015	CAT	0,409	0,108	0,289	0,239	0,014
	BR	0,120	0,032	0,085	0,070	0,004
	MR	0,208	0,153	0,176	0,153	0,026
	AR	0,042	0,105	0,041	0,051	0,012

Ressalta-se que o modelo de atividades não sofre nenhuma intervenção da distribuição espacial das atividades, dessa forma, não é possível considerar que relações entre setores podem ser mais ou menos efetivas a dependerem da região em que a relação ocorre. Sendo assim, os coeficientes calibrados são únicos para a região em estudo. São esses coeficientes técnicos que compõem o indicador de acessibilidade deste trabalho e que possibilitam a subdivisão das oportunidades de empregos de uma zona para cada um dos grupos socioeconômicos de interesse.

#### 6.4 Calibração do modelo de interface

Os modelos de interface são responsáveis por transformar as unidades utilizadas nos modelos de atividades (coeficientes intersetoriais) e de uso do solo em unidades desejadas para os modelos de transportes. São as relações entre os setores transportáveis já devidamente quantificadas (modelos de atividades) e espacializadas (modelos de uso do solo) que irão gerar os deslocamentos. Dessa forma, os modelos de interface têm o papel de transformar as unidades utilizadas para modelar os setores transportáveis nas unidades utilizadas para representar as categorias de transportes. A primeira função de interface (Equação 5) que transforma os fluxos de setores ( $X_{ij}^m$ ) em fluxos econômicos ( $F_{ij}^s$ ) possui três parâmetros a serem calibrados.

$$F_{ij}^s = \sum_m (X_{ij}^m * vol^{ms} * pc^{ms} + X_{ji}^m * vol^{ms} * pc^{ms}) \quad 5$$

O primeiro deles é a relação ( $vol^{ms}$ ) entre categoria de transportes (s) e o setor transportável (m). Neste trabalho, os setores populacionais foram representados como domicílios, mas deseja-se modelar as viagens por pessoas. Dessa forma, o parâmetro “ $vol^{ms}$ ” representará a quantidade de pessoas por domicílio em cada faixa de renda. Pelas PNADs 2001

e 2015 foram coletadas essas informações para cada cenário de análise. Os setores comercial e de prestação de serviços representados pelos empregos foram postos com o valor de 0,07, para representar a parcela dos deslocamentos outros que ocorrem no horário de pico da manhã.

O segundo e o terceiro parâmetros estão relacionados com o sentido do fluxo e com o período de tempo para o qual a simulação está sendo realizada. No período da manhã, as relações de demanda por setores populacionais geram mais deslocamentos no sentido da zona que oferta o setor para a zona que o demanda, ou seja, para os seus lugares de trabalho. Dessa forma, “ $pc^{ns}$ ” poderia ser um e “ $cp^{ns}$ ” poderia ser zero. Nesse mesmo período, os fluxos de setores produtivos originam demanda no sentido da sua produção, pois o deslocamento que ocorre é o de pessoas indo às compras, sendo assim, “ $pc^{ns}$ ” poderia ser zero e “ $cp^{ns}$ ” poderia ser um. Entretanto, considerando a pesquisa domiciliar de origem destino de 1996, verificou-se que 4,4% das viagens retornavam para cada no período de pico da manhã. Considerando a coleta de linhas de contorno e de linhas de travessia verificou-se que em torno de 6,7% dos deslocamentos retornavam para casa em 2015 durante o pico da manhã. Dessa forma o “ $pc^{ns}$ ” que geram viagens do tipo trabalho ficaram igual a 0,956 e o “ $cp^{ns}$ ” ficou igual a 0,044 para 2015, e para 2000 o o “ $pc^{ns}$ ” foi definido como 0,933 e “ $cp^{ns}$ ” como 0,067. No caso das viagens do tipo outros e educação os parâmetros calibrados foram o contrário, já que o sentido consumo e produção é inverso ao do motivo trabalho.

A segunda função de interface (Equação 6) transforma os custos de deslocamentos modelados no período de simulação do sistema de transporte ( $c_{ij}^s$ ), neste caso, o horário de pico da manhã; em custos no período de simulação dos modelos de atividades e uso do solo ( $t_{ij}^m$ ), neste caso, o mês, já que o custo do aluguel do solo utilizado na modelagem é um aluguel mensal. Os parâmetros de sentido ( $pc^{ns}$  e  $cp^{ns}$ ) continuam interferindo, mas o de volume não afeta esta transformação já que o custo obtido é para cada unidade de modelagem e não para um total entre eles. Entretanto, é necessário calibrar o parâmetro de tempo ( $tiem^{ms}$ ).

$$t_{ij}^m = c_{ij}^s * pc^{ns} * tiem^{ms} + c_{ji}^s * cp^{ns} * tiem^{ms} \quad 6$$

Considerando que um deslocamento realizado no período de pico da manhã para viagens do tipo trabalho precisam necessariamente de um retorno e assumindo que esses deslocamentos ocorrem em todos os dias úteis, adotou-se um valor de 44 (22 dias úteis x 2 deslocamentos deste tipo no dia), parâmetro este que também foi adotado para os deslocamentos por motivo educação e por motivo outros. Ressalta-se que ao adotar 2 viagens diárias, não se está modelando a quantidade de viagens no dia, apenas utilizando um fator de escala para que os custos dos transportes e os custos de aluguel do solo possam ser comparados.

## 6.5 Calibração dos modelos de uso do solo

Os modelos de uso do solo no Tranus são dois: aqueles que simulam as decisões locacionais dos setores transportáveis e os que modelam a decisão da quantidade de solo a ser consumido. A decisão locacional é dependente da quantidade de solo a ser consumido, pois o

preço do solo interfere diretamente nesta decisão; entretanto, no cenário base os modelos de consumo de solo podem ser calibrados partindo da distribuição espacial dos setores transportáveis coletados. Dessa forma, será primeiro realizada a calibração dos modelos de consumo de solo (seção 6.5.1) e depois dos modelos de decisão locacional (seção 6.5.2). Apesar dos resultados da calibração a seguir serem apresentados conjuntamente para 2000 e para 2015, o esforço de calibração para 2015 só foi iniciado após a validação do cenário de 2000, pois os parâmetros em 2000 foram utilizados como ponto de partida para a calibração dos parâmetros em 2015.

### 6.5.1 Calibração dos modelos de consumo de solo

No Tranus, dois modelos são responsáveis por simular a demanda por solo. O primeiro deles é o modelo de demanda elástica, apresentado na Equação 7, e que regula a quantidade de solo do tipo “n” consumido por uma unidade do setor transportável “m”.

$$a_i^{mn} = \min^{mn} + (\max^{mn} - \min^{mn}) \exp(-\delta^{mn} \cdot U_i^n) \quad 7$$

A utilidade desse modelo, ou “desutilidade de consumo”, representada pelo termo “ $U_i^n$ ”, é dependente (Equação 8) do preço de aluguel de uma unidade de área do tipo de solo “n” na zona “i”, “ $p_j^n$ ”, obtido a partir da base de uso do solo da SEFIN (2015); assim como do preço sombra de uma unidade de área desse solo do tipo “n” na zona “i”, “ $h_j^n$ ”, e resultado da execução do modelo.

$$U_i^n = p_i^n + h_i^n \quad 8$$

Da análise anterior, pode-se concluir que dois dos termos que compõem a função elástica, o consumo mínimo ( $\min^{mn}$ ) e máximo ( $\max^{mn}$ ) de solo do tipo “n” por um setor transportável “m” devem ser considerados dados coletados, enquanto a elasticidade do consumo ( $\delta^{mn}$ ) precisa passar pelo processo de calibração. Entretanto, nem todos os tipos de solos estão disponíveis para serem utilizados por todos os setores transportáveis.

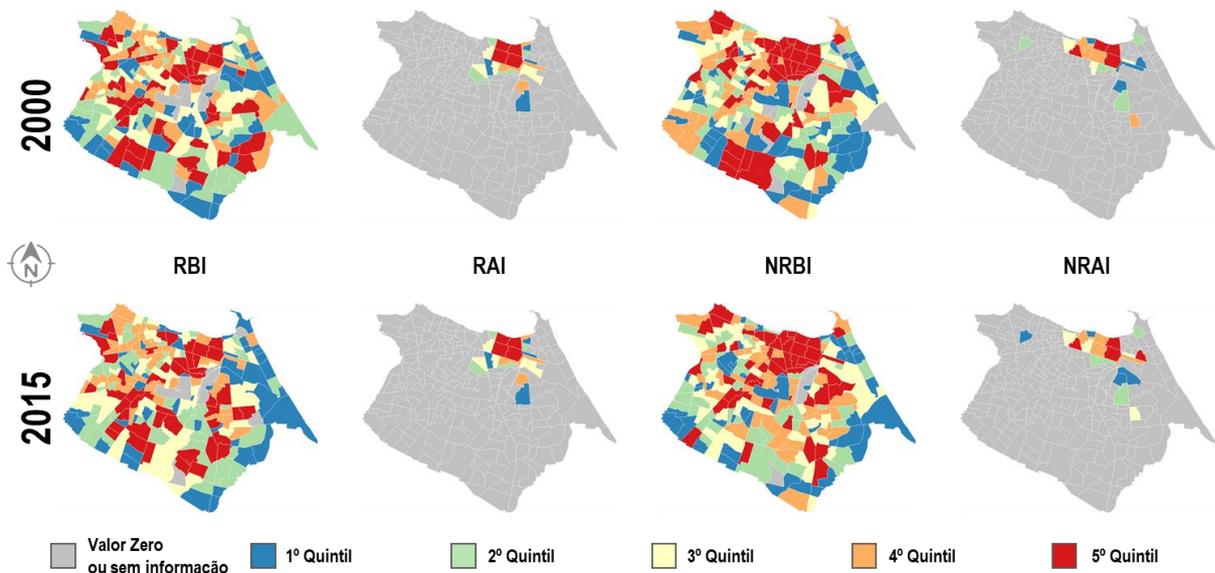
Optou-se por não modelar o consumo do solo dos setores B) administração pública e E) educacional, pois suas ocupações de solo não são prioritariamente orientadas pelo mercado imobiliário. Para os setores C) comercial e D) prestação de serviços levantou-se a hipótese de que eles ocupam apenas os solos não residenciais III e IV; para o setor A) industrial a hipótese é a de que ocupam apenas o solo III. NRBI; e para os setores populacionais a hipótese é de que podem ocupar apenas os solos residenciais I, ou II. Essas hipóteses foram definidas a partir das análises das relações entre usos e classificações arquitetônicas das bases de uso do solo da SEFIN (Figura 35 e Figura 36). Em virtude disso, nem todo o uso do solo ocupado na cidade foi utilizado na modelagem, já que não foram considerados todos os tipos de atividades existentes, apenas os principais, assim como não se está modelando o consumo de solo de todas

as atividades modeladas, dessa forma os quantitativos de uso do solo (Tabela 10) e a distribuição espacial desses solos (Figura 45) utilizados nessa modelagem aponta para um aumento considerável nas ocupação de alto índice de aproveitamento, que concentram-se basicamente na região Central da cidade, enquanto ocupações de baixo índice e residenciais são bem dispersas por toda a cidade, mas as de baixo índice não residenciais são mais concentradas na região Central, processo que se acentuou entre 2000 e 2015.

Tabela 10 - Área por tipo de solo em 2000 e em 2015

Setores Econômicos	2000	2015
RBI	32,3 km <sup>2</sup>	35,4 km <sup>2</sup>
RAI	7,3 km <sup>2</sup>	9,9 km <sup>2</sup>
NRBI	17,2 km <sup>2</sup>	19,6 km <sup>2</sup>
NRAI	1,9 km <sup>2</sup>	2,8 km <sup>2</sup>
<b>Total</b>	<b>58,7 km<sup>2</sup></b>	<b>67,7 km<sup>2</sup></b>

Figura 45 - Distribuição espacial de solo em m<sup>2</sup> por tipo em 2000 e em 2015.



A partir disso foram calculadas as correlações entre as distribuições espaciais dos tipos de solos (setores não transportáveis) e dos setores transportáveis, cujo resultado é apresentado na Tabela 11. Para cada um desses coeficientes foi realizado um teste-t para a correlação, cuja hipótese nula é a de que o coeficiente de Pearson seja igual a zero. A estatística amostral do teste é apresentada na Equação 9, onde “n” é o número de observações, “r” é o coeficiente de Pearson amostral e “ $t_0$ ” é a estatística. Considerando a pior situação de graus de liberdade, verificou-se que todos os coeficientes são significativos caso o nível de confiança seja de 88%, em 2000 e em 2015. Para valores abaixo disso, apenas a correlação entre o setor Cativo e o solo RAI passa a não ser significativo. Para 2000, esse resultado é mantido até o nível de significância de 17%, quando a relação entre o setor Cativo e o RAI deixa de ser significativa. Esse resultado se mantém até um nível de significância de 14% em 2015, quando a correlação entre o setor Média Renda e o solo RAI deixa de ser significativa. Dessa forma, conclui-se que

não há evidências suficientes para rejeitar a hipótese nula para a relação entre o setor Cativo e o solo RAI, mas que existem evidências para rejeitar em todos os outros casos em que a hipótese foi levantada.

Tabela 11 - Matriz de correlação entre os tipos de solo e os setores transportáveis em 2000 e em 2015

	IND	COM	SER	CAT	BR	MR	AR
2000	RBI			0,23	0,44	0,81	0,35
	RAI			-0,04	0,32	0,39	0,86
	NRBI	0,44	0,85	0,79			
	NRAI		0,58	0,66			
2015	RBI			0,19	0,23	0,84	0,32
	RAI			-0,04	0,43	0,33	0,96
	NRBI	0,50	0,81	0,67			
	NRAI		0,59	0,63			

$$t_0 = r \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}}$$

9

Os mínimos e os máximos para as relações que envolvem setores populacionais foram coletados a partir da base de uso do solo da SEFIN de 2015, pois pode-se assumir que cada inscrição nessa base representa um domicílio. Para representar valores mais representativos foi utilizado como mínimo o 5% percentil e como máximo o 95% percentil. Para diferenciar entre o setor que ocupava a inscrição, esses valores foram obtidos apenas para alguns bairros. Por exemplo, o mínimo e o máximo da relação de RBI e do setor Alta Renda foi obtido a partir da análise do tamanho das inscrições residenciais do tipo casa nos bairros Aldeota, Meireles e Cocó, reconhecidos como bairros de Alta Renda da cidade. Esses dados coletados foram utilizados como pontos de partida para a calibração de 2000.

No caso dos setores produtivos, não foram encontradas bases que informassem a quantidade média de solo ocupada por tipo de emprego (unidade utilizada para representar tais setores). Dessa forma, o referencial utilizado foi a área total ocupada do tipo não residencial (apenas área industrial, comercial e de serviços, já que as demais ocupações não estão sendo consideradas) dividida pelo total de empregos como dado inicial de calibração. Apesar dessas coletas, os valores podem ter sido pontualmente modificados para que se gerassem melhores resultados na calibração, sendo utilizado como medida de ajuste a diferença do solo coletado por tipo e o solo modelado. Os resultados do processo de calibração para os consumos mínimos máximos por unidade de setor transportável são apresentados na Tabela 12. Esses valores obtidos na calibração de 2000 foram mantidos para a calibração do cenário de 2015.

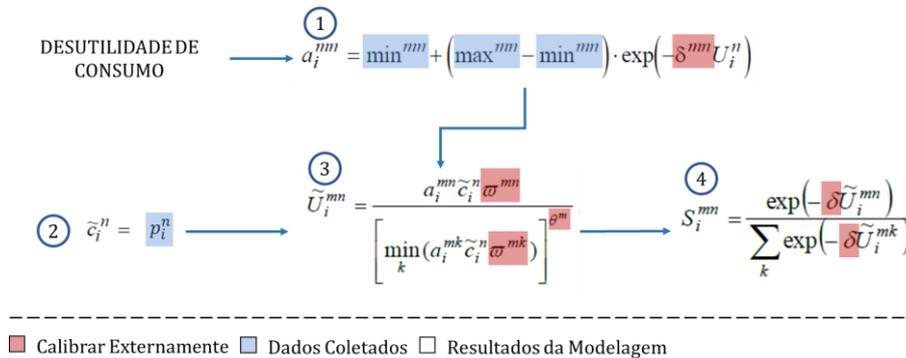
Sempre que um setor transportável puder se utilizar de mais de um tipo de solo será necessário calibrar o modelo de substitutos (Figura 46). Tal modelo faz uso da teoria de escolha

discreta para definir a proporção de cada setor “m” que consome o tipo de solo “n”. Para isso, precisa-se calcular sua utilidade (3), ou desutilidade, que depende de três componentes: o termo “ $a_i^{mn}$ ” (1), obtido com o modelo elástico de demanda por solo; o custo de produção do setor “n”, nesse caso, igual ao preço de aluguel do solo “n” na zona “i” (2); e a penalidade “ $\varpi^{mn}$ ” associada ao consumo, que é parâmetro de calibração. Na aplicação do modelo *logit* multinomial (4) a elasticidade de consumo ( $\delta$ ) também precisa ser calibrada. Essa elasticidade regula o impacto do aumento de uma unidade de utilidade.

Tabela 12 - Consumos mínimo e máximo por tipo de solo e por setor transportável em 2000 e 2015

MÍNIMO	IND	COM	SER	CAT	BR	MR	AR
RBI				20,0	20,0	20,0	20,0
RAI					30,0	50,0	70,0
NRBI	5,0	5,0	5,0				
NRAI		5,0	5,0				
MÁXIMO	IND	COM	SER	CAT	BR	MR	AR
RBI				220,0	220,0	430,0	450,0
RAI					120,0	344,0	560,0
NRBI	80,0	80,0	80,0				
NRAI		90,0	90,0				

Figura 46 - Modelagem dos substitutos



Para obter a quantidade de solo do tipo “n” demandado por um setor transportável do tipo “m”, basta seguir a Equação 10, onde os modelos previamente apresentados são utilizados e “ $X_i^m$ ”, indica a quantidade do setor transportável “m” na zona “i”, que no cenário base é uma informação exógena.

$$D_i^{mn} = X_i^m \cdot a_i^{mn} \cdot S_i^{mn} \tag{10}$$

Para finalizar a calibração, faltam ser detalhados os processos de calibração de dois parâmetros: a elasticidade da demanda do modelo elástico ( $\delta^{mn}$ ) e a penalidade de consumo do modelo de substitutos ( $\varpi^{mn}$ ), já que o fator de escala ( $\theta^m$ ) e a elasticidade do modelo de substitutos ( $\delta$ ) ficarão com o valor fixo de 1,0. Para a calibração desses dois parâmetros, a otimização tem o papel de reduzir a diferença entre medidas modeladas e coletadas. Ao se

somar (Equação 11) a demanda ( $D_i^{mn}$ ) de todos os setores transportáveis “m” por um tipo de solo “n” em uma determinada zona “i”, obtém-se a quantidade total do solo que é demandado nesta zona ( $D_i^n$ ), portanto este valor deverá ser igual a área do tipo de solo coletado.

$$D_i^n = \sum_m D_i^{mn} \quad 11$$

Sabendo disso, replicou-se em planilha eletrônica os modelos de uso do solo do Tranus, de tal forma, que fosse possível comparar a variável  $D_i^n$  modelada e a coletada. Dessa forma, implementou-se um algoritmo de otimização baseado em algoritmo genético, cuja função objetivo busca garantir que um modelo em que a variável dependente é o dado coletado e a variável independente o dado modelado possua intercepto igual a zero e inclinação da reta igual a um, de tal forma, que as duas variáveis possuam os mesmos valores. Os parâmetros de elasticidade e penalidades obtidos deste procedimento são apresentados respectivamente na Tabela 13 e na Tabela 14.

Tabela 13 - Elasticidades por tipo de solo por setor transportável em 2000 e em 2015

		ELASTICITY	IND	COM	SER	CAT	BR	MR	AR
2000	RBI					0,27	0,27	0,16	0,09
	RAI						0,02	0,02	0,01
	NRBI	0,10	0,04	0,07					
	NRAI		0,03	0,03					
		ELASTICITY	IND	COM	SER	CAT	BR	MR	AR
2015	RBI					0,27	0,27	0,11	0,09
	RAI						0,02	0,03	0,02
	NRBI	0,10	0,07	0,07					
	NRAI		0,10	0,09					

Tabela 14 - Penalidades por tipo de solo por setor transportável em 2000 e em 2015

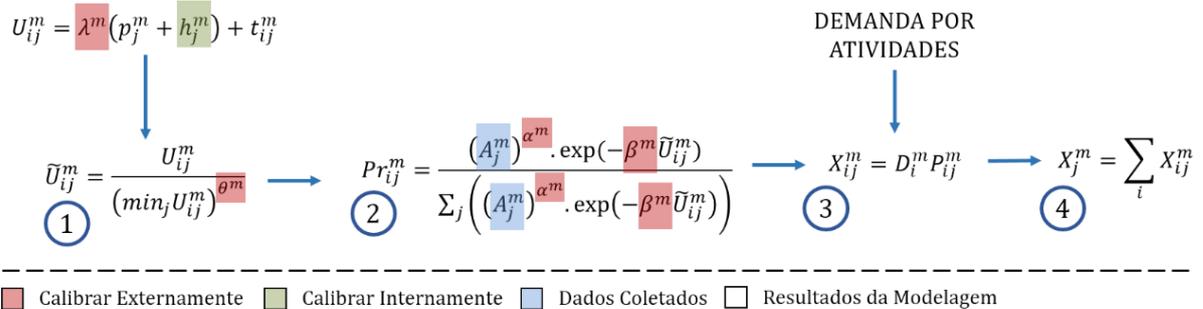
		PENALTY	IND	COM	SER	CAT	BR	MR	AR
2000	RBI					1,0	1,0	1,6	2,2
	RAI						0,4	0,5	0,3
	NRBI	1,0	1,0	2,2					
	NRAI		2,2	0,3					
		PENALTY	Industrial	Comercial	Servicos	Cativa	BR	MR	AR
2015	RBI					1,0	1,5	1,3	1,8
	RAI						1,2	1,6	0,7
	NRBI	1,0	0,4	1,8					
	NRAI		2,0	0,9					

Sabe-se que ao executar o modelo Tranus, o software também aplicará um algoritmo de otimização iterativo pelo qual reduzirá a diferença entre a variável coletada e modelada, entretanto, ao invés de modificar os parâmetros, a execução no software irá alterar o preço sombra ( $h_j^n$ ). Após essas otimizações, foram obtidas as relações entre áreas modeladas e coletadas, em que se verificou que o pior ajuste foi obtido para o solo RBI, justamente por ser o tipo de solo que está presente em quase todas as zonas em maior quantidade e em maior amplitude de valores. Quanto maior essa amplitude de valores, pior o ajuste do modelo, já que ele precisa gerar resultados satisfatórios desde valores muito baixos até valores muito altos. O melhor ajuste é verificado para o solo NRBI, entretanto os outros dois tipos de solos (RAI e NRAI) também geraram resultados satisfatórios.

### 6.5.2 Modelo de escolha discreta para decisões locais

A segunda parte da modelagem do uso do solo é a simulação da decisão locacional. Os modelos dessa etapa irão resultar na quantidade do setor “m” produzido na zona “j”. Esse processo ocorre em 4 etapas como apresentado pela Figura 47. Seu principal modelo é um *logit* multinomial que modela as probabilidades de produção do setor “m” em cada zona (Etapa 2), cujas alternativas são as diversas zonas “j” onde a atividade pode ser produzida dado que a demanda ocorrerá na zona “i”. No modelo logit, três parâmetros fazem parte da sua formulação: o “ $A_j^m$ ”, que é a atratividade de produzir a atividade do setor “m” na zona “j”; o “ $\alpha^m$ ”, que regula a importância entre a atratividade e a função de utilidade para a decisão locacional; e o “ $\beta^m$ ”, que é a elasticidade de consumo do modelo logit.

Figura 47 - Modelagem da decisão locacional



A desutilidade do modelo logit possui dois componentes: o preço da atividade a ser consumida ( $p_j^m + h_j^m$ ) e a desutilidade de deslocamento ( $t_{ij}^m$ ) entre a zona de demanda e as prováveis zonas de produção. Diferentemente dos modelos de consumo de solo para os quais é possível informar o preço do solo ( $p_i^n$ ), o preço da atividade ( $p_j^m$ ) não pode ser fornecido, ele é o resultado da execução do Tranus, que assume que o preço de uma atividade é igual ao somatório dos preços de tudo aquilo que essa atividade demanda, sejam solos ou atividades. Já o preço sombra, assim como na modelagem do consumo de solo, também é obtido a partir de procedimento iterativo. Para regular a importância entre os dois componentes existe no modelo o fator de preço “ $\lambda^m$ ”. A desutilidade de deslocamento é resultado do modelo de transportes, portanto não é parâmetro de calibração.

Na etapa 1, o fator de escala da menor utilidade deve ser calibrado, mas nessa calibração ficará com o valor fixo em 1,0. Na etapa 2, a atratividade “ $A_j^m$ ” do setor “m” na zona “j” será 1 sempre que o setor “m” existir na zona “j”, e zero caso contrário. O nível de importância, “ $\alpha^m$ ”, da atratividade em relação a desutilidade ficará com valor de um. E a elasticidade da decisão locacional, ou “ $\beta^m$ ” será parâmetro de calibração. Na etapa 3, a quantidade ( $X_{ij}^m$ ) de produção de “m” na zona “j” demandada na zona “i” é obtida a partir da demanda ( $D_i^m$ ) originada pelos modelos de demanda por atividades e pela probabilidade aferida a cada zona. E, por fim, na etapa 4 é obtida toda a produção de “m” que ocorre em “j”.

O termo “ $\lambda^m$ ” foi calibrado para garantir que a mesma ordem de grandeza entre o preço das atividades e o termo que representa a acessibilidade para que assim possam ser ambos considerados na modelagem. A elasticidade foi calibrada a partir do percentual das relações intrazonais. Para se estimar tais relações foi utilizada a PNAD (2015), pela qual foi obtido o percentual de trabalho que ocorre em casa. Para a baixa renda cativa esse percentual foi de 14%, para a baixa renda não cativa foi de 15%, para a média e alta renda foi de 17%. Considerando a distribuição da população entre cada grupo de renda, verificou-se que para a atividade trabalhar 16% da população a realiza em casa. Assumiu-se que as relações de consumo e educacionais também possuem o mesmo percentual. Dessa forma, foram obtidos os parâmetros de calibração apresentados na Tabela 15.

Ao executar o modelo Tranus, iterativamente será modificado o preço sombra de tal forma que o total do setor “m” na zona “j” ( $X_j^m$ ) seja igual a quantidade coletada. Verificou-se que os ajustes são extremamente precisos independentemente do setor transportável analisado, isso mostra que o ajuste que o preço sombra faz na função de utilidade do modelo *logit* é mais eficiente do que o ajuste realizado no consumo de solo. Isso ocorre, porque nos modelos de consumo exige-se um menor grau de liberdade para a solução, já que cada zona é modelada de maneira individual, já nas decisões locacionais o resultado obtido para uma zona influencia diretamente todas as demais.

Tabela 15 - *Factor Price* e Elasticidade calibrados em 2000 e em 2015

		COM	SER	EDU	CAT	BR	MR	AR
2000	<b>Factor Price</b>	0,0001	0,0001	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	<b>Elasticidade</b>	0,80	0,80	0,16	0,30	0,55	0,37	0,74
	<b>Coletado</b>	16%	16%	16%	14%	15%	17%	17%
	<b>Modelado</b>	18%	18%	19%	18%	18%	18%	16%
		COM	SER	EDU	CAT	BR	MR	AR
2015	<b>Factor Price</b>	0,0001	0,0001	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	<b>Elasticidade</b>	0,54	0,54	0,15	0,28	0,28	0,30	0,52
	<b>Coletado</b>	16%	16%	16%	14%	15%	17%	17%
	<b>Modelado</b>	17%	17%	19%	15%	16%	17%	14%

## 6.6 Validação dos modelos de uso do solo

Procedimentos tradicionais de validação não são facilmente replicados em modelos LUTI. Entre esses métodos, pode-se destacar três mais usuais: 1) utilização de medidas de desempenho distintas na calibração e na validação; 2) subdivisão da amostra para que uma parte seja utilizada na calibração e validação; 3) aplicação do modelo em uma realidade distinta em que foi calibrada. O primeiro método não foi utilizado porque a complexidade do modelo Tranus e sua elevada quantidade de parâmetros praticamente obriga que o procedimento de calibração faça uso de todas as medidas de desempenho disponíveis. O segundo método não é possível pela própria construção do modelo, em que todas as decisões de todos os indivíduos em todos os lugares estão interrelacionados, portanto, subdividir a amostra significaria considerar apenas parte da cidade, quando sabe-se que existem relações entre atividades específicas em cada região da cidade que precisam ser replicadas pelo modelo e para isso precisam de toda a amostra. Por fim, a aplicação do modelo em outra realidade não é possível, pois o modelo LUTI já reconhece que as relações de decisões locais e de viagens são específicas para cada região de estudo, então não adianta tentar aplicar esse mesmo modelo em outra região. Além disso, mesmo que essa outra realidade seja a mesma região em um período diferente, ainda existirão problemas. Se esse período for próximo do período da calibração, então o modelo terá um bom ajuste, já que os dados de entrada e as medidas de desempenho serão praticamente as mesmas; entretanto, se esse período for distante daquele utilizado na calibração, então o comportamento dos usuários já terão se modificado e isso inviabiliza a utilização dos mesmos parâmetros.

Para superar essas dificuldades de validações quantitativas tradicionais aplicadas ao modelo Tranus (LUTI), a validação dos modelos de uso do solo se baseará numa análise menos quantitativa da situação modelada, em que a partir da ordem de grandeza dos parâmetros calibrados serão buscadas evidências de que conseguem representar um fenômeno suficiente similar ao que se encontra em Fortaleza. Nessa etapa, essa validação é estática, portanto, focará na análise individualizada de cada cenário sem que esses parâmetros de calibração sejam comparados entre os dois cenários. Neste processo, quatro aspectos do comportamento em decisões locais e de consumo de solos foram verificadas e podem contribuir neste esforço de validação.

A primeira delas é o fato de o aumento da renda implicar em uma menor importância com o preço de um determinado produto, já que outros fatores como qualidade e preferências individuais se sobressaem nessas decisões. Esse fenômeno foi identificado através da análise das elasticidades de consumo por solo. No caso do começo do solo RBI, o aumento da renda implicou na redução da elasticidade desse consumo, ou seja, para a alta renda, o aumento de uma unidade no preço do solo implica numa redução menos acentuada da quantidade de solo consumido do que para a baixa renda. Esse é um fenômeno que se verifica em 2000 e em 2015. Esse fenômeno não se repete na mesma intensidade para o solo do tipo RAI, já que sua disponibilidade é reduzida e acaba sendo praticamente toda consumida pela AR, o que faz com a BR e a MR não possam ter elevadas elasticidades, pois caso isso acontecesse não iriam consumir esse tipo de solo. No caso dos setores produtivos é difícil afirmar qual deles deve possuir maior poder de compra, mas verifica-se que o setor comercial e de prestação de serviços

---

estão sempre entre aqueles com as menores elasticidades do que o setor industrial, isso pode se dar pelo fato do setor industrial precisar normalmente de grandes áreas de ocupação, o que faz com que o aumento de preço interfira diretamente em seus custos.

A segunda característica desse fenômeno que merece destaque é o interesse mais acentuado dos comércios em ocuparem solos do tipo NRBI, afinal, um comércio localizado em um prédio acaba por não ter fachada e capacidade de diálogo direto com o consumidor. Em prédios com altos índices de aproveitamento, a concorrência também é mais acentuada. Esse fenômeno é identificado a partir da comparação das penalidades de consumo do setor comercial para com os solos NRBI e NRAI. Tanto em 2000 como em 2015, as penalidades para o solo NRAI são bem mais elevadas do que para o solo NRBI, dessa forma, a probabilidade de que o setor comercial venha a escolher se localizar em solos do tipo NRAI é reduzida. De maneira similar, destaca-se a ocupação do setor de prestação de serviços sendo preferencial para o solo NRAI, já que a proximidade com outros tipos de atividades pode atrair maior demanda para seu serviço, como acontece com a proximidade de serviços de saúde. Os setores populacionais, em ambos os anos, preferem a ocupação do tipo RAI.

A terceira compreensão sobre esse fenômeno que pode ser verificada a partir dos parâmetros dos modelos de uso de solo é que é mais caro demandar uma mão-de-obra do que um produto ou um serviço. Essa constatação ocorre porque os *factors price* são menores para os setores comercial e de prestação de serviços, indicando que as atividades que são por eles consumidas (no caso desta modelagem, restringe-se ao consumo de mão-de-obra) precisam ter seu valor reduzido para que possam ter a mesma ordem de grandeza que a impedância de deslocamento, dessa forma, colocando os dois atributos da decisão locacional (acessibilidade e atratividade) como atributos que influenciam a decisão, como é estabelecido pela premissa do modelo. Esse fenômeno tanto ocorre para 2000 como para 2015.

Por fim, a quarta constatação é a de que quanto maior a renda do domicílio, maior o interesse por adquirir o melhor produto ou serviço fornecido, aqui traduzido como o destino com a melhor utilidade. Esse fenômeno foi verificado a partir dos valores de elasticidade de decisão locacional que aumentam conjuntamente com a renda do domicílio. Dessa forma, o peso de cada unidade de utilidade importa mais na decisão da população de alta renda do que na população de baixa renda indicando que pequenas variações da utilidade são mais importantes para o grupo mais rico.

Verifica-se assim que há um conjunto de características verificadas por meio dos parâmetros que estão de acordo com a realidade que esses modelos tentam representar, tendo sido possível encontrar justificativas plausíveis para o comportamento de todos os parâmetros dos modelos de uso do solo. Esses comportamentos utilizados muitas vezes não se restringem apenas à Fortaleza, mas podem ser válidos para grandes cidades de países em desenvolvimento, em que as diferenças entre ricos e pobres são acentuadas. Esse método de validação só é possível porque o modelo é do tipo comportamental, baseado em sua maioria em modelos de escolha discreta, em que se tenta simular um conjunto de escolhas por meio de parâmetros e atributos que possuem significados.

Parte-se agora para a segunda parte da validação dos modelos de uso do solo. Enquanto a primeira parte foca em buscar comportamentos da população a partir das análises estáticas de

comportamento em cada cenário de análise, a segunda parte focará na modificação desses parâmetros. A validação ocorrerá por meio da busca de evidências no fenômeno que justifiquem tais alterações dos parâmetros, assume-se assim que ocorreram modificações comportamentais entre esses dois períodos. Enquanto na análise estática os comportamentos utilizados poderiam ser verificados em diversas cidades e não se restringem a realidade de Fortaleza, já que muitas vezes discutem questões socioeconômicas genéricas, a modificação no comportamento da população é algo que se restringe a realidade local. Essa validação evolutiva ocorrerá a partir de três alterações comportamentais detalhadas a seguir.

A primeira delas é relativa à alteração da dinâmica de consumo do solo residencial por todos os níveis de renda. Nesse período “a verticalização concentrada em bairros mais valorizados ao leste do Centro e à Beira-Mar evidencia a concentração de riqueza e a direta vinculação entre especulação imobiliária e segregação residencial. Ao longo das últimas décadas também os bairros considerados pericentrais passam por processo de substituição de residências unifamiliares por condomínios verticais dada a proximidade do Centro e a presença de infraestrutura e serviços de qualidade nas proximidades” (COSTA; PEQUENO, 2015). O fenômeno descrito encontra evidências no parâmetro de penalidade. Em 2000, o RAI precisava ter seu consumo incentivado, por meio de baixas penalidades, demonstrando ser um tipo de solo pouco atrativo para as diferentes classes de renda. Em 2015, a presença do RAI em maior quantidade e a manutenção dos índices mínimos e máximos de consumo do solo, faz com que o consumo precise ser menos incentivado, por meio do aumento da penalidade.

A segunda característica é decorrente da expansão dos comércios e serviços na cidade e que também tem como base uma descrição de Costa e Pequeno (2015).

“No referente aos espaços terciários, Fortaleza corresponde ao município polo da região metropolitana, concentrando grande parte dos serviços e dos estabelecimentos comerciais, os quais atendem às demandas de toda a região de influência da RMF. (...) Chama atenção a intensa vinculação entre os espaços do setor terciário e os principais eixos viários da metrópole, indicando o seu direcionamento aos bairros periféricos de Fortaleza e mesmo aos municípios diretamente a ela conturbados (...) Em contraposição à linearidade e à continuidade das vias que estruturam o espaço metropolitano, destaca-se a implantação de shopping center; (...) ao se concentrar ao longo do eixo de expansão sudeste, com o surgimento de novos shoppings construídos em trechos da Avenida Washington Soares onde ainda se verifica a presença de enormes vazios e densas ocupações irregulares; (...) ao conformar um conjunto de centros comerciais nos bairros pericentrais para onde o setor imobiliário também buscou se expandir em função de projetos de mobilidade e da sua proximidade com o Centro, culminando com sua intensa valorização” (COSTA; PEQUENO, 2015).

Essa evolução encontra evidências na redução das elasticidades da decisão locacional ocorridas para todos os setores transportáveis, já que novas regiões da cidade que não são

necessariamente “as melhores” tiveram sua importância reconhecida e começaram a atrair pessoas, comércios e serviços. Além disso, a maior oferta de salas e lojas em edifícios comerciais e nos próprios *shopping centers*, torna o mercado mais sensível à variação do preço do solo, já que existe maior oferta desse produto, dessa forma ocorre um aumento nas elasticidades de consumo do solo NRAI para os setores comercial e de serviços e da elasticidade de consumo do solo NRBI para o setor comercial.

Neste período ocorre também a expansão dos conjuntos habitacionais e das favelas em Fortaleza (ANDRADE *et al.*, 2017), entretanto não foram encontradas evidências desses fenômenos nos parâmetros calibrados, indicando, como esperado, uma pretensão do Tranus a modelar melhor uma cidade decorrente das relações econômicas do mercado imobiliária, do que daquelas de ocupação de áreas inadequadas e de intervenção do poder público. Ressalta-se que os empregos e domicílios desses outros dois processos estão sendo modeladas e possuem indicadores para a acessibilidade, entretanto, a incapacidade em gerar evidências desses outros tipos de ocupações podem prejudicar as projeções a partir deste modelo.

Observa-se assim que há evidências para acreditar que o modelo de uso do solo consegue representar a evolução comportamental na decisão locacional e de consumo solo, mesmo que não tenham sido encontradas evidências para justificar todas as alterações dos parâmetros é possível verificar que as modificações ocorridas nesse sistema impactaram em alterações dos parâmetros.

## 6.7 Calibração dos modelos de transportes

Os modelos de transportes do Tranus podem ser subdivididos em dois: função elástica para a modelagem da geração de viagens e modelo de escolha discreta para a escolha de modos e rotas. O primeiro é responsável por estimar a quantidade de viagens por categoria de transportes, a partir da desutilidade de se deslocar na rede e dos fluxos econômicos. O segundo modela, em uma única formulação, a escolha de rotas e alocação de viagens em uma rede multimodal. Destaca-se a inexistência de um modelo específico para a distribuição de viagens, uma vez que a origem e o destino dos deslocamentos são produtos dos modelos de uso do solo e não do modelo de transportes. A calibração a seguir considera a modelagem para uma rede na hora de pico da manhã em um dia útil típico e dará maior detalhamento aos deslocamentos motivo trabalho, por estarem presentes em maior quantidade.

Os deslocamentos das cinco categorias de transportes foram simulados utilizando os seguintes modos de transportes: Sistema de Transporte Público Coletivo (STCO), Sistema de Transporte Público Complementar (STPC), Pedestre para Acesso ou Difusão, Pedestre Integração, Metrô ou Trem, Pedestre, Ciclista, Carro ou Moto. Os cinco primeiros fazem parte do conjunto de modos denominado de Motorizado Coletivo. O sexto e o sétimo fazem parte do conjunto Não Motorizado e os dois últimos do conjunto Motorizado Individual. A definição desses conjuntos é necessária, pois só pode haver integração entre modos que integrem um mesmo conjunto, além disso, resultados necessários ao esforço de diagnóstico, como matrizes de tempos de viagens, de distâncias e de viagens apenas são fornecidos apenas neste nível de detalhamento.

Para modos que pertençam ao mesmo conjunto foi definida uma matriz de custos de transferência. Por exemplo, uma viagem que se inicie com o modo Carro deverá terminar com esse modo, não pode haver uma troca para a Moto (único outro modo pertencente ao conjunto Motorizado Individual), para que isso ocorra, o custo de transferência entre os dois foi definido como “INF”. Entretanto a modificação de modo do Pedestre Acesso ou Difusão aos modos STCO, STPC e Metrô ou Trem pode ocorrer desde que seja paga uma tarifa, neste caso de R\$ 2,80 em média. Ao sair do STCO ou STPC o deslocamento pode seguir como o modo Pedestre Integração sem pagar nenhuma tarifa por isso, que por sua vez, poderá entrar novamente no STCO ou no STPC sem pagar nova tarifa.

Cada zona foi representada por um centroide, localizado no centro geométrico das zonas e conectado à malha viária por um conector de mão dupla, capacidade infinita e velocidade de 99 km/h, a fim de não interferir nas rotas geradas. A região Central é a área que possui o maior detalhamento, enquanto regiões periféricas foram representadas apenas a partir de suas vias arteriais e aquelas por onde circulam veículos do sistema de transporte coletivo. A capacidade é uma informação específica do *link* e foi assumido que em cada faixa podem circular até 750 veículos por hora. Cada *link* foi construído com pelo menos duas faixas, o que é verdade para a região Central em que as vias são prioritariamente de sentido único com duas faixas por sentido. Nas regiões periféricas é mais comum a existência de vias de sentido duplo com uma faixa de tráfego por sentido, mas como nem todas elas foram representadas, assumir que as que estão representadas possuem duas faixas é uma forma de compensar a inexistência das demais.

Tais *links* são ainda classificados em 8 tipos de acordo com suas capacidades e funções operacionais, são eles: 2 faixas, 3 faixas, 4 faixas, 5 faixas, 6 faixas, trilho, conector de entrada e conector de saída. A velocidade de deslocamento é uma característica de cada tipo de *link* e de cada modo. Uma rota entre um par origem destino é resultado da combinação de atributos dos modos de transporte e dos *links* utilizados. As rotas utilizadas para a alocação são selecionadas a partir de um algoritmo de definição de rotas que escolhe as rotas com menor custo generalizado e mais distintas entre si. Os atributos considerados na composição do custo generalizado envolvem custos relacionados ao tempo de deslocamento, à distância do deslocamento e os custos monetários propriamente ditos, dessa forma, são construídos custos generalizados ( $\bar{c}_{ijp}^{ks}$ ) específicos para cada uma das rotas (p) que percorrem um caminho entre uma origem (i) e destino (j) utilizando um determinado conjunto de modos (k) para uma viagem pertencente a categoria de transportes (s).

Como todos os atributos do custo generalizado são monetizados é necessário conhecer os valores do tempo de viagem e do tempo de espera para cada categoria de transportes para que os tempos sejam transformados em valores monetários. Os valores de tempo utilizados (Tabela 16) foram baseados em esforços de calibração destes parâmetros para Fortaleza (SOUZA, 2018a). A parcela de monetização de distância só é necessária quando é paga uma tarifa por distância percorrida, o que é o caso apenas para táxis que não são modelados neste trabalho; e a parcela das tarifas envolvidas na transferência de modos já é monetizada, portanto, não precisa de transformação.

Tabela 16 - Valores dos tempos de viagem e de espera por categoria de transporte

Categoria de Transporte (s)	Valor do tempo de viagem (R\$/h)	Valor do tempo de espera (R\$/h)
I. TRAB_CAT	2,00	4,50
II. TRAB_BR	2,00	4,50
III. TRAB_MR	7,00	15,00
IV. TRAB_AR	12,00	24,00
V. EDUC	6,00	9,00
VI. OUT	8,00	12,00

Por meio de uma função elástica (Equação 12) estima-se a quantidade de viagens que ocorrem entre cada par OD. O custo generalizado utilizado pelo modelo de geração de viagens só precisa estar desagregado no nível da origem e do destino, representando a desutilidade de se deslocar entre esses dois pontos, independentemente da rota e do conjunto de modos. Para isso, é primeiro calculado o *logsum* ( $\tilde{c}_{ij}^{ks}$ ) do custo generalizado considerando como alternativas de escolha cada uma das rotas para cada conjunto de modos e categoria de transporte e depois é calculado um segundo *logsum* ( $\tilde{c}_{ij}^s$ ) cujas alternativas são os conjuntos de modos para cada categoria de transporte.

$$T_{ij}^s = F_{ij}^s * [v_{min}^s + (v_{max}^s - v_{min}^s) * \exp(-\eta^s * \tilde{c}_{ij}^s)] \quad 12$$

Três parâmetros precisaram ser calibrados: as quantidades mínimas ( $v_{min}^s$ ) e máximas ( $v_{max}^s$ ) de viagens realizadas para cada fluxo econômico e a elasticidade da geração de viagens ( $\eta^s$ ). Os valores calibrados em 2000 e utilizados em 2015 são apresentados na Tabela 17.

Tabela 17 - Viagens mínima e máxima e elasticidade por categoria de transporte em 2000 e em 2015

Categoria de Transporte (s)	Mínimo ( $v_{min}^s$ )	Máximo ( $v_{max}^s$ )	Elasticidade ( $\eta^s$ )
I. TRAB_CAT	0,050	0,200	1,00
II. TRAB_BR	0,050	0,200	1,10
III. TRAB_MR	0,050	0,200	0,35
IV. TRAB_AR	0,050	0,200	0,25
V. EDUC	0,045	0,085	2,00
VI. OUT	0,010	0,050	0,75

A partir de um custo generalizado de deslocamento ocorre o processo de modelagem das proporções das viagens que escolhem utilizar cada um dos conjuntos de modos e cada um dos caminhos. A modelagem é similar nas duas decisões: o custo generalizado, já transformado em desutilidade, passa por transformações para ser consistente a cada decisão e, em seguida, um modelo *logit* multinomial é aplicado para calcular as proporções. Os parâmetros que precisam ser calibrados para esse conjunto de decisões, são parâmetros da função de utilidade (ou desutilidade) do modelo *logit*.

Apesar do modelo apresentar diversos tipos de parâmetros que podem ser calibrados, a maior parte deles foi mantido com seu valor padrão de zero ou um a depender de como influenciam na desutilidade. Todos eles alteram de maneira proporcional a desutilidade, logo o aumento do valor, aumenta a desutilidade por determinada rota, modo, ou conjunto de modos. Apenas três parâmetros foram efetivamente calibrados: o ASC, responsável por modificar a preferência por todo um conjunto de modos e alterado apenas quando todos os modos do conjunto apresentavam maior (ou menor) quantidade de viagens do que os valores esperados; o *modal constant*, responsável por modificar a preferência pelos modos de deslocamento e alterado apenas quando as viagens para os conjuntos de modos estavam adequadas, mas alguma preferência (ou rejeição) era evidente para determinado modo; e o *penal factor*, que modifica a preferência de uma determinada categoria de transportes para um modo e alterado apenas quando a preferência (ou rejeição) era evidente apenas para uma (ou mais) categorias de viagens. Os parâmetros calibrados para os principais modos de transportes podem ser observados nas Tabela 18 e Tabela 19.

Tabela 18 - Parâmetros das funções de utilidade para a escolha de modo e rota em 2000

	Alternative Specific Constant		Modal Constant	Penal Factor					
				TRAB_CAT	TRAB_BR	TRAB_MR	TRAB_AR	EDUC	OUT
Não Motorizado	3,5	Pedestre	1,0	1,8	3,5	1,7	2,5	0,5	2,2
		Ciclista	5,0	2,1	3,5	2,0	2,3	0,9	2,5
Motorizado Coletivo	1,5	Ônibus / Vans	1,3	1,1	3,0	1,5	4,5	0,6	0,5
		Metrô / Trem	0,4	0,5	0,5	4,0	6,0	1,0	1,0
Motorizado Individual	2,8	Carro	2,0	-	0,9	2,5	0,9	2,6	1,9
		Moto	3,0	-	2,9	4,5	5,1	5,0	3,9

Por se tratar de um processo iterativo e que não pode ser separado (como nos modelos de uso do solo) a calibração da função que rege a geração de viagens e a escolha de modos e rotas deve possuir critérios únicos de convergência para a calibração. Os parâmetros foram ajustados manualmente em busca de resultados compatíveis com as medidas de desempenho coletadas. Para 2000 essas medidas foram retiradas da pesquisa origem destino de 1996 e as medidas modeladas são apresentadas na Verificam-se bons ajustes entre medidas coletadas e modeladas para os dois anos da análise. O tempo médio de deslocamento da população de baixa renda cativa chama atenção, pois encontram-se entre os priores ajustes nos dois anos. Tentou-se realizar ajustes nos parâmetros para corrigir essas diferenças, mas essas tentativas foram frustradas por alteraram negativamente os demais resultados. É válido ressaltar que na pesquisa OD de 1996 só foram considerados deslocamentos que eram maiores de 5 minutos, isso contribui para o aumento do tempo de viagem coletado de todas as categorias. E na PNAD de 2015 não é possível separar o que ocorre apenas para Fortaleza, sendo necessário considerar

para a coleta dos indicadores toda a Região Metropolitana de Fortaleza, situação que também contribui aumentando os tempos médios de deslocamentos, já que a maior parte dos empregos ofertados nessa RMF concentram-se em Fortaleza.

Considera-se que esses resultados são satisfatórios para o esforço de diagnóstico estratégico a que este trabalho se propõe, pois nunca serão comparadas as ordens de grandezas, ou os valores absolutos dos indicadores de acessibilidade (que usam em sua composição esses tempos de viagens), sejam entre grupos populacionais, ou entre os cenários de análise. A análise das desigualdades tem como premissa básica a comparação da acessibilidade entre esses grupos e que não ocorrerá por meio de subtração ou divisão dessa medida, mas sim, pela identificação das áreas com os maiores ou menores valores dessa acessibilidade. Entretanto, antes de serem utilizados neste esforço, esses modelos precisam ser validados, como apresentado na sessão a seguir.

Tabela 20, tendo sido utilizado: divisão modal por categoria de viagens, percentual de viagens por categoria, tempo médio de deslocamento por categoria e divisões modais entre modos específicos.

Para 2015 a inexistência de uma pesquisa domiciliar fez com que fosse necessária a utilização de outras medidas de desempenho, incluindo a utilização de variáveis proxy para representá-las (Tabela 21): 1) o uso dos veículos motorizados individuais foi comparado para cada classe de renda com a posse de veículos motorizados individuais, coletada da PNAD (IBGE, 2015); 2) o uso do carro foi comparado para cada classe de renda com a posse de carro, coletada da PNAD (IBGE, 2015); 3) o percentual de viagens por motivo trabalho por classe de renda foi comparado com a quantidade de domicílios por classe, coletada da PNAD (IBGE, 2015); 4) o número de viagens no transporte coletivo e no metro ferroviário foi comparado com o número de embarques nos dois sistemas, coletados a partir dos dados do SIT-FOR e do METROFOR no ano de 2015; 5) os tempos médios de deslocamento foram comparados com os tempos médios de viagens coletados pela PNAD (IBGE, 2015); 6) por fim, o percentual de viagem por tipo foi comparado com os percentuais obtidos pelas pesquisas de linha de contorno e linha de travessia.

Tabela 19 - Parâmetros das funções de utilidade para a escolha de modo e rota em 2015

	Alternative Specific Constant		Modal Constant	Penal Factor					
				TRAB_CAT	TRAB_BR	TRAB_MR	TRAB_AR	EDUC	OUT
Não Motorizado	5,0	Pedestre	1,0	2,5	4,0	2,3	3,0	1,5	2,7
		Ciclista	5,0	2,1	3,5	2,0	2,3	0,9	2,5
Motorizado Coletivo	1,3	Ônibus / Vans	1,1	1,3	3,2	1,7	4,7	0,8	0,7
		Metrô / Trem	0,3	0,4	0,4	3,0	5,0	1,0	1,0
Motorizado Individual	2,6	Carro	2,0	-	0,4	2,0	0,8	2,6	1,9
		Moto	2,5	-	1,8	4,3	4,9	4,9	3,8

Verificam-se bons ajustes entre medidas coletadas e modeladas para os dois anos da análise. O tempo médio de deslocamento da população de baixa renda cativa chama atenção, pois encontram-se entre os piores ajustes nos dois anos. Tentou-se realizar ajustes nos parâmetros para corrigir essas diferenças, mas essas tentativas foram frustradas por alteraram negativamente os demais resultados. É válido ressaltar que na pesquisa OD de 1996 só foram considerados deslocamentos que eram maiores de 5 minutos, isso contribui para o aumento do tempo de viagem coletado de todas as categorias. E na PNAD de 2015 não é possível separar o que ocorre apenas para Fortaleza, sendo necessário considerar para a coleta dos indicadores toda a Região Metropolitana de Fortaleza, situação que também contribui aumentando os tempos médios de deslocamentos, já que a maior parte dos empregos ofertados nessa RMF concentram-se em Fortaleza.

Considera-se que esses resultados são satisfatórios para o esforço de diagnóstico estratégico a que este trabalho se propõe, pois nunca serão comparadas as ordens de grandezas, ou os valores absolutos dos indicadores de acessibilidade (que usam em sua composição esses tempos de viagens), sejam entre grupos populacionais, ou entre os cenários de análise. A análise das desigualdades tem como premissa básica a comparação da acessibilidade entre esses grupos e que não ocorrerá por meio de subtração ou divisão dessa medida, mas sim, pela identificação das áreas com os maiores ou menores valores dessa acessibilidade. Entretanto, antes de serem utilizados neste esforço, esses modelos precisam ser validados, como apresentado na sessão a seguir.

Tabela 20 - Medidas de desempenho modeladas e coletadas do sistema de transportes em 2000

DIVISÃO MODAL - MODELADO				DIVISÃO MODAL - COLETADO			
	NM	MC	MI		NM	MC	MI
TRAB_CAT	30%	70%	0%	TRAB_CAT	30%	70%	0%
TRAB_BR	13%	46%	41%	TRAB_BR	12%	40%	48%
TRAB_MR	15%	61%	24%	TRAB_MR	15%	59%	26%
TRAB_AR	7%	32%	61%	TRAB_AR	4%	33%	63%
EDUC	34%	49%	17%	EDUC	37%	44%	18%
OUT	11%	64%	25%	OUT	9%	69%	23%
TOTAL	25%	56%	19%	TOTAL	26%	54%	20%

PERCENTUAL DE VIAGENS			TEMPO MÉDIO DAS VIAGENS		
	MODELADO	COLETADO		MODELADO	COLETADO
TRAB_CAT	26%	26%	TRAB_CAT	62	38
TRAB_BR	3%	3%	TRAB_BR	38	35
TRAB_MR	21%	22%	TRAB_MR	34	33
TRAB_AR	10%	8%	TRAB_AR	20	27
EDUC	39%	38%	EDUC	51	25
OUT	1%	3%	OUT	32	30

Tabela 21 - Medidas de desempenho modeladas e coletadas do sistema de transportes em 2000

	USO DO MOT IND	POSSE DE MOT IND		USO CARRO	COM AUTO
TRAB_BR	14%	22%	TRAB_BR	38%	60%
TRAB_MR	48%	53%	TRAB_MR	67%	82%
TRAB_AR	83%	91%	TRAB_AR	98%	98%

	% DE VIAGENS	% DOMICÍLIOS	UTILIZAÇÃO DOS OPERADORES	
			MODELADO	COLETADO
TRAB_CAT+BR	53%	60%	STCO	107643
TRAB_MR	35%	30%	METRO	120
TRAB_AR	12%	10%		3000

TEMPO MÉDIO DAS VIAGENS			TIPOS DE VIAGENS		
	MODELADO	COLETADO		MODELADO	COLETADO
TRAB_CAT	82	43	Trabalho	58%	59%
TRAB_BR	41	42	Educação	41%	38%
TRAB_MR	35	33	Outros	1%	3%
TRAB_AR	17	28			

## 6.8 Validação dos modelos de transportes

Seguindo o mesmo procedimento realizado na validação dos modelos de uso do solo foi realizada a validação dos transportes. Primeiro, buscando a partir da magnitude e comparação dos parâmetros calibrados evidências de um comportamento nas decisões de transportes suficientemente genérico para ser encontrado na cidade nos dois anos da análise. Segundo, por meio da comparação dos parâmetros entre os anos encontrar evidências de da evolução comportamental ocorrida em Fortaleza ao longo desses 15 anos.

Tanto em 2000 como em 2015 a população não se desloca em Fortaleza por modos não motorizados (a pé e bicicleta) por conta de atributos externos àqueles relacionados ao deslocamento, especificamente tempos e custos desse deslocamento que são os atributos diretamente considerados na modelagem. Outros atributos são incorporados por meio do ASC, do Modal Constant e do Penal Factor. No caso específico do ASC para modos não motorizados, esse parâmetro é o mais alto de todos, aumentando assim a rejeição por esses modos de transportes e reduzindo a demanda por eles na modelagem. Vale a pena mencionar que no início da calibração quando todos os parâmetros são *default* a maior parte dos deslocamentos modelados ocorreu por modos não motorizados, indicando que em uma situação em que apenas tempo e custo fossem considerados, esses modos seriam os mais escolhidos. Isso não é uma verdade para Fortaleza. Na pesquisa OD de 1996 verificou-se que 25% dos deslocamentos ocorrem por modos não motorizados em viagens interzonais na hora de pico. Para aproximar-se dessa realidade, o ASC desses modos precisou ser maior que dos demais.

Uma segunda característica dessa calibração utilizada para a validação é o fato do segundo maior ASC ser o dos veículos motorizados individuais. Esse resultado é condizente com o comportamento dos usuários, já que excluindo o custo de comprar o veículo, que não é considerado como atributo na decisão de modos de transportes, andar de carro e com moto é mais rápido e muitas vezes mais barato, já que Fortaleza tem um diâmetro de 15km, do que andar de ônibus. Na pesquisa OD de 1996 verificou-se que a utilização desses modos de entre 18 e 60 anos no horário de pico da manhã passou de 5%, para viagens de residentes de domicílios que não possuem carro nem moto, para 60%, entre as viagens de residentes de domicílios que possuem carro ou moto. Isso sugere uma situação de que só não utiliza esses modos quem não pode, não possui ou não tem disponibilidade. Por conta disso, para representar esses grupos de indivíduos o ASC precisa ser elevado.

Como a posse do veículo motorizado individual é relevante no contexto da decisão modal em Fortaleza, verifica-se que a população de baixa renda que possui carro ou moto em seu domicílio comporta-se de maneira similar à população de alta no que diz respeito aos modos não motorizados, entretanto apresenta maior atratividade com a moto. Na pesquisa OD de 1996, observa-se que entre o grupo de baixa renda, apenas 3% deles utilizam o veículo motorizado individual quando não possuem carro ou moto no domicílio, entretanto esse valor passa para 48% entre os indivíduos que possuem carro ou moto. Dessa forma, é factível que essa baixa renda não cativa tenha um comportamento em decisões de viagens mais próximo da alta renda do que aquele calibrado para a baixa renda cativa.

Quanto à renda, verifica-se que com seu aumento ocorre uma redução do *penal fator* para o carro e aumento para a moto e para os modos não motorizados. Essa comparação de parâmetros sugere a necessidade de representar a aversão que modos não motorizados e a moto possuem para os indivíduos de alta renda, assim como sua atração pela utilização do carro. Apesar do valor do tempo já ser o mais elevado para o grupo de alta renda, esse fator por si só não foi suficiente para representar a afinidade com o carro, já que os outros modos são mais baratos e tão rápidos quanto o carro. Verifica-se na pesquisa OD de 1996 que o grupo de baixa renda possui 8% de seus deslocamentos realizados com o carro, enquanto o grupo de alta renda

desloca-se 63% das vezes utilizando o carro, o que ajuda a justificar o porquê desses parâmetros serem tão elevados para essa alta renda.

Esses quatro comportamentos foram verificados nos dois anos da análise e constituem o produto da validação estática dos modelos de transporte. Para a validação da evolução comportamental chama atenção o fato da maioria dos *penal factors* terem aumentado para os pedestres e para os ônibus/vans, enquanto a maioria deles reduz para os modos motorizados individuais. Neste período, verificou-se um aumento significativo na posse de veículos motorizados individuais muito mais acentuado do que o crescimento populacional e uma estagnação do uso do transporte coletivo (ver discussão da Figura 20). Como visto, a posse do veículo é determinante na escolha do modo de deslocamento, portanto, assumindo que esse comportamento se manteve entre 2000 e 2015 é correto dizer que a população de Fortaleza de todos os níveis de renda passou a utilizar mais os veículos motorizados individuais em seus deslocamentos. Dessa forma, é lógico esperar pelas alterações dos parâmetros na forma em que ocorreram. Vale a pena ressaltar, a redução da penalização para o metrô, já que a instalação do metrô linha Sul pode ter favorecido uma maior atratividade pelo transporte coletivo.

Observa-se assim que há evidências fenomenológicas que justificam as magnitudes e as modificações comportamentais ocorridas nos parâmetros. Diferentemente do processo de calibração dos modelos de uso do solo em que foram inseridos parâmetros de entrada, depois foi executado um algoritmo de otimização e só então buscou-se evidências no fenômeno para justificar os parâmetros; nos modelos de transportes a calibração manual permite que esse fenômeno seja incorporado também ao processo de calibração. Dessa forma, esses comportamentos aqui apresentados acompanharam e nortearam o processo de calibração, já que em um modelo LUTI a diversidade de parâmetros faz com que diversas combinações deles possam gerar resultados satisfatórios de medidas de desempenho.

## 6.9 Projeção do cenário 2015

O método de validação é finalizado a partir da projeção do cenário de 2015 tendo como cenário base o cenário de 2000. Diferentemente das projeções tradicionais para avaliar alternativas de solução, em que se assume que o comportamento dos usuários não se altera; nesta projeção serão utilizadas todas as informações pertinentes e obtidas a partir da calibração e validação estática do cenário de 2015, como: 1) quantidade dos setores transportáveis por tipo e por zona; 2) quantidade dos setores não-transportáveis por tipo e por zona; 3) coeficientes intersetoriais calibrados; 4) parâmetros dos modelos de uso do solo e transportes calibrados e calibrados estaticamente, representante que os usuários modificaram seu comportamento; e 5) alterações na oferta do sistema de transporte, como vias e rotas de ônibus. Em resumo, apenas 2 elementos são diferentes neste cenário do que no cenário estático de 2015: a desutilidade de deslocamento utilizada como atributo das decisões locais (variável  $t_{ij}^m$  da Figura 47); e o preço sombra dos solos (variável  $h_j^m$  da Figura 47) calibrado em 2000 e que continua válido para todos os cenários projetados a partir desse cenário base. Durante a calibração e validação do cenário de 2015 estático, essa desutilidade é obtida a partir da execução do modelo de transporte de uma rede vazia do próprio ano de 2015. Nessa projeção, essa desutilidade será

produto da rede congestionada de 2000 calibrada e validada estaticamente, como se propõe na Figura 41, em que o ST de um período apenas impacta o SUS no ano seguinte.

Os dois cenários de 2015 são comparados a partir das medidas das inter-relações entre os subsistemas urbanos: a medida de impacto do SA e do SUS sobre o ST, denominada de fluxos dos setores (variável  $X_{ij}^m$  da Figura 47) no ano 2015, que são as relações espacializadas entre os setores transportáveis; e a desutilidade de transportes no ano 2015, que representa a dificuldade de deslocamento entre um par de zonas de uma determinada categoria de transportes e que impacta o SUS no ano seguinte. Essas duas medidas de desempenho foram comparadas por meio de medidas de tendência central, de dispersão, além da correlação linear e da calibração de um modelo linear em que a variável dependente são os valores das variáveis obtidos no cenário projetado e a independente era a mesma variável, do mesmo par OD, obtida no cenário estático, considerando intercepto igual a zero.

Quanto aos fluxos dos setores (Figura 48), percebe-se a maior diferença sobre o setor educacional e sobre a população de média renda. Nos demais setores, as modificações nos percentis e nas médias não passam de 0,2. Quanto a variabilidade dos fluxos entre os pares OD os setores de serviços e da população de alta renda são aqueles em que ocorrem a maior variação ocasionados por modificações do desvio padrão e manutenção da média. Quanto à comparação zona a zona, observa-se que há uma tendência de proporcionalidade entre os dois valores encontrados com correlações acima de 0,7 em todos os setores. Analisando os modelos calibrados, percebe-se que há uma maior tendência de redução do valor do fluxo em cada zona no cenário projetado do que no cenário estático, já que o coeficiente calibrado é menor que 1,0, com exceção do setor populacional de alta renda.

Quanto às desutilidades de deslocamento (Figura 49), percebe-se as maiores diferenças atuam sobre a categoria “trabalho alta renda”. Nos demais setores, as modificações nos percentis e nas médias não passam de 0,5. A variabilidade dessas desutilidades praticamente se mantém constante. Na comparação zona a zona, observa-se que há uma tendência de proporcionalidade entre os dois valores encontrados com correlações acima de 0,7 na maioria dos setores, com exceção da categoria “trabalho baixa renda cativa”. Os modelos calibrados indicam uma tendência de encontrar os mesmos valores de desutilidade, já que o coeficiente estimado está próximo ao valor de 1,0 (e o intercepto é zero) e a medida de R2 também se aproxima de 1,0 para todos os setores.

Quando se analisam os fluxos dos setores (resultado direto das decisões locais), verifica-se que a modificação dos atributos que interferem na decisão locacional (preço sombra e desutilidade) criam um cenário de 2015 projetado que difere ligeiramente daquele encontrado a partir do cenário estático. Apesar dessas decisões gerarem um padrão de escolhas locais distinto e que possíveis consequência sobre os fluxos OD, verifica-se que a alocação desses fluxos OD na rede de transportes resultam em desutilidades praticamente idênticas entre os dois cenários. Essa projeção de um salto temporal de 15 anos pode ter sido demasiada longa para o modelo conseguir prever o comportamento das decisões locais tão bem quanto as desutilidades, sugere-se assim que esses intervalos sejam reduzidos (por exemplo, com o uso de 3 cenários espaçados em 5 anos), de tal forma, que as alterações nas desutilidades possam

ser incorporadas paulatinamente nas decisões locacionais até se chegar ao cenário horizonte desejado.

Figura 48 - Comparação dos fluxos dos setores

		COM	SER	EDU	CAT	BR	MR	AR
2015 - ESTÁTICO	25%	0,2	0,2	0,3	0,3	0,1	0,1	0,0
	50%	1,0	1,5	2,5	1,5	0,5	0,9	0,1
	75%	4,1	6,4	10,7	5,1	1,6	3,3	0,7
	MÉDIA	5,5	9,6	14,8	6,2	1,8	4,0	1,3
	DESV-PAD	26,6	70,6	73,3	30,8	8,6	18,6	10,0
	CV	484%	733%	495%	499%	478%	461%	789%
2015 - PROJETADO	25%	0,2	0,1	0,1	0,3	0,0	0,1	0,0
	50%	1,1	1,3	4,1	1,5	0,4	0,6	0,1
	75%	4,2	6,2	15,5	5,3	1,5	2,8	0,6
	MÉDIA	5,5	9,6	14,8	6,2	1,8	4,0	1,3
	DESV-PAD	22,9	53,1	60,4	22,2	8,1	19,9	12,1
	CV	417%	551%	408%	360%	450%	494%	954%
CORRELAÇÃO		0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9
b		0,7	0,6	0,6	0,6	0,7	0,9	1,1
R2		0,6	0,7	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7

Figura 49 - Comparação das desutilidades de deslocamento

		TRAB CAT	TRAB BR	TRAB MR	TRAB AR	EDU	OUT
2015 - ESTÁTICO	25%	3,0	2,1	4,9	7,2	2,8	3,3
	50%	3,5	2,5	6,4	10,1	3,5	4,3
	75%	4,4	3,0	8,3	13,5	4,3	5,5
	MÉDIA	3,8	2,6	6,8	10,6	3,6	4,6
	DESV-PAD	1,3	0,7	2,6	4,5	1,2	1,8
	CV	35%	26%	38%	42%	33%	40%
2015 - PROJETADO	25%	2,9	2,2	5,0	8,4	2,8	3,3
	50%	3,6	2,7	6,7	11,9	3,6	4,4
	75%	4,6	3,3	8,9	15,7	4,5	5,7
	MÉDIA	4,0	2,8	7,1	12,2	3,7	4,7
	DESV-PAD	1,6	0,8	2,9	5,1	1,3	2,1
	CV	39%	29%	41%	41%	35%	44%
CORRELAÇÃO		0,5	0,7	0,8	0,9	0,8	0,7
b		1,0	1,1	1,0	1,1	0,9	1,0
R2		0,9	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0

## 6.10 Cenário tendencial

Os coeficientes intersetoriais foram alterados considerando novas quantidades de empregos, matrículas e domicílios, assumindo as mesmas alterações absolutas ocorridas entre 2000 e 2015: aumento de 226 mil empregos, de 95 mil matrículas e de 232 mil domicílios. Os domicílios foram subdivididos por tipo de acordo com os percentis estabelecidos em toda a modelagem: 60% são a população de renda baixa, 30% a população de renda média e 10% a

população de renda alta. A baixa renda cativa que representava 55% de toda a população em 2000, passou em 2015 a representar 46%, dessa forma, para 2030 foi considerado que 38% da população era baixa renda cativa e 22% era baixa renda não cativa, assumindo a mesma modificação absoluta do percentual entre os cenários. Para os empregos, a tendência de aumento dos empregos industriais, comerciais e de serviços foram mantidos, enquanto reduziu-se o número de empregos da administração pública. Também foram consideradas alterações lineares para as relações expressas pelos coeficientes tendo sido obtidos os coeficientes apresentados na Tabela 22 para o ano de 2030.

Tabela 22 - Coeficientes intersetoriais para 2030

	IND	ADM	COM	SER	EDU	CAT	BR	MR	AR
IND									
ADM									
COM						0,438	0,058	0,356	0,889
SER						0,628	0,090	0,778	1,408
EDU						1,071	1,071	0,508	1,013
CAT	0,369	0,275	0,284	0,186	0,015				
BR	0,221	0,165	0,170	0,112	0,009				
MR	0,244	0,440	0,182	0,142	0,037				
AR	0,058	0,357	0,044	0,036	0,020				

Para representar o comportamento nas decisões locacionais, não foram alterados os *factors price*, mas foram reduzidas as elasticidades proporcionalmente ao que se verificou nos dois cenários iniciais, de tal forma, que isso favorece ainda mais o consumo das atividades em regiões cada vez mais distantes. As elasticidades e os *factors price* adotados são apresentados na Tabela 23. Já no comportamento de decisão de consumo de solo foram mantidos os consumos mínimos e máximos, enquanto foram alteradas as elasticidades e penalidades de consumo também seguindo a mesma proporcionalidade de alteração ocorrida entre 2000 e 2015 apresentados na

Tabela 24. Além disso, o solo disponível para consumo foi aumentado e reduzido linearmente em cada zona e em cada tipo, finalizando as modificações no subsistema de uso do solo. Além das alterações na oferta do subsistema de transportes, os parâmetros foram modificados para que fossem mantidas as modificações nos comportamentais observadas, especificamente: 1) desinteresse pelos modos não motorizados; 2) desinteresse pelos modos coletivos; 3) maior interesse pelos modos motorizados individuais.

Tabela 23 - Elasticidades da decisão locacional em 2030

	COM	SER	EDU	CAT	BR	MR	AR
Elasticidade	0,36	0,36	0,14	0,26	0,14	0,24	0,37

Tabela 24 - Elasticidades e penalidades do consumo de solo em 2030

ELAST	IND	COM	SER	CAT	BR	MR	AR
RBI				0,27	0,27	0,08	0,09
RAI					0,02	0,04	0,02
NRBI	0,10	0,12	0,06				
NRAI		0,33	0,30				
PENALTY	IND	COM	SER	CAT	BR	MR	AR
RBI				1,00	2,26	1,01	1,46
RAI					4,39	4,88	1,59
NRBI	1,00	0,18	1,47				
NRAI		1,80	2,71				

### 6.11 Considerações finais

As projeções são recorrentemente utilizadas em esforços de planejamentos do subsistema de transportes como ferramentas de previsão de um futuro modificado pelas soluções. Esses resultados são muitas vezes utilizados como verdades inquestionáveis em que a matemática (e todas suas equações e modelos) toma o papel de “juiz e carrasco” dessas alternativas de solução. No paradigma atual do planejamento urbano integrado entre uso do solo e transportes, são reconhecidas as fragilidades desses modelos e seus limites em produzir resultados fidedignos da realidade. Reconhece-se que no melhor dos casos conseguem produzir resultados adequados de simplificações da realidade, além disso, defende-se que atuem para ajudar em um ambiente de diálogo e cooperação para os atores que participarem deste processo.

Neste ambiente de planejamento, a calibração ganha novos objetivos, em que seu método deve estar alinhado com as necessidades desse planejamento. Neste esforço, buscou-se um método voltado a obtenção das medidas de acessibilidade da população de baixa e alta rendas, que terão relevante participação no diagnóstico estratégico das desigualdades da acessibilidade em Fortaleza. Além disso, essa tentativa de representar essa realidade tão complexa não pode ser utilizada apenas com o propósito de coletar dados, mas pode (e deve) fornecer informações sobre o comportamento dos usuários dos subsistemas de uso do solo e de transportes; fundamental ao diagnóstico estratégico, pois pode auxiliar a entender como que essas modificações de comportamento influem no aumento (ou redução) dos problemas analisados. Essa compreensão será tema de debate da etapa de “evolução passada da problemática” do capítulo a seguir.

A etapa de validação, reconhecida pela literatura como indispensável a utilização de qualquer modelo, tem sido negligenciada nas aplicações dos modelos LUTI. No caso específico do modelo Transus não foram encontrados relatos que apontem qualquer tentativa validá-lo considerando toda sua complexidade. A dificuldade em obter (e manusear) dados para um cenário de análise já é suficientemente complexo, se o esforço de validação demanda dados para outro cenário essa dificuldade é ampliada podendo inviabilizar a tentativa de validação. Reconhece-se que um esforço estático de calibração e validação do modelo pode gerar segurança suficiente na aplicação de um modelo para que dele sejam extraídas as informações pertinentes ao planejamento ou análises de problemáticas; entretanto defende-se que a projeção

de cenários, demanda uma maior acurácia da validação do modelo, exigindo pelo menos dois cenários de análise.

Na aplicação para Fortaleza, entende-se que há um conjunto de resultados satisfatórios de validação comportamental e quantitativa que permite a esta pesquisa continuar a utilizar os modelos da seguinte forma: 1) o cenário estático de 2015 será aquele utilizado na coleta de dados para o diagnóstico das desigualdades da acessibilidade na situação presente, uma vez, que a calibração e validação deste cenário possuem uma maior quantidade de medidas de desempenho comparadas, indicando maior confiabilidade na utilização de seus resultados do que no cenário projetado; 2) pelo mesmo motivo, defende-se a utilização do cenário estático de 2000 para a avaliação das desigualdades da acessibilidade na situação passada; 3) a partir do cenário 2015 será projetado o cenário 2030 para que possa ser avaliada a desigualdade do Tipo C, ou geracional, entretanto, só interessa a esta análise as desutilidades projetadas para esse cenário, que, como visto nesta seção, possuem bom nível de ajuste mesmo quando projetadas.

## 7 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo, será realizado o diagnóstico estratégico dos três tipos de desigualdades socioespaciais na acessibilidade em Fortaleza. A estrutura do capítulo é similar à proposta metodológica, mas aglutina algumas das etapas para favorecer a leitura. O capítulo está subdividido em duas partes interligadas, a caracterização (seção 7.1) em que serão discutidas as situações presente e passada das desigualdades Tipo A e Tipo B e das restrições da acessibilidade; enquanto no diagnóstico (seção 7.2) será analisada a desigualdade Tipo C, a partir de uma análise das relações de dependência entre a acessibilidade e suas restrições, que embasará a projeção da problemática em um cenário tendencial de análise.

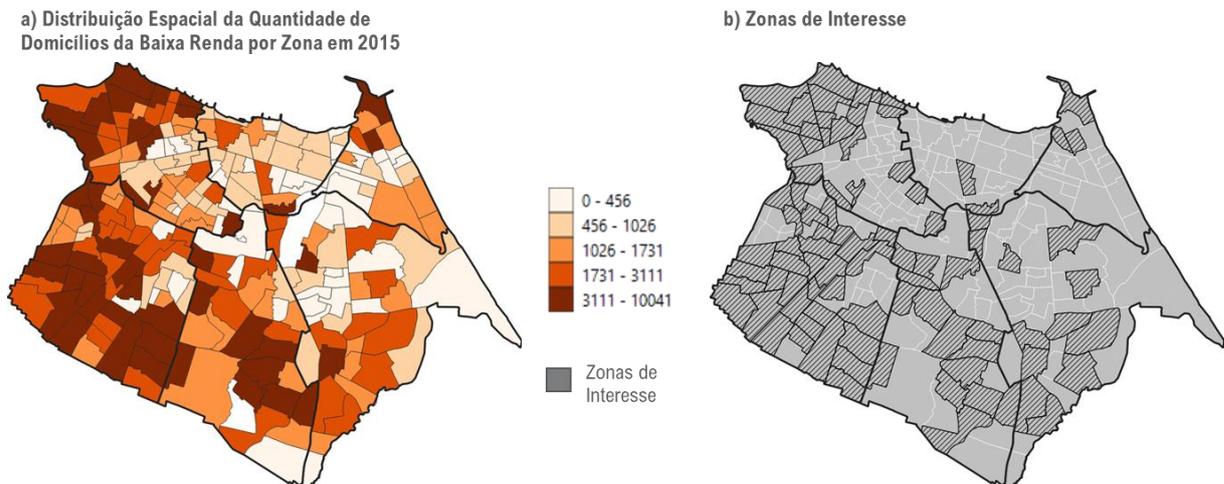
### 7.1 Caracterização da problemática

A acessibilidade, por ser um produto das inter e intra relações de três subsistemas urbanos: atividades, uso do solo e transportes; torna-se um elemento de complexa, mas necessária mensuração. Reconhecer como a capacidade de acessar atividades diferencia-se no espaço e pelas características socioespaciais é o propósito desta caracterização. Nesta análise, a população de baixa renda de Fortaleza será o grupo de interesse, por ser aquela que possui elementos restritivos mais acentuados. Essa população corresponde a 60% dos domicílios de renda mais baixa da cidade, as quais serão foco da descrição da desigualdade espacial - Tipo A - (seção 7.1.2). Durante a descrição da desigualdade socioespacial - Tipo B - (seção 7.1.3), a acessibilidade desse grupo de baixa renda será comparada a da alta renda, grupo que compreende 10% dos domicílios mais ricos.

#### 7.1.1 Identificação das zonas de interesse

Os quase 430 mil domicílios de baixa renda em 2015 foram distribuídos nas zonas de análise (Figura 50.a). Dessas zonas, 89 foram selecionadas para serem as zonas de interesse do diagnóstico (Figura 50.b), as quais aglomeram 38% das zonas da cidade e possuem 74% dos domicílios de baixa renda. Elas que possuem quantidade de domicílios acima do valor médio esperado por zona, de 1777 domicílios e, portanto, a baixa renda encontra-se mais concentrada. Percebe-se que praticamente todas as zonas de interesse estão localizadas nas regiões periféricas. Destacam-se a região Sudoeste, que tem praticamente todas as suas zonas como sendo de interesse, e a região Nordeste das quais apenas três foram incluídas como zonas de interesse, apesar de ser uma região periférica da cidade.

Figura 50 - Identificação das zonas de interesse



### 7.1.2 Descrição da desigualdade Tipo A

A média da acessibilidade provida para a população de baixa renda ao trabalho (considerando cada zona como 1 observação) é de 0,472 em 2015. Apesar desse indicador não possuir uma unidade, é possível com ele realizar algumas comparações de interesse para essa caracterização. Observa-se que a média da acessibilidade da população de baixa renda (considerando cada domicílio 1 observação) é de 0,442, portanto 6% menor que aquela calculada com as zonas, o que indica uma maior quantidade de domicílios de baixa renda nas regiões com os menores níveis de acessibilidade. Em 2000, essa comparação resulta em um indicador 5% menor. Os histogramas da acessibilidade por domicílio (Figura 51) permitem verificar que existe uma distribuição simétrica em 2000 e uma positiva em 2015. Ambos os resultados sugerem uma discreta redução da migração da população de baixa renda para as áreas com as piores acessibilidade.

Pelos histogramas é possível verificar que a acessibilidade tem se reduzido. Esse resultado é fortemente influenciado pela redução da oferta de emprego quando comparada à demanda por essa atividade, relação incorporada no numerador do indicador de acessibilidade. Em 2015 essa razão era de 1,61, enquanto em 2000 foi de 1,86, ocorreu, portanto, uma redução de 13% entre os dois anos da análise. Essa razão, que é única para todas as zonas, mas variável entre os anos da análise, pode ter influenciado para que a média da acessibilidade provida para a população de baixa renda caísse 23%; sugerindo que outros fatores devem também ter contribuído para reduzir a acessibilidade da cidade.

Em uma análise com agregação espacial (Figura 52), percebe-se que em 2015 as regiões Central e Nordeste são as que possuem as maiores acessibilidades providas para a baixa renda, enquanto a região Sul destaca-se como aquela com menor acessibilidade. Uma razão entre as regiões de melhor e pior acessibilidade apontam ganham médio de 28% na acessibilidade daqueles que residem na região Central, em comparação aqueles que residem na região Sul. Em 2000, as regiões de maior acessibilidade também eram a Central e a Nordeste, enquanto as piores regiões eram a Sul, Sudeste e Sudoeste, verifica-se assim uma melhoria da acessibilidade nas duas últimas regiões quando comparadas à região Sul. Na região Sudoeste tendo ocorrido maior investimentos na rede de transporte coletivo e na Sudeste maior

investimento na malha viária, mas que pode ter favorecido o deslocamento mais rápido do transporte coletivo. A razão entre as regiões de maior e menor acessibilidade fica praticamente constante em 26%, o que sugere uma continuidade das condições das desigualdades espaciais.

Figura 51 - Histogramas da acessibilidade da baixa renda para 2015 e 2000

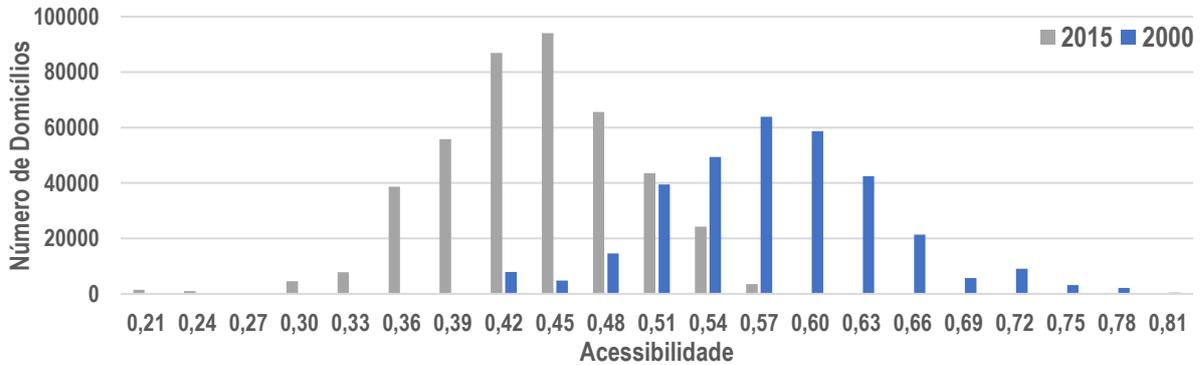
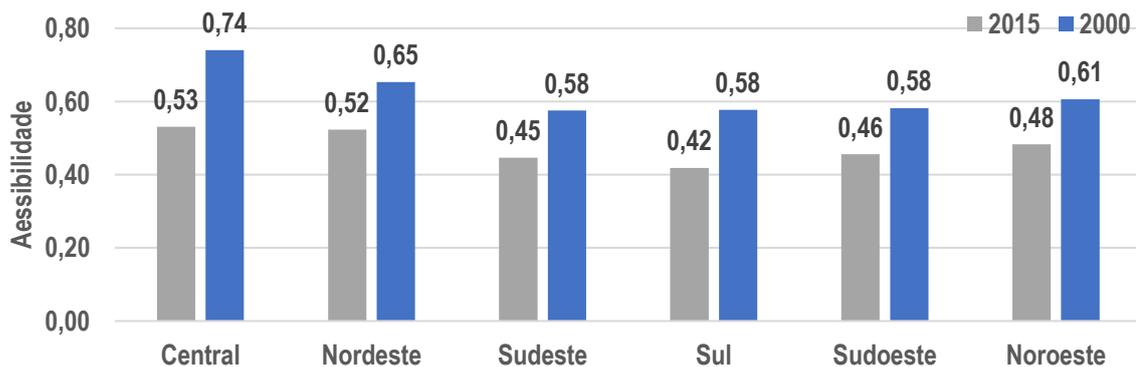


Figura 52 - Acessibilidade média da baixa renda por região para 2015 e 2000



As regiões Sudeste e Sul destacam-se por possuírem os maiores coeficientes de variação, 14%, indicando maior heterogeneidade de acesso; enquanto a região Nordeste é a que possui menor heterogeneidade com 5% de coeficiente de variação. Em 2000, a região Sudeste continua possuindo o maior coeficiente de variação, 13%, enquanto o menor, 5%, foi verificado na região Central. Com exceção da região Nordeste, cujo coeficiente passou para 6%, todas as outras regiões possuíam menor variabilidade nos níveis de acessibilidade, indicando que podem ter acontecido modificações no uso do solo e nos transportes que tenham afetado parcialmente essas regiões, sugere-se aqui que essas modificações tenham vindo a favorecer as zonas mais próximas à região Central, em detrimento daquelas que estão na periferia da cidade.

Em 2015, verifica-se uma concentração das zonas com os melhores níveis de acessibilidade dentro ou próximas à região Central, sendo essa a região com maior oportunidades de emprego na capital cearense (Figura 53). Destaca-se ainda uma maior concentração de zonas com acessibilidade intermediária na região Sudoeste do que na região Sudeste, sendo a primeira a área da cidade servida por diversos terminais de transporte coletivo. Destaca-se ainda que as zonas com os melhores níveis praticamente não coincidem com as

zonas de interesse, indicando distanciamento da população de baixa renda das zonas com melhor acessibilidade.

Quando se observa a acessibilidade no ano 2000 utilizando as divisões de classe dos quintis de 2015 (Figura 53), verifica-se uma melhoria significativa da acessibilidade em praticamente todas as zonas, decorrente da melhor razão entre oportunidades de empregos e domicílios existente na capital no começo do século XXI. Entretanto, a subdivisão do mapa em quintis do ano 2000, indicam que desigualdade espacial na acessibilidade já existia nesse período (Figura 54). Com um padrão espacial de aglomerados de alta acessibilidade mais evidente em 2000 do que em 2015, a dependência espacial reduziu de 2000 para 2015, já que não é possível observar um único aglomerado de zonas com altos valores de acessibilidade na região Central. O aumento dessa heterogeneidade por ter sido provocada pelo incremento dos níveis de congestionamento na rede de transporte coletivo desta região, comprometendo os elevados níveis de acessibilidade da região.

Figura 53 - Distribuição espacial da acessibilidade da baixa renda para 2015 e 2000

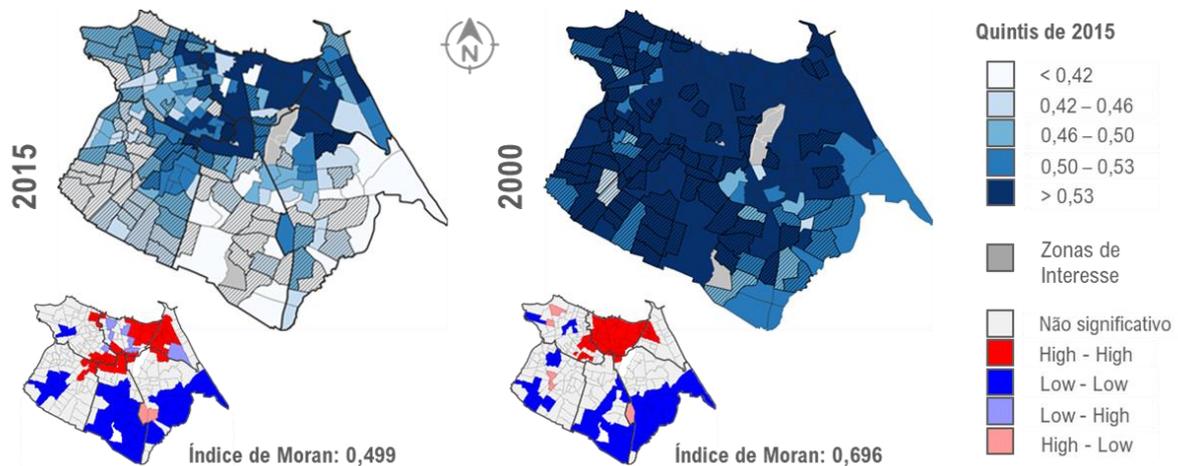
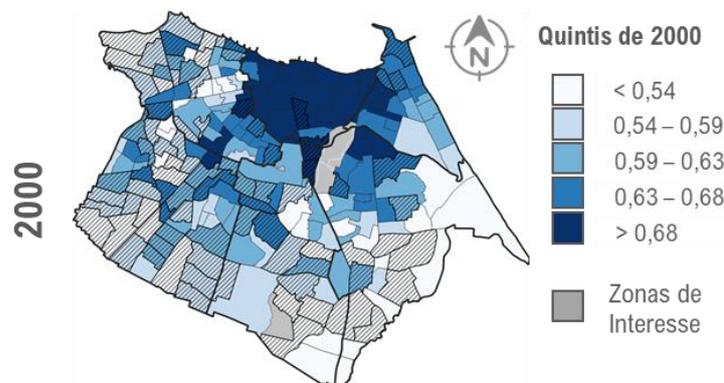


Figura 54 - Distribuição espacial da acessibilidade da baixa renda para 2000



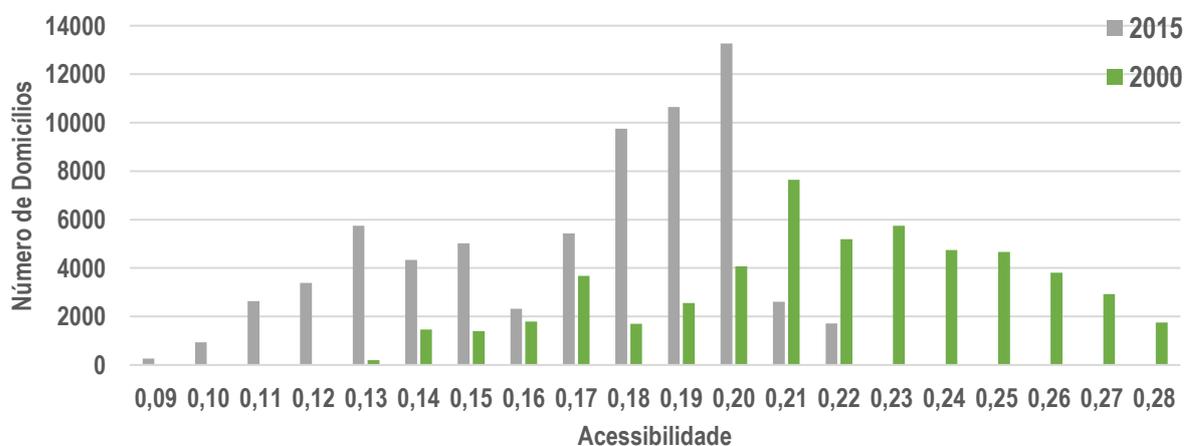
As regiões periféricas já sofriam com níveis de acessibilidade mais reduzidos, sendo as zonas limítrofes da cidade aquelas em que se verificam os níveis de acessibilidade mais baixos. Entre 2000 e 2015 e considerando as seis regiões de análise, não foram verificadas grandes modificações na configuração das desigualdades espaciais na acessibilidade. Existe

uma redução no nível de acessibilidade geral da cidade, mas provocado principalmente pela razão entre oportunidades de empregos e número de domicílios. Entretanto, em ambos os anos, verifica-se as regiões periféricas piores que a região Central e com uma população de baixa renda concentrando-se nas zonas com os piores níveis de acessibilidade, o que permite hipotetizar que as políticas públicas aplicadas neste período não foram suficientes para promover uma melhoria da acessibilidade nas regiões que residem a baixa renda, ou na tentativa de deslocá-los para regiões com melhor acessibilidade.

### 7.1.3 Descrição da desigualdade Tipo B

Se para avaliar a desigualdade da acessibilidade Tipo A era suficiente analisar a acessibilidade da população de baixa renda; na análise da desigualdade do Tipo B ela será comparada com a acessibilidade da alta renda. A primeira diferença é verificada na comparação da acessibilidade média da população com a acessibilidade média das zonas: em 2015, a primeira é 11% maior que a segunda; enquanto em 2000, esse percentual é de 12%. Por sua vez, verifica-se que as duas distribuições são assimétricas negativas (Figura 55 -). Esses resultados sugerem que a população de alta renda está concentrada em quantidade maior nas áreas de melhor acessibilidade.

Figura 55 - Histogramas da acessibilidade da alta renda para 2015 e 2000

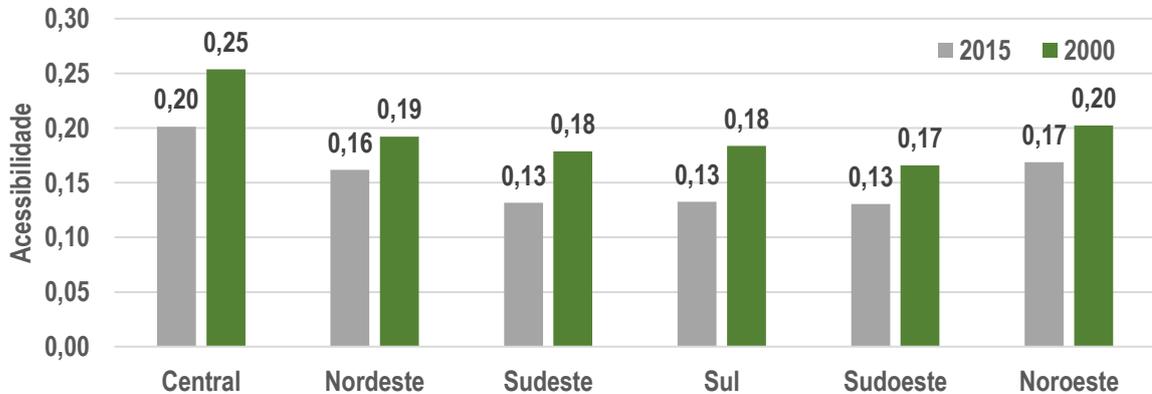


Da mesma forma que na baixa renda, a acessibilidade média da alta renda reduziu. A redução de 14% no numerador do indicador de acessibilidade também afeta uniformemente a acessibilidade da alta renda. Entretanto, a redução da acessibilidade deste grupo foi de 21%, discretamente menos intensa do que a da baixa renda e indicando a presença de outros fatores, além da competitividade global pelas oportunidades de empregos, que são responsáveis por essa alteração.

Espacialmente (Figura 56), a região Central destaca-se em 2015 como a região de maior acessibilidade média para a alta renda, enquanto a região Sudoeste, Sudeste e Sul configuram-se como as de menor acessibilidade. Destaca-se que a razão entre a acessibilidade das regiões de maior e menor acessibilidade em 2015, aponta um ganho de 53% nos níveis de acessibilidade daqueles que residem na região com maior provisão de acesso. Em 2000, não há

modificação na definição de quem são as melhores e as piores região, enquanto a razão entre a região de maior e menor acessibilidade passa a ser de 54%.

Figura 56 - Acessibilidade média da alta renda por região para 2015 e 2000



A região Sul apresenta-se em 2015 como aquela que possui o maior coeficiente de variação da acessibilidade para a alta renda, de 20%, enquanto a região Central é a que possui a menor variação, 6%. Em 2000, a região Sudeste era aquela em que se verificava a maior variação, de 16%, enquanto a menor também era a região Central, com 7% de coeficiente de variação. Praticamente, existe uma estabilização dessa variação entre 2015 e 2000, com exceção da região Sul que passou de 15% em 2000, para 20% em 2015. Essa estabilização da variação, indica que as modificações providas no uso do solo e nos transportes devem ter impactado a acessibilidade de uma região uniformemente entre as zonas.

Em 2015, também existe para a alta renda uma concentração das zonas com os melhores níveis de acessibilidade na região Central (Figura 57). Destaca-se ainda um espalhamento na cidade de zonas com boa acessibilidade ao longo de importantes eixos viários de alta capacidade da cidade, como BR 116 (localizada no limite entre região Sul e Sudeste), avenida José Bastos (localizada na parte central da região Sudoeste) e avenida Bezerra de Menezes e Leste-Oeste (localizadas na região Noroeste). Destaca-se ainda que as zonas de interesse coincidem com as zonas de piores níveis de acessibilidade para a alta renda.

O padrão espacial da acessibilidade no ano 2000 utilizando os quintis de 2015 (Figura 57), apontam para uma melhoria significativa da acessibilidade em praticamente todas as zonas, decorrente da melhor razão entre oportunidades de empregos e domicílios. Entretanto, a subdivisão do mapa em quintis do ano 2000, indicam um padrão espacial muito similar ao que se verifica em 2015 (Figura 58), padrão este que reforça as desigualdades espaciais para a alta renda e colocam a região Central como a única capaz de prover as melhores de condições de acessibilidade para esta população. Com um padrão espacial de aglomerados similar nos dois anos da análise, a dependência espacial da acessibilidade praticamente não se altera, entretanto, destaca-se a eliminação de um aglomerado de baixos níveis de acessibilidade na região Noroeste, apontando para um padrão espacial em que o Norte da cidade possui melhor acessibilidade que o Sul.

Figura 57 - Distribuição espacial da acessibilidade da alta renda para 2015 e 2000

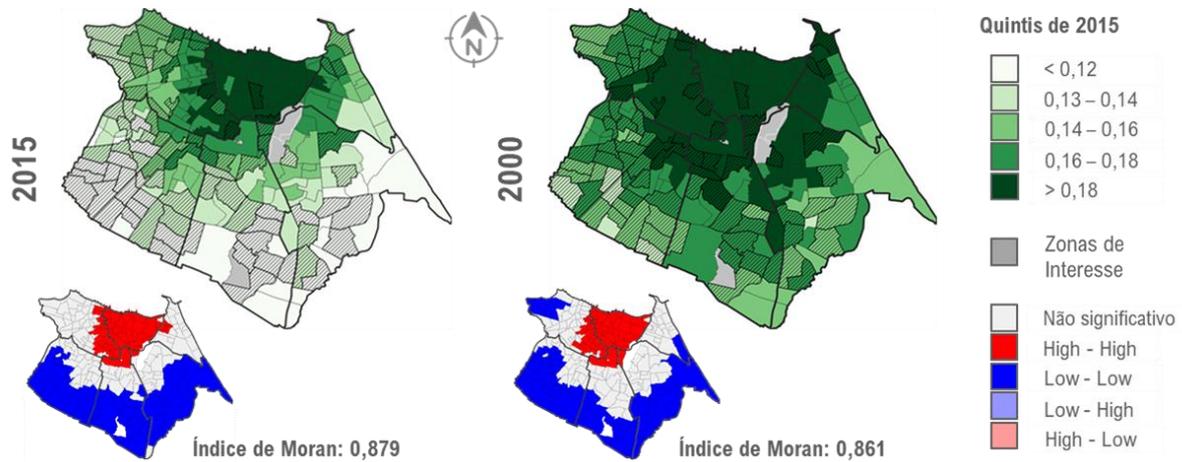
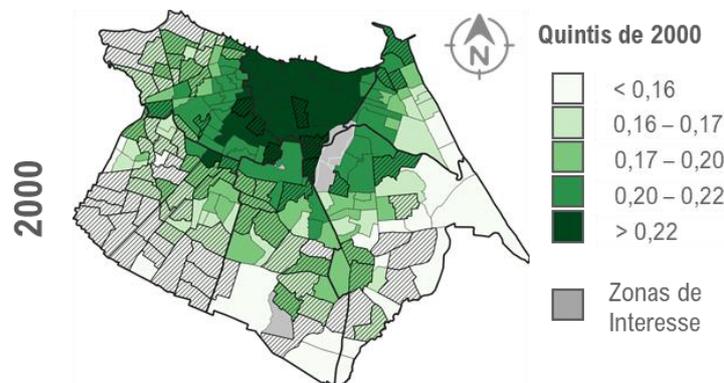


Figura 58 - Distribuição espacial da acessibilidade da alta renda em 2000



Esses resultados poderiam indicar que a desigualdade espacial experimentada pela alta renda é mais acentuada do que a da baixa renda, entretanto a população de baixa renda concentra-se justamente nas regiões com os piores níveis de acessibilidade, enquanto a alta renda possuirá uma concentração mais intensa nas regiões de alta acessibilidade. A presença significativa da alta renda em regiões de menor acessibilidade já é efeito do espraiamento urbano a que essa população se impõe. Entretanto, esse grupo não possui restrições financeiras que o impeça de retornar às regiões de alta acessibilidade, enquanto a população de baixa renda precisa fazer isso por meio de assentamentos precários, ou com o apoio do governo.

#### 7.1.4 Descrição das restrições

Caracterizados os problemas de desigualdades Tipo A e Tipo B, parte-se agora para a caracterização das restrições da acessibilidade (consequentemente de suas desigualdades) focando em restrições relativas ao uso do solo, dando ênfase aquelas originadas do processo denominado de *spatial mismatch* entre empregos e população (seção 7.1.4.1); e aquelas provenientes de ineficiências na provisão da oferta do sistema de transportes (seção 7.1.4.2), especialmente nos elementos que possam influenciar o acesso e o deslocamento dentro do veículo, sem se ater a questões relativas à difusão. É válido destacar que esta análise não se propõe a ser uma avaliação *ex-post* de alternativas de solução ocorridas entre 2000 e 2015, mas

sim uma análise de caracterização das restrições nos dois anos da análise sem que isso signifique necessariamente que ocorreram intervenções públicas nesse sistema capaz de modificar essas restrições.

#### 7.1.4.1 Restrições do uso do solo

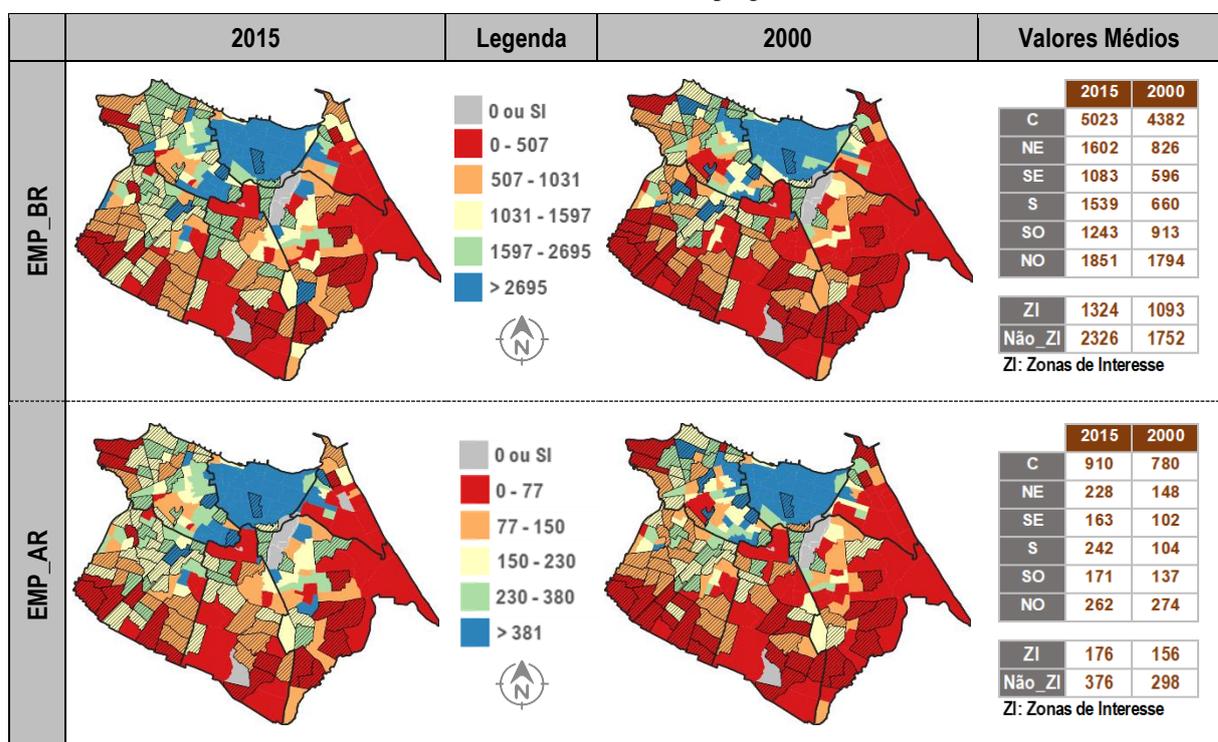
O *spatial mismatch* é um fenômeno que para ser caracterizado precisam ser avaliadas duas localizações: a localização daqueles que desejam trabalhar (aqui representados pelos domicílios), assim como a localização das oportunidades de empregos. Dessa forma, o distanciamento entre essas duas regiões agrava o *spatial mismatch* e pode impactar negativamente na acessibilidade. Além disso, se uma zona possuir uma relação entre oportunidades de emprego (oferta) e domicílios (demanda) alta, talvez os moradores desses domicílios não precisem ir em busca de empregos em outras zonas, dessa forma, o *spatial mismatch* dessa zona seria reduzido por conta de um bom mix de usos e espera-se que a acessibilidade seja mais elevada. Por fim, em zonas em que o mix de usos seja similar, aquela que possuir maior quantidade de oportunidades de emprego, ou menor quantidade de domicílios, possivelmente deverá ter melhores condições de acessibilidade, já que a competitividade por essas oportunidades é reduzida. Essas hipóteses de causalidade entre elementos do *spatial mismatch* e a acessibilidade irão nortear as análises a seguir. A ordem das cores nos mapas a seguir serão alteradas de acordo com o sentido da hipótese descrita, de tal forma, que azul sempre inclua as zonas em que se espera as maiores acessibilidades e vermelha nas zonas em que se espera as menores acessibilidades. Todos os mapas foram construídos considerando como limites das classes os quintis de 2015.

Verifica-se que a distribuição espacial das oportunidades de empregos, sejam aqueles destinos à população de baixa renda ou de alta renda (Tabela 25), em 2000, ou em 2015, possuem praticamente o mesmo padrão espacial: concentração na região Central, cuja densidade é aproximadamente 3 vezes maior para qualquer grupo e ano da análise do que qualquer outra região. Dessa forma, as zonas de interesse ficam fora das zonas do quintil de maior acessibilidade, possuindo uma oferta de empregos que é aproximadamente metade da oferta existente nas zonas que não são de interesse. Em todos os casos, a região Noroeste, apresenta-se como a segunda em concentração de oportunidades de emprego, apesar de ter uma concentração de empregos praticamente estável nos dois anos da análise. Destaca-se que as regiões Nordeste, Sudeste e Sul tiveram ganhos consideráveis do indicador, chegando a duplicar a oferta de empregos entre 2000 e 2015. Percebe-se assim uma redução da participação da região Central como área de aglutinação das oportunidades de empregos acompanhada por ampliação da participação do lado Leste da cidade nesse processo.

Enquanto as oportunidades de emprego se concentram na região Central em todos os casos, a demanda por eles não segue o mesmo padrão. A população de baixa renda (Tabela 26) concentra-se primordialmente do lado Oeste da cidade, fenômeno que se intensifica entre 2000 e 2015 com a chegada de novos moradores. No geral, essas áreas de maior concentração acabam por coincidir com grande parte das zonas de interesse, isso faz com que a concentração da população de baixa renda seja de 2 a 3 vezes superior do que nas zonas que não são de interesse. Apesar disso, o crescimento mais acentuado ocorre nas regiões Noroeste e Central em que a um aumento em torno de 49%. Esse fenômeno voltado para a alta renda segue um padrão

completamente distinto. A alta renda (Tabela 26) concentra-se na região Central, mas possui forte presença na região Nordeste tanto em 2015, quanto em 2000. Apesar do evidente aumento dessa concentração em praticamente todas as regiões, a zona Sudeste se destaca, pois cresceu 90% entre os 15 anos, caracterizando o movimento migratório de auto segregação da população de alta renda da região Central (que cresceu apenas 24%) para o Sudeste, em busca de edificações com menores densidades populacionais. Com isso, acabam reduzindo sua própria acessibilidade. Percebe-se que nas zonas de interesse a concentração da população de alta renda é entre 3 e 4 vezes menor que nas zonas que não são de interesse, caracterizando a formação de uma cidade espacialmente dividida entre baixa e alta renda.

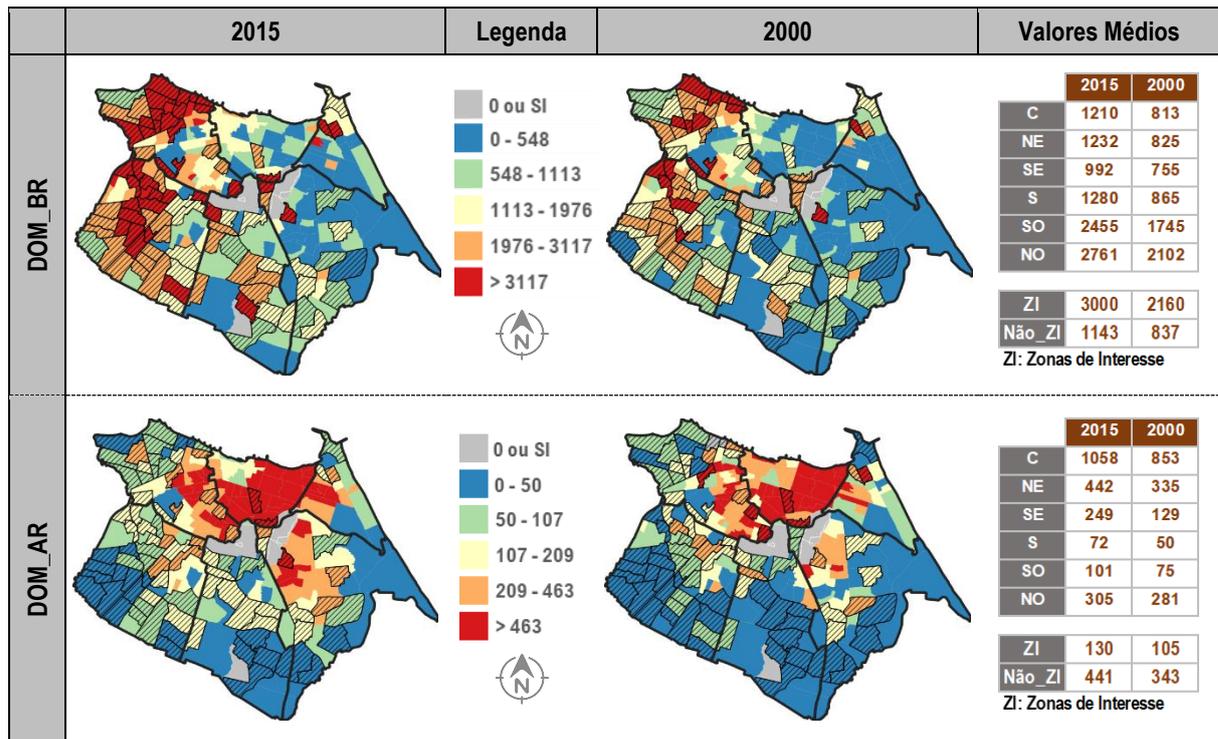
Tabela 25 - Oferta de empregos



A combinação das duas últimas restrições permite a construção da terceira restrição: a relação oferta/demanda por empregos, caracterizada com o uso do indicador mix de usos. Para a população de baixa renda (Tabela 27) a região Central destaca-se como a região de maior mix nos dois anos da análise, entretendo esta foi a única zona em que ocorreu uma redução acentuada do indicador entre 2000 e 2015, causada pela redução da participação da região na distribuição dos empregos. Entre as regiões periféricas, a Nordeste apresenta-se como aquela de maior oferta de empregos para seus residentes de baixa renda, enquanto a região Sudoeste configura-se como a pior. Nas zonas de interesse o mix de usos é entre 6 e 7 vezes menor que nas demais zonas, indicando que a maior parte desse grupo populacional precisa obrigatoriamente sair das suas zonas de residência em busca de oportunidades de emprego. Para a população de alta renda (Tabela 27) as regiões com melhor mix são as regiões Sul e a Sudoeste, áreas com baixa concentração desse grupo populacional. É interessante notar que esse mix piora entre 2000 e 2015 em praticamente todas as regiões, com exceção da região

Central, indicando que o deslocamento da alta renda para as regiões periféricas foi mais intenso do que o crescimento das oportunidades de empregos nessas regiões. Para esse grupo não é grande a variação entre o mix de usos nas zonas de interesse ou fora delas, indicando que não é a proximidade com a baixa renda que modifica a disponibilidade de empregos para a alta renda.

Tabela 26 - Demanda por empregos



A existência de uma cidade com multicentralidades não consegue eliminar a dependência espacial de residir próximo à região Central como o único fator capaz de reduzir as distâncias médias de deslocamento às oportunidades de emprego das centralidades da cidade. Tanto para a baixa (Tabela 28) como para a alta renda (Tabela 28) a região Central é aquela com menor distância a essas oportunidades nos dois anos da análise. Apesar da distribuição espacial ser praticamente a mesma, é possível observar entre 2000 e 2015 um aumento das distâncias às oportunidades de emprego a partir das regiões Central e Noroeste e uma redução a partir das regiões Sudeste e Sul. Destaca-se ainda que essas distâncias são sempre maiores para a baixa renda do que para a alta renda, sendo as distâncias médias a partir das zonas de interesse em torno de 25% superiores às das demais zonas, independente da renda e do ano.

Por essas descrições, percebe-se em Fortaleza uma situação de *spatial mismatch* entre oportunidades de empregos e população voltada (quase que exclusivamente) para a baixa renda. A forte presença (em termos absolutos e percentuais) desse grupo nas zonas da cidade não implica, nem em 2000 e nem em 2015, que existirá maior oportunidade de empregos, sendo as zonas de interesse aquelas com menores mix, menor concentração de oportunidade e maiores distâncias a essas oportunidades. Entretanto, a presença da alta renda nas zonas parece influenciar diretamente a decisão locacional das oportunidades voltadas para a baixa renda, pois

o recente processo de autoss segregação da alta renda para o lado Leste acontece simultaneamente com melhoria do mix de usos e redução das distâncias às oportunidades voltadas para a baixa renda. A alta renda, por sua vez, parece viver numa cidade à parte da baixa renda, em que as oportunidades de emprego estão concentradas justamente na região em que residem. Esse grupo é ainda favorecido quando reside nas regiões periféricas, pois já existem oportunidades de empregos instaladas para suprir sua demanda e ainda experimentam distâncias a suas oportunidades sempre inferiores às aquelas observadas para a baixa renda.

Tabela 27 - Relação oferta/demanda de empregos

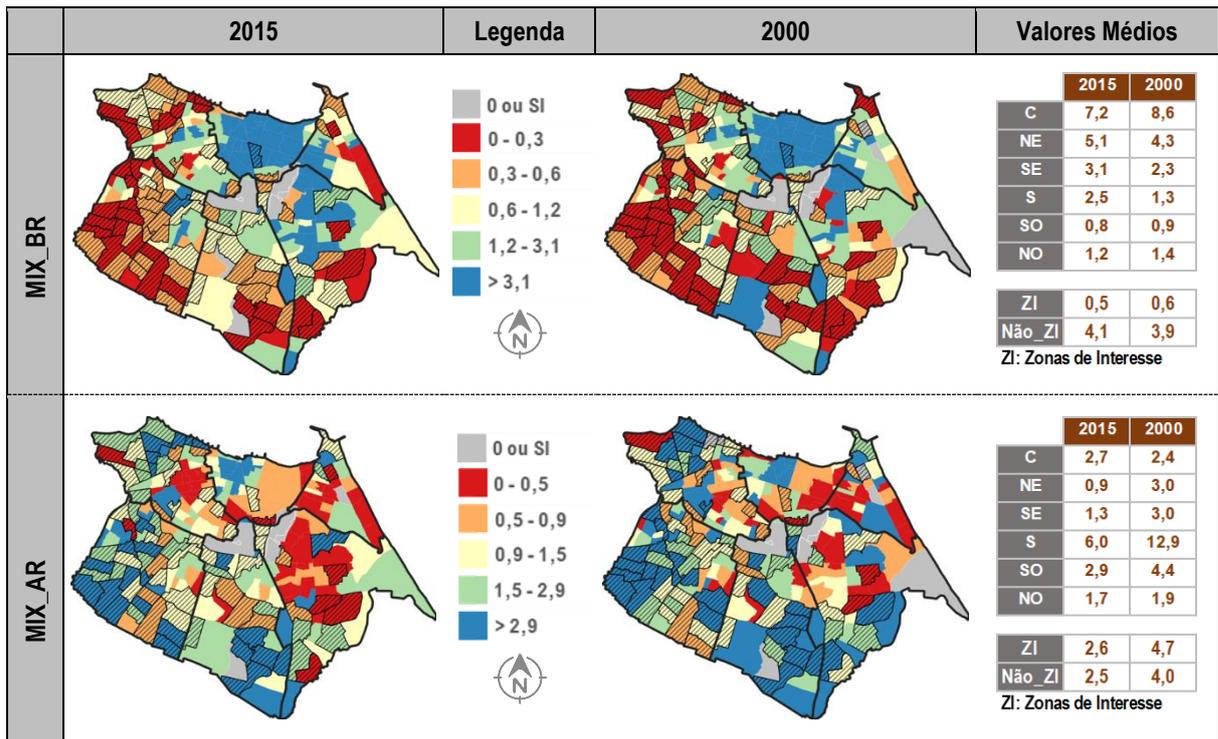
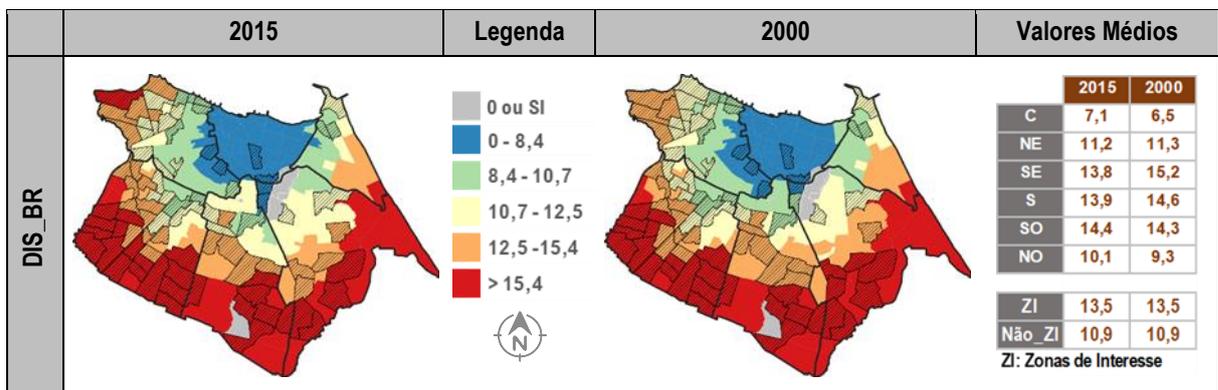
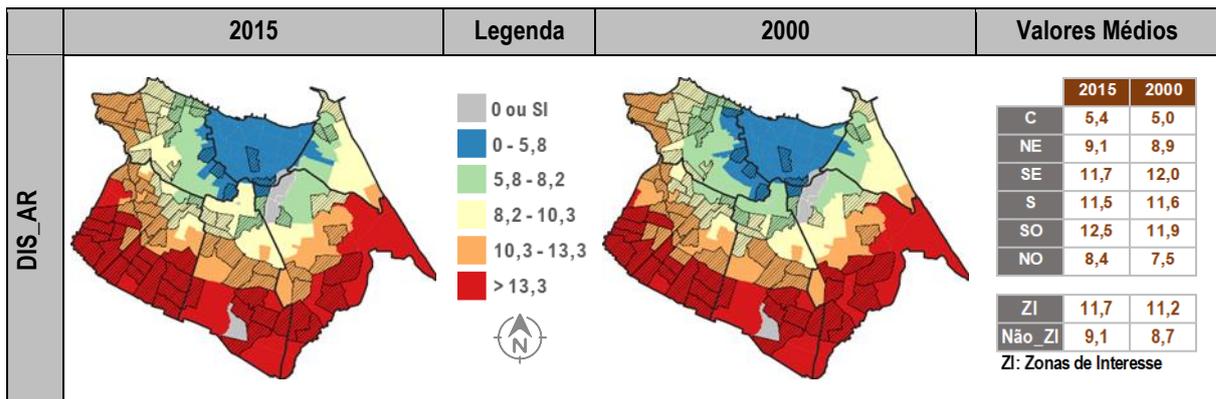


Tabela 28 - Distância às centralidades





#### 7.1.4.2 Restrições dos transportes

Enquanto o foco da discussão das restrições de uso do solo foi o fenômeno do *spatial mismatch*; as ineficiências do sistema de transportes serão analisadas a partir da capacidade que um indivíduo localizado em qualquer zona possui de acessar rapidamente a rede de transporte coletivo, ou malha viária total, ou de alta capacidade, ou nós dessas redes que permitam o acesso às demais regiões da cidade. A ordem das cores nos mapas a seguir serão alteradas de acordo com o sentido das hipóteses levantadas, de tal forma, que azul sempre inclua as zonas em que se espera as maiores acessibilidades e vermelha nas zonas em que se espera as menores acessibilidades. Todos os mapas foram construídos considerando como limites das classes os quintis de 2015.

A primeira restrição a ser analisada é a da cobertura do sistema de transportes. Tanto a cobertura do transporte público (TP) (Tabela 29), representada pela densidade de paradas, como da malha viária (MV) (Tabela 29), representada pela densidade de vias, encontram-se mais concentradas, nos dois anos da análise, nas regiões Central, Sudoeste e Noroeste. Entretanto, é interessante notar que a cobertura do TP é menos acentuada nas zonas de interesse do que nas demais, enquanto a MV possui maior cobertura nas zonas de interesse. Esse fato pode estar atrelado a forma de ocupação do lote realizado pela baixa renda que pode favorecer a expansão da MV dentro dos lotes, por meio de vias em que não há necessidade (ou interesse) de expandir os pontos de parada. Apesar disso, a cobertura do TP e da MV seguem a mesma tendência: as regiões Sul e Sudeste possuem as menores coberturas de ambos; as regiões Nordeste e Sudoeste apresentam-se como zonas intermediárias; e as zonas Central e Noroeste são as de maior cobertura, sendo a primeira a que possui maior cobertura do TP e a segunda a maior para a MV.

A frequência de ônibus em cada zona representa tanto a disponibilidade de rotas para se deslocar entre as diversas regiões da cidade, como o tempo de espera pelo serviço desejado. Verifica-se um padrão espacial (Tabela 30) similar ao da cobertura do TP em 2015, de tal sorte em que se evidenciam zonas por onde passam importantes corredores viários da cidade, como a Av. José Bastos (região Sudoeste) e Av. Bezerra de Menezes (região Noroeste). A região é a principal da cidade considerando a frequência, isso ocorre por conta do sistema tronco alimentador de transporte público baseado em terminais de integração. Nesse sistema, linha alimentadores de baixa frequência concentram os deslocamentos que partem ou chegam dos

bairros periféricos e os levam até os terminais, enquanto linhas troncais realizam os deslocamentos até a região Central. Válido notar que as zonas de interesse possuem menos da metade da frequência das zonas que não são de interesse, justamente porque a maior capacidade desse sistema encontra-se na região Central, enquanto as zonas de interesse estão em sua maioria na periferia servidas por linhas locais.

Tabela 29 - Cobertura do sistema de transportes

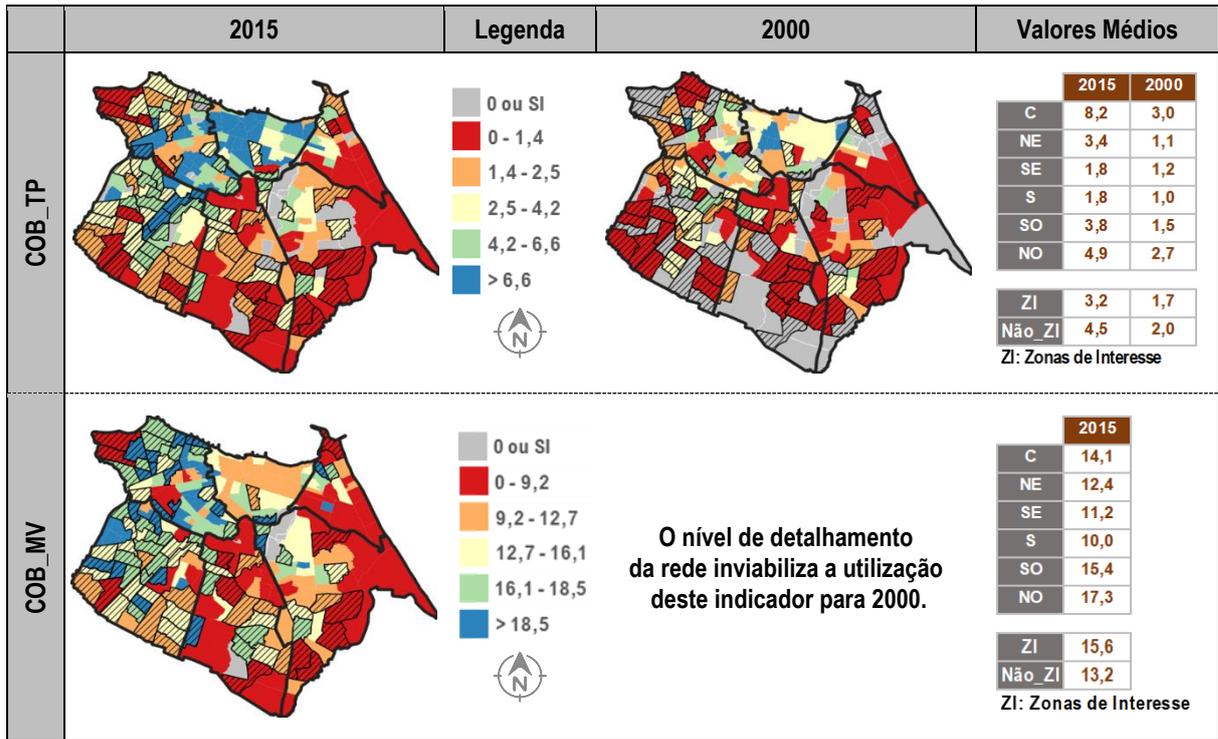
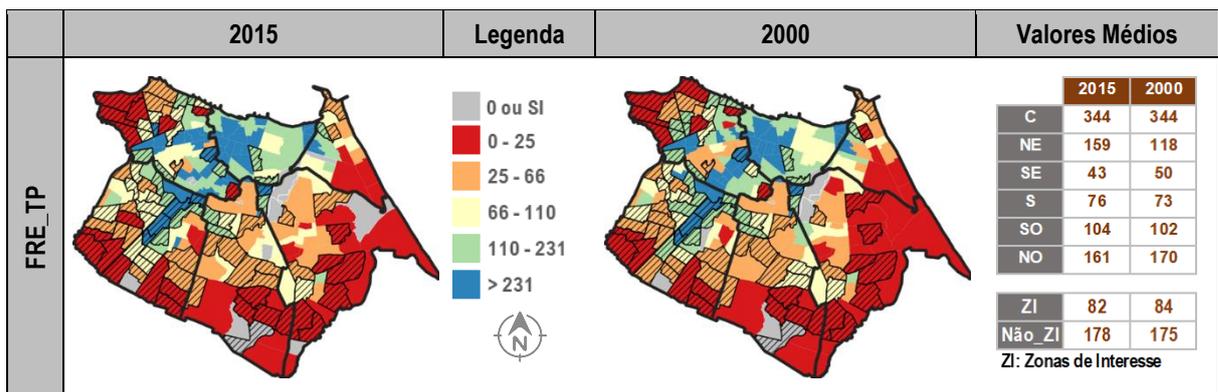


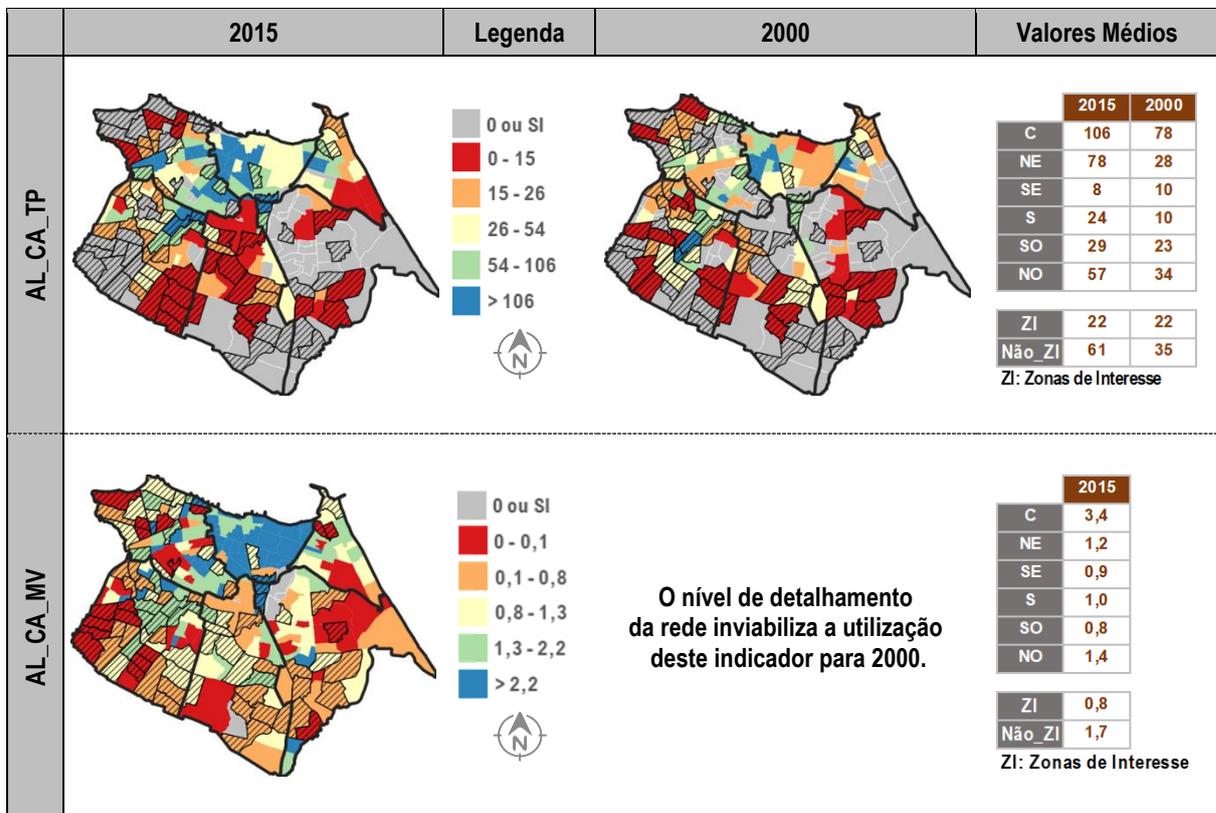
Tabela 30 - Frequência do transporte público



Além de verificar as condições globais da rede de transportes, propomos a verificação do impacto que a presença de elementos de alta capacidade dessa rede pode ter sobre a acessibilidade dessas zonas (Tabela 31). Para o transporte coletivo, esse elemento são as linhas de alta capacidade, caracterizados pela frequência de 20% das linhas de maior frequência. Verifica-se um padrão similar às frequências de todas as linhas caracterizado anteriormente, mas é interessante notar que em 2015, na região Nordeste, 50% dos ônibus que por ali passam

foram de linhas consideradas de alta capacidade; por sua vez, na região Sudeste, esse percentual é de apenas 20%. Em 2000, há uma redução ainda mais acentuada, indicando um aumento na frequência dessas linhas de alta capacidade entre os dois anos, mas seguindo um padrão espacial similar ao de 2015. Entretanto, esse incremento ocorreu principalmente nas zonas que não são de interesse. Quanto à malha viária, os elementos de alta capacidade são as vias arteriais e expressas da cidade. Percebe-se que, diferentemente de outras restrições, não existem aglomerados de baixo valor do indicador; estando essas zonas espalhadas por praticamente todas as regiões, com exceção da região Central. Essa região é justamente a que apresenta a maior densidade de vias de alta capacidade, com um valor de mais que o dobro da segunda principal região, a Noroeste. A população das zonas de interesse também possui acesso mais difícil a essas vias de alta capacidade do que a população residente nas zonas que não são de interesse, já que possuem uma densidade de vias quase três vezes menor que as demais.

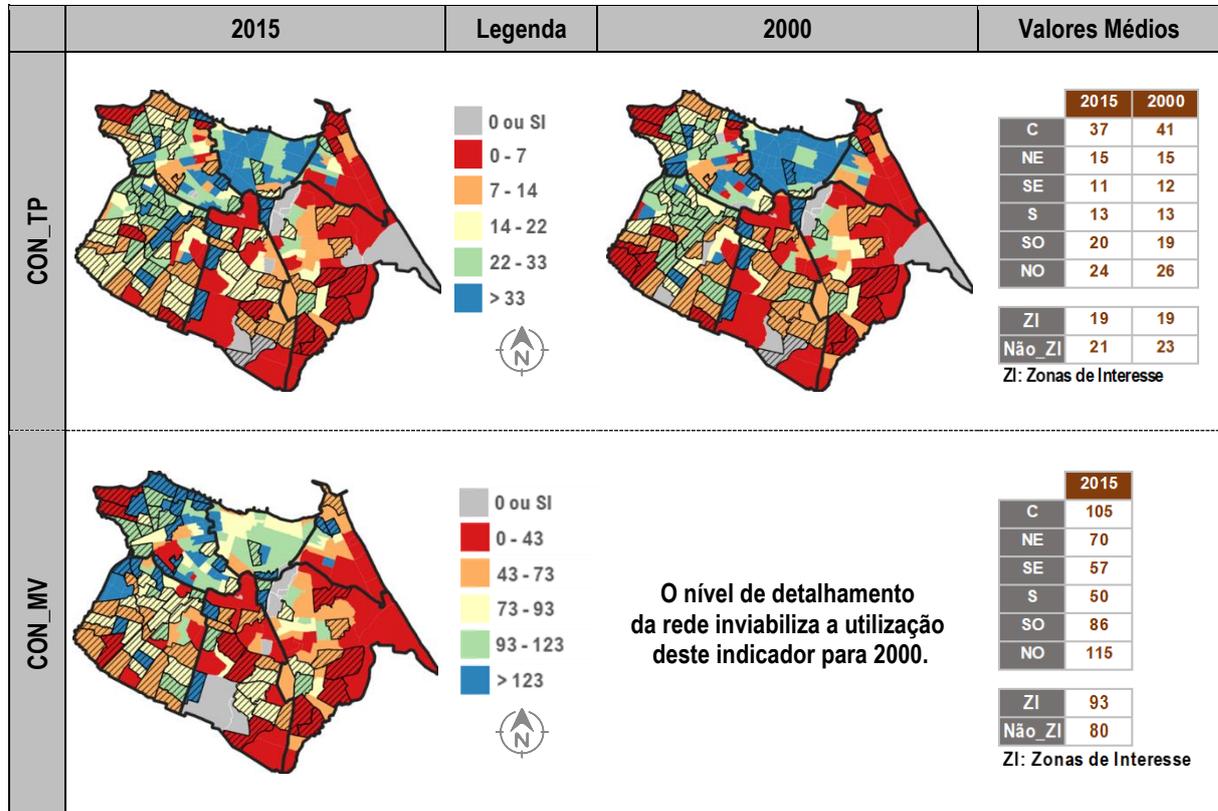
Tabela 31 - Elementos de alta capacidade do sistema de transporte



A conectividade do TP praticamente não se alterou em termos médios de 2000 para 2015 (Tabela 32), ocorrendo uma dispersão espacial similar ao de outros indicadores do TP: uma concentração de zonas com melhor conectividade na região Central, seguida pelas regiões Noroeste e Sudoeste. Não há grande diferença entre a conectividade das ZI's e das demais. Por sua vez, a conectividade da MV (Tabela 32) segue um padrão espacial similar ao da cobertura, em que não predominam na região Central o maior valor do indicador, mas sim na região Noroeste. Neste caso, nas ZI's predominam a maior conectividade da MV, em comparação com as demais zonas. Esses resultados similares entre cobertura e conectividade, são decorrentes da malha viária quadriculada existente em Fortaleza, assim como da dependência pelas linhas

troncais, já que em ambos os casos o aumento da MV ou da rede de TP (consequentemente de sua cobertura) implicam em alteração da conectividade dessas redes.

Tabela 32 - Conectividade do sistema de transporte



Estar perto de um terminal em Fortaleza, significa ter acesso sem integração praticamente a todas as regiões da cidade com linhas troncais, muitas vezes de alta frequência e com algumas linhas expressas conectando esses terminais. Desde 2000, todos os terminais já estavam instalados, é por isso que a Tabela 33 apresenta apenas um único resultado. Percebe-se que a presença de quatro terminais de integração na região Sudoeste não é suficiente para fazê-la a melhor em termos de distância aos terminais; pois a região Central, com dois terminais, possui em média 800 metros a menos de distância, e a região Noroeste com apenas um terminal de integração consegue ter 400 metros a menos de distância. Obviamente, essas conclusões são influenciadas pela quantidade de zonas em cada região e pelo tamanho dela. Entretanto, enquanto as ZI's distam 4,7 km em média do terminal mais próximo, as zonas que não são de interesse estão a 4,2 km.

Enquanto a proximidade a um terminal de integração deve favorecer o deslocamento no TP a proximidade a uma interseção de alta capacidade, definida como aquelas que conectam vias arteriais ou expressas pode facilitar o deslocamento por veículos motorizados individuais (Tabela 34). Uma presença maior destes tipos de vias nas regiões nas regiões Central e Noroeste, as fazem ser as regiões em que menos precisa-se se deslocar para acessar essas interseções de alta capacidade, com uma distância menor que 1 km. Por sua vez as regiões Sudeste e Nordeste apresentam-se como as regiões que apresentam maior dificuldade de acessar

essas interseções, com distâncias próximas a 2 km. As ZI's apresentam resultado bem similar as demais, o que pode facilitar os deslocamentos motorizados individuais da população de baixa renda.

Tabela 33 - Distância a um terminal

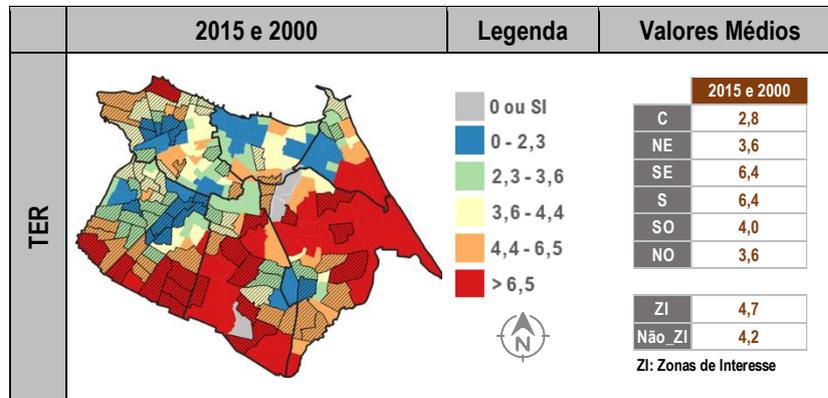
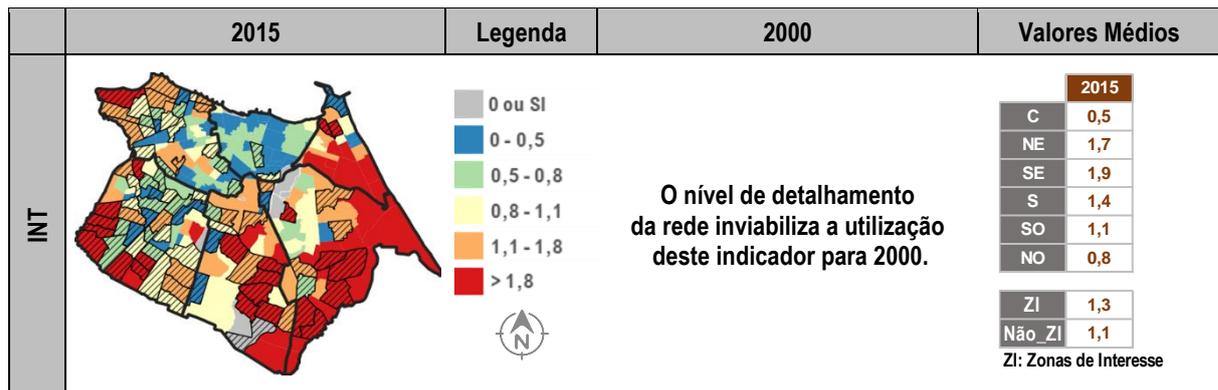


Tabela 34 - Distância a uma interseção de alta capacidade



Percebe-se que as restrições inerentes ao sistema de transportes de Fortaleza, sejam relativas à rede do TP, ou à MV, são mais prejudiciais no lado Leste e na região Sul da cidade. Essas regiões não coincidem com a maioria das zonas de interesse da cidade, fazendo com que as restrições dessas zonas sejam menos intensas ou iguais às das demais zonas. Apesar disso, as restrições da rede de TP são menos intensas na região Central do que do lado Oeste, enquanto as restrições da MV são em geral menos intensas no lado Oeste. Sendo assim, as zonas de maior concentração da população de baixa acabam tendo menos restrições para um modo de transporte que não lhes beneficia diretamente, já que são (em sua maioria) dependentes do TP. Enquanto a população de alta renda, residente em sua maioria na região Central, teria menores restrições do sistema de transportes se residisse no lado Oeste. De 2000 para 2015 a diferença mais contundente fica a cargo da cobertura do TP, enquanto nas demais os padrões espaciais e as médias são praticamente as mesmas, indicando que as modificações ocorridas nesse período podem não ter sido suficientes para criarem uma rede de TP completamente diferente nos dois anos.

## 7.2 Diagnóstico da problemática

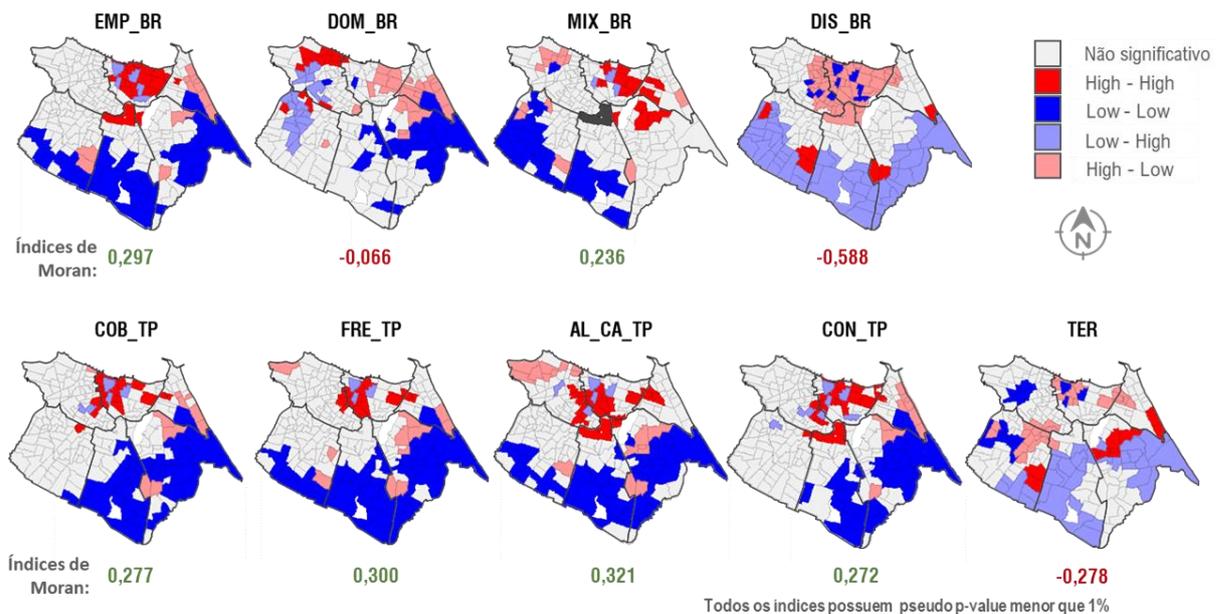
Enquanto na caracterização buscou-se uma compreensão das condições presentes e passadas das desigualdades Tipo A, Tipo B e das restrições da acessibilidade; no diagnóstico serão investigadas as relações de causalidade entre acessibilidade e suas restrições, por meio de esforços de análise de dependência entre seus indicadores (seção 7.2.1), assim como se discutirá a evolução passada da problemática (seção 0), seu prognósticos (seção 7.2.4) e serão identificadas as zonas problemáticas, críticas e prioritárias (seção 7.2.5).

### 7.2.1 Análise das relações de dependência - análise exploratória

A primeira parte da análise das relações de dependência ocorre a partir da correlação espacial entre o indicador de acessibilidade e o indicador da restrição. Essas análises envolvem a criação de mapas *bi-lisa cluster* que permitam avaliar com 5% de nível de confiança a formação de aglomerados de zonas e a estimativa dos índices de Moran para mensurar o quão forte é essa correlação. Esses mapas foram criados considerando que a acessibilidade em cada zona poderia possuir relação com as restrições das zonas imediatamente vizinhas.

Em 2015, a acessibilidade da população de baixa renda (Figura 59) relaciona-se com as restrições no sentido esperado: (1) relações diretamente proporcionais com o número de oportunidades de empregos, mix de usos, cobertura, frequência, presença de elementos de alta capacidade e conectividade da rede do TP; e (2) inversamente proporcional com o número de domicílios, a distância às centralidades e aos terminais de integração. Chama atenção o fato de a relação com o número de domicílios ser próximo à zero, indicando baixa correção espacial com a acessibilidade, enquanto distância às centralidades é o que possui maior índice de Moran indicando forte correlação espacial com a acessibilidade.

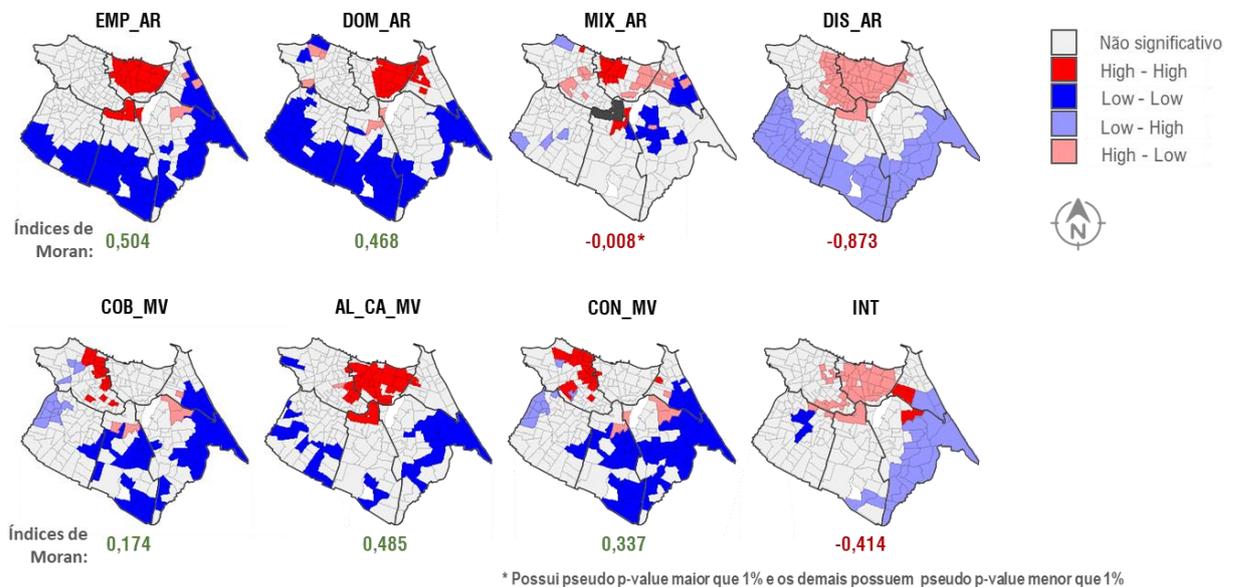
Figura 59 - Mapas *Bi-Lisa cluster* da acessibilidade da baixa renda para 2015



Além da análise agregada da correlação espacial uma análise mais desagregada contribui no diagnóstico da acessibilidade: (1) só existe formação de aglomerados “baixo-baixo” nas regiões periféricas da cidade, em especial no lado Sul da cidade; (2) com exceção da distância aos terminais, as outras restrições de transportes comportam-se de maneira similar, com aglomerados “baixo-baixo” no lado Sul e aglomerados “alto-alto” na região Central, além de índices de Moran similares; (3) nas zonas em que se verificam aglomerados “baixo-baixo” da acessibilidade com as oportunidades de empregos e com o número de domicílios não ocorre formação de aglomerados com o mix, efeito este que ocorre principalmente na região Sudeste.

Em 2000, a acessibilidade da população de baixa renda (Em 2015, a acessibilidade da alta renda (Figura 61) relaciona-se em sua maioria com as restrições no sentido esperado: (1) relações diretamente proporcionais com o número de oportunidades de empregos, cobertura, presença de elementos de alta capacidade e conectividade da rede da MV; e (2) inversamente proporcional com a distância às centralidades e às interseções viárias de alta capacidade. Chama atenção o fato de a relação com o mix de usos ser próximo à zero, indicando baixa correlação espacial com a acessibilidade; enquanto a correlação com o número de domicílios é positiva e alta, indicando que a presença de domicílios de alta renda apenas contribui para o aumento da acessibilidade. A distância às centralidades é o que possui maior índice de Moran indicando forte correlação espacial com a acessibilidade. Destaca-se ainda que os índices de Moran das restrições para a alta renda são em geral maiores do que aqueles verificados para a baixa renda com exceção da dependência com o mix de usos e com a conectividade.

Figura 61 - Mapas *Bi-Lisa cluster* da acessibilidade da alta renda para 2015

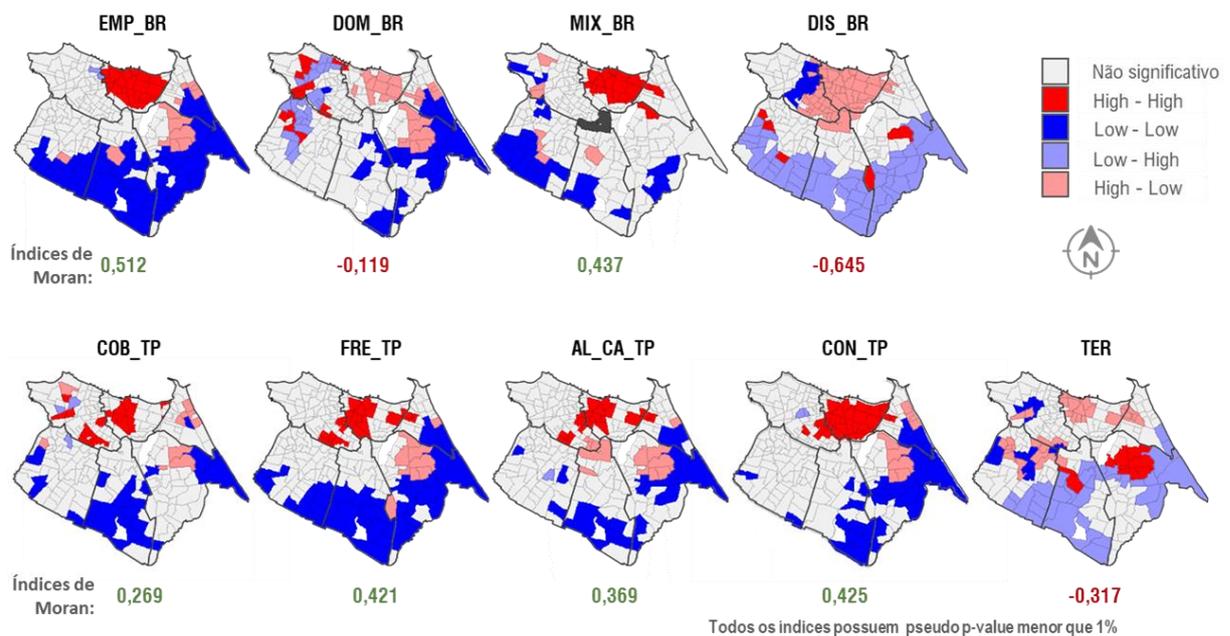


Na análise desagregada verifica-se que: (1) praticamente só existe formação de aglomerados “baixo-baixo” nas regiões periféricas da cidade, em especial no lado Sul da cidade e a formação de aglomerados de “alto-alto” concentram-se no lado Norte da cidade; (2) a dependência da acessibilidade com as restrições dos transportes possuem um padrão espacialmente mais distinto do que aqueles verificados para a baixa renda, com aglomerados formados em distintas regiões e índices de Moran mais variados, indicando que a dependência

entre essas restrições são menos intensas do que a se verifica para o TP; (3) os padrões espaciais de dependência das oportunidades de emprego e dos domicílios são bem similares, o que acaba por gerar um padrão mais disperso do mix de usos, reduzindo assim sua relação com a acessibilidade.

) também está relacionada com suas restrições no mesmo sentido que ocorreu em 2015 e corroborando com as hipóteses levantadas. O número de domicílios possui a correlação mais próxima à zero entre todos as restrições, indicando novamente baixa correlação espacial com a acessibilidade, enquanto o índice de Moran da distância às centralidades continua indicando a maior correlação espacial com a acessibilidade. Verifica-se também uma maior dependência espacial com todas as restrições do que aquelas verificadas em 2015, indicando que esses fatores ajudam a explicar melhor a acessibilidade em 2000 do que em 2015.

Figura 60 - Mapas *Bi-Lisa cluster* da acessibilidade da baixa renda para 2000

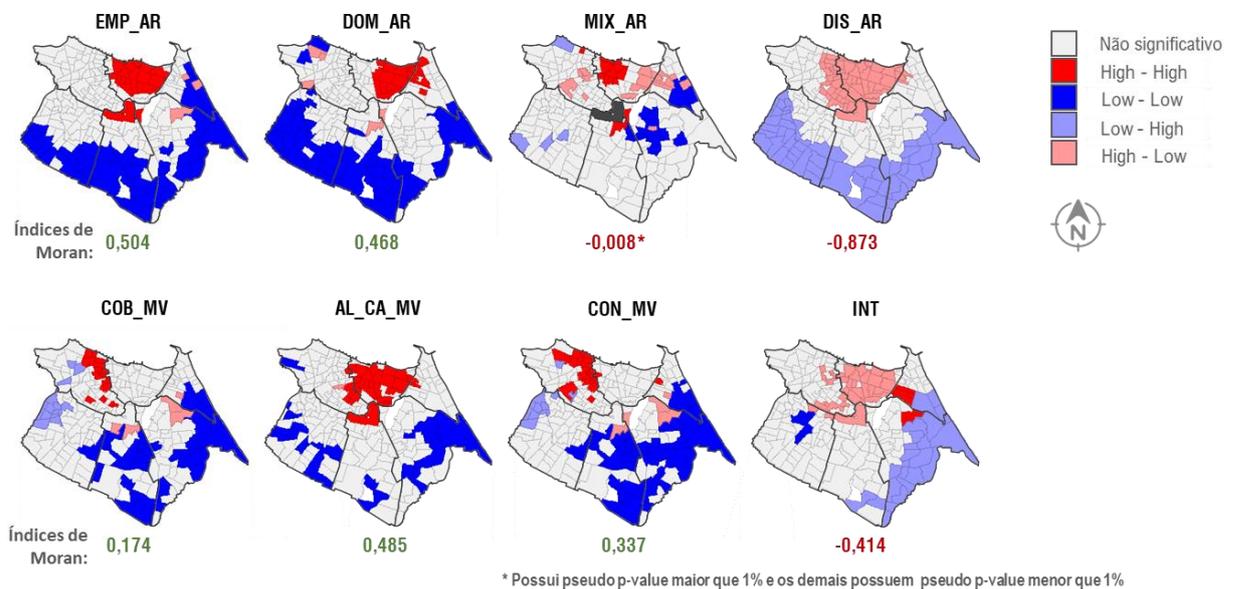


Numa análise espacialmente mais desagregada da dependência da acessibilidade da baixa renda em 2000 percebe-se que: (1) os aglomerados estão melhores definidos; (2) continuam existindo aglomerados “baixo-baixo” apenas nas regiões periféricas da cidade, em especial no lado Sul da cidade, mas agora com pequenos aglomerados na região Nordeste para o mix de usos e para a distância às centralidades; (3) distância aos terminais continua sendo diferente das demais restrições de transportes, que comportam-se de maneira similar, com aglomerados “baixo-baixo” no lado Sul e aglomerados “alto-alto” na região Central, entretanto a cobertura possui um índice de Moran mais baixo que os demais, enquanto os aglomerados significativos englobam mais zonas; (4) o efeito combinado de oportunidades de empregos e do número de domicílios continua influenciando na formação de aglomerados do mix de usos na região Sudeste.

Em 2015, a acessibilidade da alta renda (Figura 61) relaciona-se em sua maioria com as restrições no sentido esperado: (1) relações diretamente proporcionais com o número de

oportunidades de empregos, cobertura, presença de elementos de alta capacidade e conectividade da rede da MV; e (2) inversamente proporcional com a distância às centralidades e às interseções viárias de alta capacidade. Chama atenção o fato de a relação com o mix de usos ser próximo à zero, indicando baixa correlação espacial com a acessibilidade; enquanto a correlação com o número de domicílios é positiva e alta, indicando que a presença de domicílios de alta renda apenas contribui para o aumento da acessibilidade. A distância às centralidades é o que possui maior índice de Moran indicando forte correlação espacial com a acessibilidade. Destaca-se ainda que os índices de Moran das restrições para a alta renda são em geral maiores do que aqueles verificados para a baixa renda com exceção da dependência com o mix de usos e com a conectividade.

Figura 61 - Mapas *Bi-Lisa cluster* da acessibilidade da alta renda para 2015

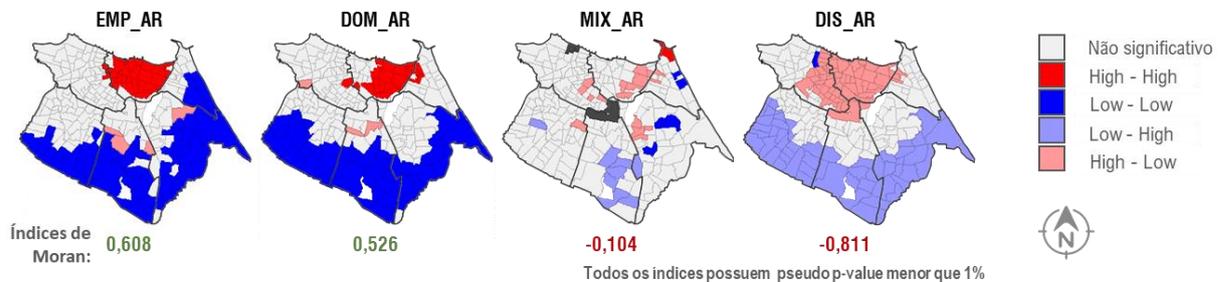


Na análise desagregada verifica-se que: (1) praticamente só existe formação de aglomerados “baixo-baixo” nas regiões periféricas da cidade, em especial no lado Sul da cidade e a formação de aglomerados de “alto-alto” concentram-se no lado Norte da cidade; (2) a dependência da acessibilidade com as restrições dos transportes possuem um padrão espacialmente mais distinto do que aqueles verificados para a baixa renda, com aglomerados formados em distintas regiões e índices de Moran mais variados, indicando que a dependência entre essas restrições são menos intensas do que a se verifica para o TP; (3) os padrões espaciais de dependência das oportunidades de emprego e dos domicílios são bem similares, o que acaba por gerar um padrão mais disperso do mix de usos, reduzindo assim sua relação com a acessibilidade.

Assim como ocorreu com a acessibilidade da baixa renda, a acessibilidade da alta renda também teve sua correlação espacial com as restrições reduzida de 2000 (Figura 62) para 2015, também indicando que outros fatores (espaciais) podem ter ganhado importância na explicação da acessibilidade neste período. Em 2000, a distância às centralidades, o número de oportunidades e o número de domicílios, eram, nessa ordem, as restrições com as maiores correlações espaciais com a acessibilidade da alta renda. Espacialmente, os aglomerados são

pontualmente menores do que aqueles observados em 2015, mas mantêm uma distribuição espacial similar, com exceção da dependência com o mix de usos, já que sua elevada dispersão entre as zonas faz com que não exista um padrão espacial bem definido de correlação com a acessibilidade.

Figura 62 - Mapas *Bi-Lisa cluster* da acessibilidade da alta renda para 2000



Verifica-se que em todos os casos as restrições, cujos indicadores são calculados a partir de informações combinadas com outras zonas, especificamente, a distância às centralidades, aos terminais e às interseções de alta capacidade também se apresentam como restrições com as maiores correlações espaciais com os níveis de acessibilidade, pois assemelham-se à forma de cálculo do indicador de acessibilidade que também depende da relação entre uma zona de origem e às zonas de destino. Destaca-se também uma relação contrária que ocorre entre as restrições de número de domicílios e mix de usos com a acessibilidade, pois para a baixa renda, a primeira praticamente não possui relação com a acessibilidade e a segunda apresenta-se como uma das restrições com o maior correlação espacial; para a alta renda, os domicílios figuram entre as principais restrições, enquanto o mix possui correlação praticamente nula com a acessibilidade.

### 7.2.2 *Análise das relações de dependência - análise confirmatória*

Apenas as restrições (indicadores) que possuíram correlação espacial em sentido ao da hipótese foram mantidos. Isso não indica que não influem na acessibilidade, apenas que seu efeito não pode ser explicado pelas análises aqui apresentadas. Foram também retiradas do modelo as restrições, que apesar de possuírem correlação no sentido esperado com a acessibilidade, não foram capazes de contribuir no modelo calibrado através de parâmetros com o mesmo sentido, indicando que existe uma dependência espacial entre as restrições. As imagens a seguir, que apresentam os coeficientes obtidos para cada restrição em cada zona, não apresentam as mesmas escalas para os coeficientes, apesar das cores utilizadas serem as mesmas, busca-se apenas uma comparação de em quais regiões os coeficientes são mais altos ou baixos.

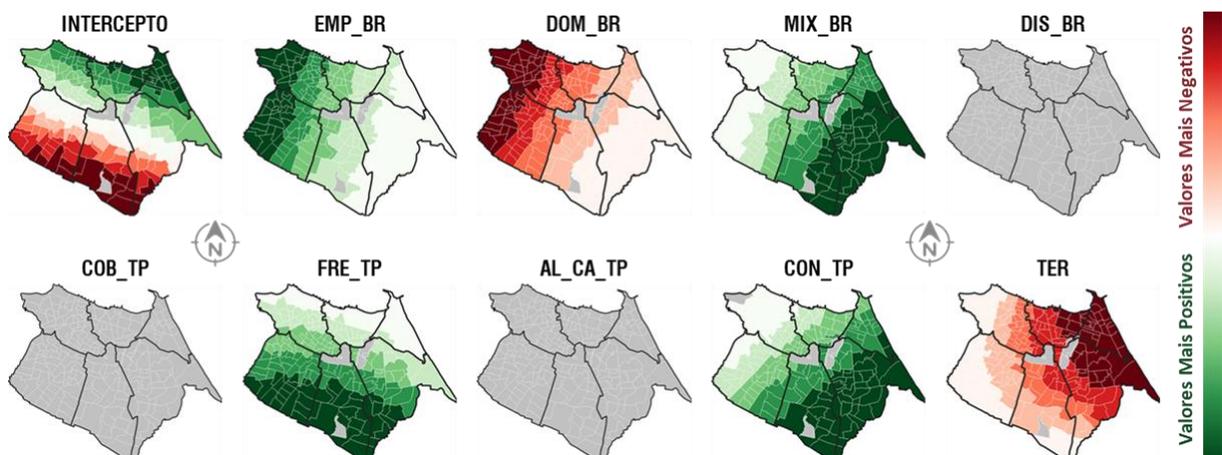
Com uma largura de banda de 11,5km (Tabela 35 e Figura 63), o modelo geponderado calibrado para explicar a acessibilidade da população de baixa renda em 2015 indica que as restrições que sobram subestimam essa acessibilidade no lado Norte, como é indicado pelos valores negativos e mais distantes de zero do intercepto do modelo nessas regiões. Percebe-se também uma leve tendência em subestimar a acessibilidade no lado Leste,

como é sugerido pelos valores positivos e mais distantes de zero do intercepto nessas regiões. Destaca-se que a distância aos empregos das centralidades não faz parte do modelo, apesar de ter apresentado a maior correlação com a acessibilidade. Também não fazem parte do modelo, as restrições de cobertura e de presença de elementos de alta capacidade.

Tabela 35 - Coeficientes médios por zona e por restrição da acessibilidade da baixa renda para 2015

2015	Intercepto	EMP_BR	DOM_BR	MIX_BR	DIST_BR	COB_BR	FRE_BR	AL_CA_BR	CON_BR	TER
Todas as Zonas	0,02	0,10	-0,11	0,10			0,12		0,05	-0,21
ZI	0,00	0,11	-0,12	0,09	Removido durante a calibração do modelo geponderado	Removido durante a calibração do modelo geponderado	0,13	Removido durante a calibração do modelo geponderado	0,04	-0,20
N-ZI	0,04	0,09	-0,11	0,10			0,12		0,05	-0,21
C	0,08	0,09	-0,11	0,10			0,10		0,03	-0,22
NE	0,10	0,06	-0,10	0,12			0,10		0,06	-0,25
SE	-0,03	0,08	-0,10	0,12			0,14		0,09	-0,20
S	0,01	0,06	-0,09	0,13			0,13		0,11	-0,22
SO	-0,02	0,13	-0,13	0,08			0,14		0,03	-0,19
NO	0,05	0,12	-0,13	0,08			0,11		0,01	-0,20

Figura 63 - Coeficientes do modelo da acessibilidade da baixa renda para 2015



Verifica-se que a distância aos terminais é a restrição que mais influencia a acessibilidade, por possuir o maior valor absoluto de coeficiente médio, enquanto a conectividade do TP é a restrição com o menor impacto sobre a acessibilidade. Essas conclusões são praticamente as mesmas para qualquer que seja a zona, mas existem variações espaciais que merecem destaque: 1) as oportunidades de empregos e número de domicílios possuem influência menos intensa nas regiões Nordeste, Sudeste e Sul e maior nas regiões Sudoeste e Noroeste; 2) o mix de usos e conectividade, possuem maior influência nas regiões NE, SE e S e menor influência no SO e no NO; 3) apesar da variabilidade espacial dos coeficientes da distância aos terminais e da frequência do TP, inerente aos modelos de regressão geponderada, é possível perceber que para a acessibilidade baixa renda em 2015, não há uma variabilidade espacial significativa da influência dessas duas restrições.

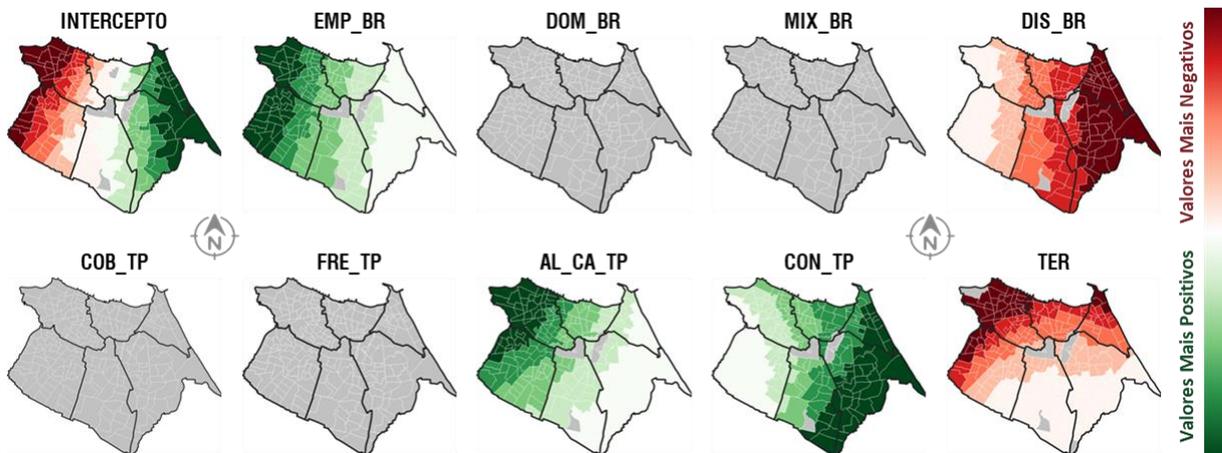
Para modelar a acessibilidade baixa renda em 2000 foi utilizada uma largura de banda de 8,5km, cujo modelo tende a superdimensionar a acessibilidade no lado Oeste e a subdimensioná-la no lado Leste (Tabela 36 e Figura 64). A distância às oportunidades de emprego é a restrição que tem maior influência sobre a acessibilidade, enquanto a conectividade

do TP e a distância aos terminais tendem a ter pouca influência nesse processo. Resultado esse que praticamente se mantém independentemente da localização dessas zonas, ou se é de interesse. Destaca-se que de 2000 para 2015: 1) ocorre uma redução da importância do número de oportunidades de empregos e uma eliminação da influência da distância às oportunidades das centralidades, que possivelmente são substituídas pela maior relevância da presença dos domicílios de baixa renda e do mix de usos nas regiões; 2) há um aumento da importância de estar próximo aos terminais de integração e da conectividade do TP; 3) a proximidade a elementos de alta capacidade do TP é possivelmente substituída apenas pela frequência do TP, já que a integração temporal possibilita acesso a praticamente qualquer ponto da cidade, mesmo que a região não seja servida por linhas de alta capacidade; 4) não se verifica qualquer alteração que possibilite afirmar que as restrições que influenciam as zonas de interesse são diferentes das restrições que influenciam as outras zonas.

Tabela 36 - Coeficientes médios por zona e por restrição da acessibilidade da baixa renda para 2000

2000	Intercepto	EMP_BR	DOM_BR	MIX_BR	DIST_BR	COB_BR	FRE_BR	AL_CA_BR	CON_BR	TER
Todas as Zonas	-0,01	0,18			-0,52			0,13	0,02	-0,03
ZI	-0,03	0,19	Não incluído na calibração	Não incluído na calibração	-0,50	Removido durante a calibração do modelo geponderado	Removido durante a calibração do modelo geponderado	0,13	0,01	-0,03
N-ZI	0,01	0,17			-0,54			0,13	0,02	-0,03
C	0,01	0,18			-0,55			0,13	0,02	-0,03
NE	0,10	0,14			-0,59			0,11	0,04	-0,03
SE	0,07	0,15			-0,59			0,10	0,04	-0,01
S	0,01	0,17			-0,54			0,12	0,03	-0,01
SO	-0,06	0,21			-0,46			0,14	0,00	-0,03
NO	-0,07	0,20			-0,49			0,15	0,01	-0,04

Figura 64 - Coeficientes do modelo da acessibilidade da baixa renda para 2000



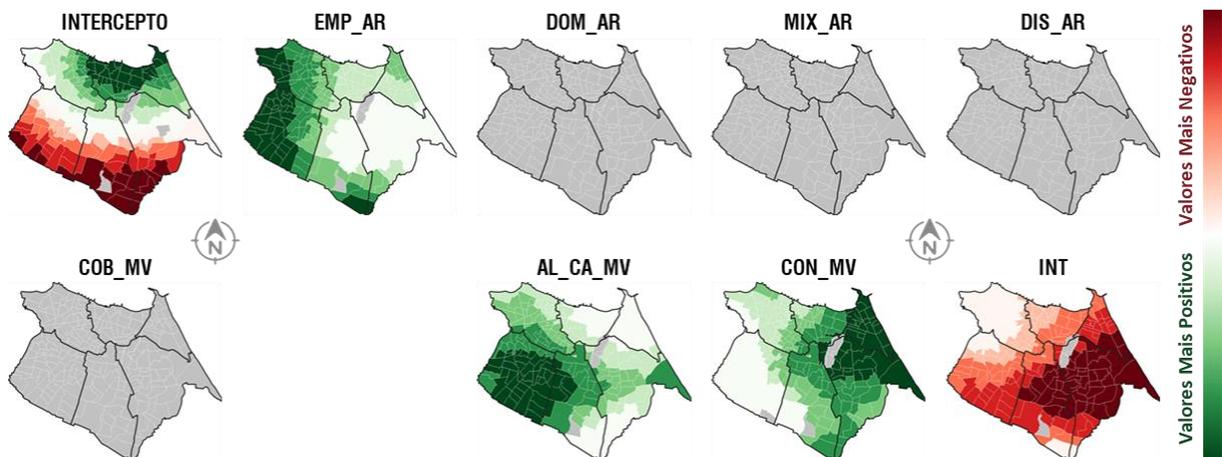
Na modelagem da acessibilidade da alta renda em 2015, modelo calibrado com 4,0km de largura de banda, verifica-se que as restrições restantes tendem a subestimar a acessibilidade no lado Norte da cidade e a subestimá-la no lado Sul (Tabela 37 e Figura 65). Nesse modelo, apenas o número de oportunidades é utilizado como restrição do uso do solo, enquanto a presença de elementos de alta capacidade, conectividade da MV e proximidade de interseções de alta capacidade representam as restrições dos transportes. As regiões Sul e Sudoeste, apesar de próximas, diferem-se consideravelmente: na primeira, sua acessibilidade está mais relacionada com a proximidade com as interseções de alta capacidade e com a conectividade

da MV do que qualquer outra região da cidade; enquanto a segunda, é mais influenciada pelas oportunidades de emprego e pelas presenças de vias de alta capacidade.

Tabela 37 - Coeficientes médios por zona e por restrição da acessibilidade da alta renda para 2015

2015	Intercepto	EMP_AR	DOM_AR	MIX_AR	DIS_AR	COB_AR	AL_CA_AR	CON_AR	INT_AR
TUDO	0,10	0,28	Não incluído na calibração	Não incluído na calibração	Removido durante a calibração do modelo geponderado	Removido durante a calibração do modelo geponderado	0,26	0,09	-0,34
ZI	-0,04	0,32					0,29	0,06	-0,33
N-ZI	0,19	0,25					0,24	0,11	-0,35
C	0,51	0,23					0,19	0,11	-0,26
NE	0,42	0,23					0,13	0,19	-0,40
SE	-0,20	0,22					0,28	0,10	-0,48
S	-0,12	0,19					0,23	0,15	-0,54
SO	-0,15	0,41					0,35	0,01	-0,28
NO	0,29	0,31					0,26	0,06	-0,21

Figura 65 - Coeficientes do modelo da acessibilidade da alta renda para 2015

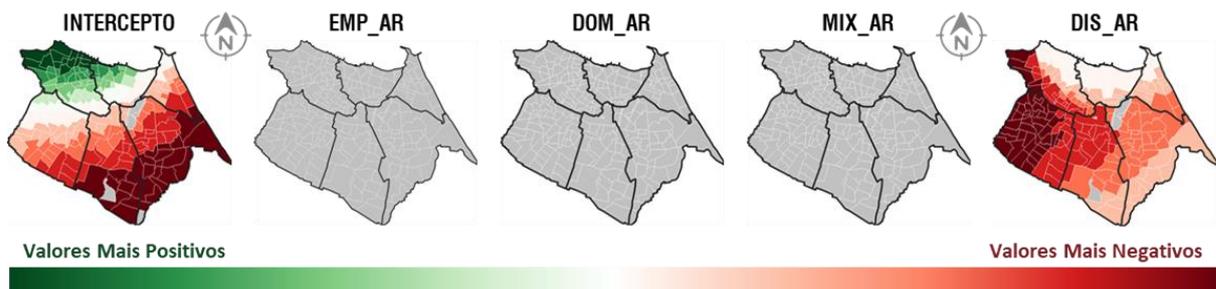


Em 2000, a modelagem da acessibilidade da alta renda só considerou restrições de uso do solo. As restrições, número de domicílios e mix de usos, não foram incluídas na modelagem porque não apresentaram correlação na direção esperada, enquanto o número de empregos foi retirado porque os coeficientes calibrados não se apresentaram no sentido esperado. Pelo modelo calibrado, considerando apenas as distâncias as oportunidades de emprego das centralidades, com 6,5km de largura de banda, verifica-se que essas distâncias tendem a superestimar a acessibilidade nas regiões Central e Noroeste e a subestimá-la nas demais (Tabela 38 e Figura 66). Por esse modelo, verifica-se que o aumento das distâncias aos empregos das centralidades em qualquer zona, num raio de 6,5km, tende a influenciar a acessibilidade de maneira mais intensa e negativa nas zonas da região Sudoeste.

Tabela 38 - Coeficientes médios por zona e por restrição da acessibilidade da alta renda para 2000

2000	Intercepto	EMP_AR	DOM_AR	MIX_AR	DIS_AR
Todas as Zonas	-0,01				-0,02
ZI	-0,01	Não incluído na calibração	Não incluído na calibração	Removido durante a calibração do modelo geponderado	-0,03
N-ZI	-0,01				-0,02
C	0,03				0,00
NE	-0,03				-0,02
SE	-0,07				-0,02
S	-0,06				-0,03
SO	-0,02				-0,05
NO	0,06				-0,02

Figura 66 - Coeficientes do modelo da acessibilidade da alta renda para 2000



### 7.2.3 Evolução Passada da Problemática

De 2000 para 2015 verificou-se em Fortaleza uma redução geral nos níveis de acessibilidades. Um aumento expressivo da população, que não foi acompanhado por aumento de igual ou maior intensidade no número de empregos fez com que a acessibilidade aos empregos na capital cearense reduzisse em até 25%, impactando tanto a população de baixa, como de alta renda. Esse impacto que advém do subsistema de atividades foi possível de ser mensurado, entretanto, o impacto decorrente dos subsistemas de uso do solo e dos transportes não pode ser matematicamente expresso, mas é fato que o nível de serviço da malha viária e a oferta do transporte público, unida à distribuição espacial das atividades e pessoas também tiveram influência na redução nos níveis de acessibilidade entre 2000 e 2015.

Essa acessibilidade provida a esses grupos pelos subsistemas de atividades, uso do solo e transportes é preponderantemente maior na região Central da cidade, onde se concentra a maior parte dos empregos. São também nessas áreas que estão a maior parte das atividades comerciais e de serviços, responsáveis pela maioria dos empregos da cidade. Destaca-se também o papel da informalidade que, apesar de reduzir sua contribuição, passa de 50% em alguns setores produtivos. Essa informalidade acaba por ocorrer grande parte também na região Central, seja aquela advinda da informalidade por meio da prestação de serviços autônomos, seja a informalidade de pior condições de trabalho e que muitas vezes acontece na rua. Apesar disso, a cidade tenta se descentralizar, seja através da priorização a ocupação de equipamentos comerciais e de prestação de serviços de baixos índices de aproveitamento, ou pelo fortalecimento e expansão das subcentralidades da cidade. Entretanto, a cidade era e continua sendo dependente da região Central quando se trata de ofertar oportunidades de emprego.

É essa dependência que dita a acessibilidade de ambos os grupos socioeconômicos, em ambos os anos: quem mora na região Central tem boa acessibilidade, quem mora nas regiões

periféricas, principalmente nas zonas mais ao sul, possuem os piores níveis de acessibilidade. Sendo essa condição que caracteriza o primeiro tipo de desigualdade da acessibilidade, a espacial. Já a desigualdade socioespacial se apresenta de diversas formas em Fortaleza: i) os níveis de acessibilidade se agravam mais para a população de baixa renda, do que para a alta renda; ii) a população de baixa renda ocupa as zonas com os piores níveis de acessibilidade, enquanto a população de alta renda ocupa as zonas com os melhores níveis de acessibilidade; iii) a população de alta renda opta por migrar para uma região de baixo índice de acessibilidade; enquanto a população de baixa renda é obrigada a fazer esse deslocamento.

Essas condições são resultados da combinação de fatores históricos de crescimento populacional acompanhado de expansão urbana desordenada, juntamente com políticas de incentivo ao espraiamento urbano e da priorização da redução do tempo de viagem, ao invés das distâncias de deslocamento. Tudo isso culmina nas condições de limitantes da acessibilidade discutidos para 2000 e 2015. Em sua grande maioria, tanto as restrições de uso do solo, quanto aquelas apontadas como restrições de transportes possuem seus maiores níveis de restrições nas zonas em que se localizam a população de baixa renda, enquanto as menores restrições estão nas zonas de maior presença da alta renda. Entre 2000 e 2015 são poucas as diferenças nas distribuições espaciais dessas restrições, indicando que qualquer intervenção ou modificação nas decisões locacionais ou de deslocamento dessa população têm reforçado as condições de desigualdade da cidade, já que a alta renda continua podendo pagar por morar onde deseja e opta por utilizar seu veículo motorizado individual, enquanto a baixa renda, ainda é obrigado a morar longe das oportunidades de empresa e só tem como principal opção o deslocamento pelo transporte público.

Apesar da igualdade nas condições espaciais da restrição e da acessibilidade entre os dois anos de análise, verifica-se que essas restrições contribuem de maneira distinta na definição dos níveis de acessibilidade, de tal forma, que nenhuma das restrições está presente em todos os modelos calibrados. Entretanto, verifica-se que o número de oportunidades de emprego, a conectividade do TP e a distância aos terminais de integração são restrições que se apresentaram como relevantes para a baixa renda tanto em 2000 como em 2015. Para a alta renda não é possível identificar nenhuma restrição que tenha se mantido entre os dois anos, mas em comum, apenas uma restrição representa as condições de uso do solo nos dois anos, possivelmente porque a distribuição dessas restrições são similares quando se trata da alta renda, já que residem e trabalham praticamente na mesma região.

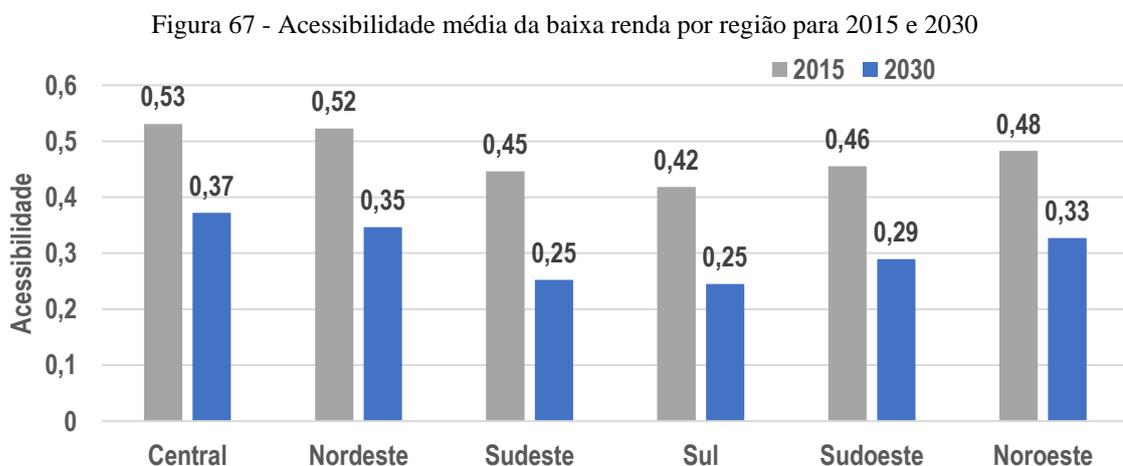
#### **7.2.4 Prognóstico da Problemática**

Os resultados do cenário tendencial de 2030 (detalhado na sessão 6.10) provêm informações para a análise da problemática do Tipo C, a partir da descrição dos problemas Tipo A e Tipo B no ano projetado, busca-se assim evidências de que a continuidade de alterações nos comportamentos dos usuários do sistema de transportes e uso do solo, assim como as intervenções nestes dois sistemas já previstas para este ano horizonte poderão prejudicar a acessibilidade das gerações futuras, através do aumento das desigualdades socioespaciais. Ressalta-se que a continuidade nas alterações das decisões dos usuários não necessariamente irá implicar nas mesmas tendências de modificações dos resultados observados entre 2000 e

2015. Por fim, se o diagnóstico de 2000 e 2015 não era uma análise *ex-post*, o prognóstico da problemática não é uma análise *ex-ante* das intervenções que já estão em andamento, mas sim a etapa do diagnóstico em que se avalia como que a problemática irá evoluir.

A média da acessibilidade provida para a população de baixa renda é de 0,303 em 2030, enquanto a média da acessibilidade da população de baixa renda é de 0,284, portanto 6% menor, o que indica uma continuidade de maior quantidade e domicílios de baixa renda nas regiões com os menores níveis de acessibilidade. Observa-se também uma redução brusca da acessibilidade média da população de baixa renda, já que é influenciada pela razão entre número de oportunidades de empregos e domicílios que passou para 1,39 em 2030, portanto uma redução de 13% quando comparado a 2015.

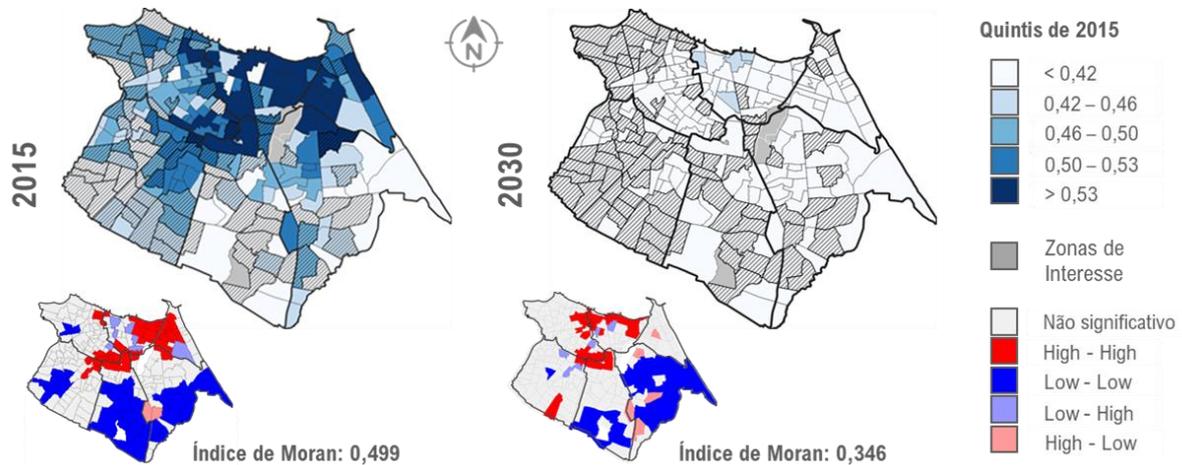
Em 2030 (Figura 67) as regiões Central e Nordeste continuam sendo as que possuem as maiores acessibilidades providas para a baixa renda, enquanto a região Sudeste passa a figurar como aquela com menor acessibilidade, juntamente com a região Sul. Dessa forma, viver na região Central pode gerar uma acessibilidade até 50% melhor que residir em outras regiões da cidade. A redução de acessibilidade em torno de 35% em todas as zonas, evidencia que outros fatores irão reduzir a acessibilidade em 2030, além da competitividade global, indicando que as soluções previstas não serão suficientes para atender as alterações comportamentais da população.



Em 2030 não será possível observar uma concentração de bons níveis de acessibilidade na região Central, ou em qualquer outra região, mas destaca-se uma concentração de zonas com os piores níveis de acessibilidade nas regiões Sudeste e Sul (Figura 68). Observa-se uma melhora de acessibilidade em algumas zonas da região Sudoeste que coincidem com a linha Sul do metrô de Fortaleza. Destaca-se ainda que as zonas com os melhores níveis de acessibilidade não coincidem com as ZIs. Com um padrão espacial de aglomerados de alta e baixa acessibilidade mais evidente em 2015 do que em 2030, a dependência espacial reduz-se consideravelmente neste período. Entretanto, a redução da dependência espacial não indica uma redução da desigualdade espacial, já que o Centro ampliou sua importância sobre as demais regiões da cidade e a parte Sul continuam sendo aquelas com os piores níveis de acessibilidade. A redução do índice de Moran indica apenas que houve aumento da heterogeneidade espacial da acessibilidade entre as zonas, indicando que fatores localizados, como a instalação de

estações de metrô (ou aumento do tempo de espera nas paradas de ônibus), contribuíram no aumento (ou redução) da acessibilidade nessas zonas, sem que isso, significasse em um aumento (ou redução) da acessibilidade das zonas imediatamente vizinhas.

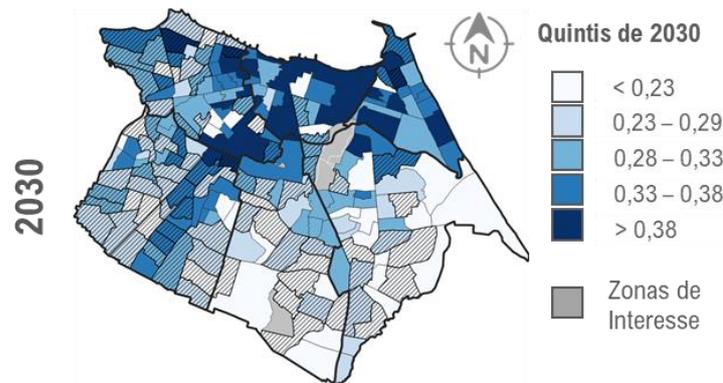
Figura 68 - Distribuição espacial da acessibilidade da baixa renda para 2015 e 2030



Quando se observa a acessibilidade em 2030 utilizando as divisões de classe dos quintis de 2015 (Figura 68), verifica-se uma piora significativa da acessibilidade em praticamente todas as zonas, decorrente da menor razão entre oportunidades de empregos e domicílios existente na capital. Entretanto, a subdivisão do mapa em quintis do ano 2030 (Figura 69), permite verificar que as zonas com os melhores níveis de acessibilidade estão mais distribuídos entre as regiões da parte Norte da cidade do que em 2015. As regiões periféricas Sul, Sudeste e Sudoeste que já sofriam com níveis de acessibilidade mais reduzidos são ainda mais penalizados em 2030. Evidencia-se assim que a desigualdade espacial, ou do Tipo A, apesar de possuir uma configuração que favorece a região Noroeste Oeste da cidade, local de residência de grande parte da população de baixa renda, ainda vai se apresentar de maneira intensa em Fortaleza, já que a região Central continua sendo a área com os maiores níveis de acessibilidade, os quais são, proporcionalmente, maiores do que as da região periférica em 2015.

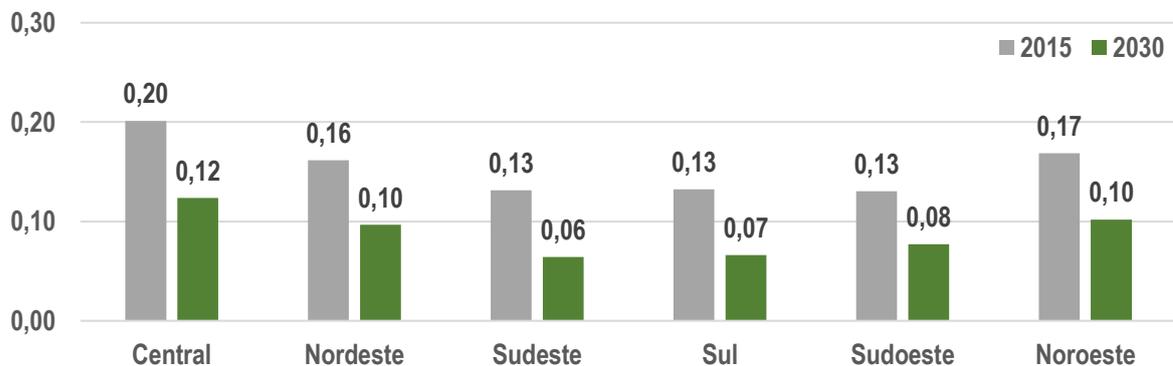
Para a alta renda, a média da acessibilidade provida é de 0,088 em 2030, enquanto a média da acessibilidade da população de alta renda é de 0,100, portanto 14% maior, o que indica uma maior quantidade de domicílios de alta renda nas regiões com os maiores níveis de acessibilidade. Esses resultados evidenciam que a alta renda continua a migrar para as regiões de maior acessibilidade, já que em 2015 essa diferença era de 12%. Observa-se também uma redução brusca da acessibilidade média da alta renda, também influenciada pela razão entre número de oportunidades de empregos e domicílios.

Figura 69 - Distribuição espacial da acessibilidade da baixa renda para 2030



Em 2030 (Figura 70) as regiões Central e Nordeste continuam sendo as que possuem as maiores acessibilidades para a alta renda, mas agora entre nesse grupo a região Noroeste; enquanto as regiões Sudeste, Sul e Sudoeste continuam sendo as de menor acessibilidade. Essas disparidades, fazem com que viver na região Central possa gerar uma acessibilidade até 60% melhor que residir em outras regiões da cidade. Em todas as zonas da cidade, ocorreu uma redução de acessibilidade mais acentuada do que aquela ocasionada pela competitividade global pelas oportunidades de empregos, de 13%, indicando que outros fatores, advindos das restrições do SUS ou do ST, também contribuíram acentuadamente nesta redução.

Figura 70 - Acessibilidade média da alta renda por região para 2015 e 2030



Enquanto ocorre redução da dependência espacial da acessibilidade para a baixa renda, para a alta renda essa dependência aumenta levemente, indicando que os aglomerados são ainda maiores (Figura 71). Neste caso, pela concentração do aglomerado de baixa acessibilidade nas regiões periféricas e do aglomerado de alta acessibilidade na região Central, pode-se dizer que há um aumento da desigualdade Tipo A para a população de alta renda. Destaca-se ainda que as zonas com os melhores níveis continuam sem coincidir, em sua grande maioria, com as ZIs. A distribuição espacial da acessibilidade em 2030, utilizando os quintis de 2015, evidencia principalmente a redução geral dos níveis de acessibilidade da cidade, também decorrente da competitividade global. Quando se observa a acessibilidade de 2030 utilizando as divisões de classe dos quintis de 2030 (Figura 72), verifica-se um padrão espacial similar ao de 2015, mas com uma leve redução de zonas com elevados níveis de acessibilidade na região Nordeste e um aumento dessas zonas na região Nordeste.

Figura 71 - Distribuição espacial da acessibilidade da alta renda para 2015 e 2030

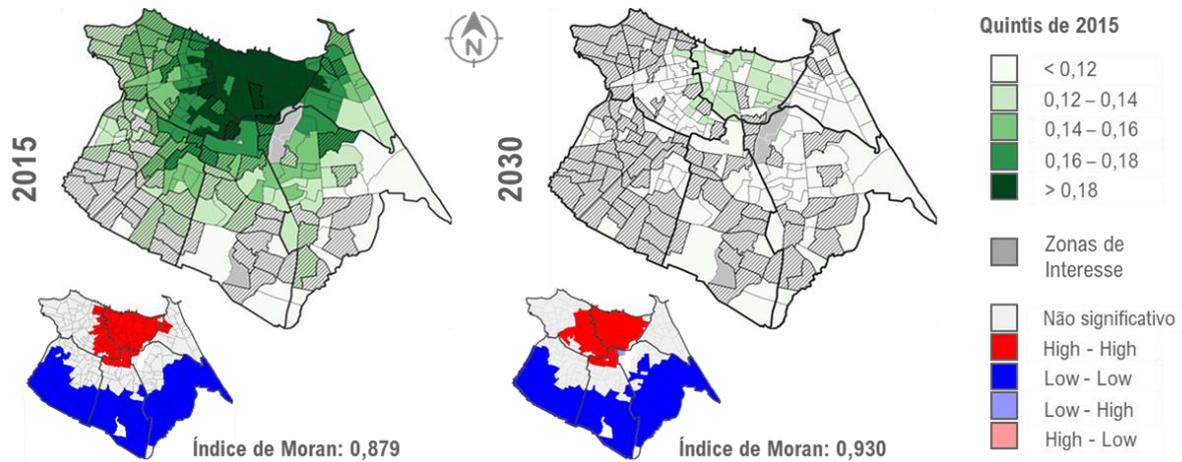
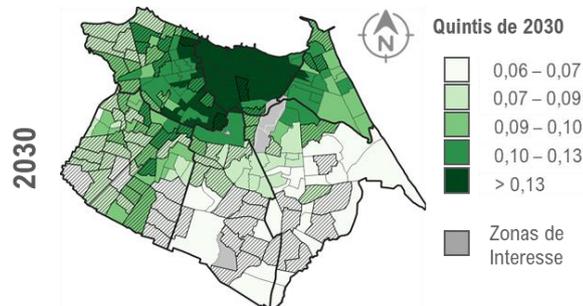


Figura 72 - Distribuição espacial da acessibilidade da alta renda para 2030



Percebe-se assim que as regiões periféricas Sudeste, Sul e Sudoeste que já sofriam com níveis de acessibilidade mais reduzidos são ainda mais penalizados em 2030 e a região Sudeste foi a que teve a queda de acessibilidade mais acentuada. Evidencia-se assim que a desigualdade Tipo A intensifica-se para a população de alta renda, entretanto esse grupo populacional reside atualmente justamente nas regiões com os melhores níveis de acessibilidade. A população de baixa renda não conseguirá reverter a situação de desigualdade a que é submetida, tendo que continuar vivendo, na grande maioria, nas zonas de interesse. Essa situação acaba por indicar uma piora das condições de desigualdade Tipo B no ano de 2030, já que não há políticas que incentivem a ocupação da população de baixa renda à região Central da cidade.

A desigualdade Tipo C, caracterizada a partir das condições das desigualdades Tipo A e Tipo B, ocorre na medida em que as populações de baixa e alta renda em 2030 precisam viver com níveis menores de acessibilidade que as população de 2000 e 2015 ocasionados sobretudo pela pior relação entre oferta e demanda por empregos. Essa redução dos níveis de acessibilidade globais pode ter favorecido para que a baixa renda experimente condições de desigualdades espaciais menos intensas, enquanto para a alta renda essa desigualdade aumentou. Apesar disso, a alta renda ainda continuará a viver nas zonas de maior acessibilidade e a baixa renda nas de pior, o que caracteriza também a desigualdade Tipo B.

### 7.2.5 Identificação das Zonas Problemáticas, Críticas e Prioritárias

As zonas problemáticas Tipo A são aquelas em que o nível de acessibilidade da população de baixa renda possui a maior diferença para as zonas de melhor acessibilidade. Foram estabelecidos três cortes para incluir uma zona como problemática ou não. Esses cortes foram estabelecidos a partir do percentual de pessoas de baixa renda que residem em zonas com esses limites, ou abaixo deles. Na Figura 73.a as zonas em vermelho representam as zonas problemáticas, considerando como limites a acessibilidade provida para 25%, 50% e 75% da população de baixa renda.

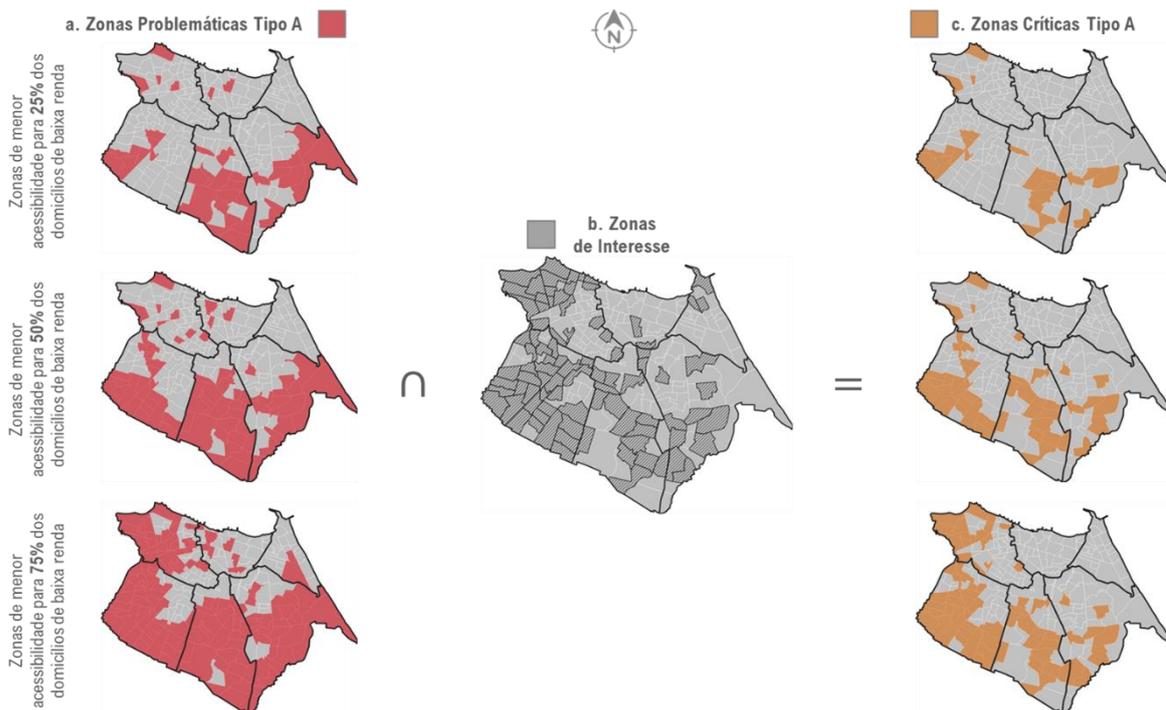
Percebe-se que as zonas com os menores níveis de acessibilidade estão nas zonas periféricas, pois são as que aparecem no mapa com corte de 25% da população de baixa renda. Na região Sul, as zonas problemáticas representam 40% do total de zonas considerando o corte de 25% e chegam a 90% do total de zonas considerando o corte de 75% da população incluída em zonas problemáticas. Zonas na região Nordeste apenas aparecem como problemáticas com o corte de 75%, enquanto as primeiras zonas problemáticas da região Central ocorrem com um corte de 50%. Dessa forma, 19% das zonas da região Central são incluídas como problemáticas, enquanto apenas 10% das zonas da região Nordeste recebem essa categorização.

A interseção das zonas de interesse (Figura 73.b) com as zonas problemáticas originam as zonas críticas (Figura 73.c). Para nenhum dos três cortes utilizados as zonas problemáticas das regiões Central e Nordeste coincidiram com as zonas de interesse, dessa forma, não existem zonas críticas do Tipo nessas duas regiões. A região Sudeste que antes aparecia com 72% das suas zonas como problemáticas, passa a ter no máximo 21% das suas zonas como sendo críticas, por outro lado a região Sudoeste que tinha 76% das zonas consideradas como problemáticas tem 54% delas como críticas, considerando um corte de 75% da população. Destaca-se assim que a problemática pode até ser intensa em determinadas zonas, mas nem sempre essas zonas são aquelas em que a população de interesse está localizada.

A definição das zonas problemáticas de desigualdade Tipo B passa pela interseção das zonas problemáticas Tipo A para a baixa renda com as zonas não problemáticas do Tipo A para a alta renda (Figura 74.a) com as zonas ditas “não” problemáticas Tipo A para a alta renda (Figura 71.b). Esse segundo tipo de zona, definido a partir do percentil populacional que reside nessas zonas, acaba por concentrar-se próximo à região Central, já que é ali em que estão as melhores condições de acessibilidade para todos. A pequena diferença entre o mapa com corte de 25% e o de 50% e a grande diferença entre o mapa de 50% e de 75% reforçam a concentração populacional da alta renda na região Central. As zonas problemáticas Tipo B (Figura 74.c) são aquelas que evidenciam as piores condições de acessibilidade para a baixa renda, mas as melhores condições para a alta renda. Essas zonas não aparecem quando considerados os limites de 25% da população para definir o que é uma situação ruim para a baixa renda e para definir o que é uma situação boa para a alta renda. Ao considerar um limite de 50% são identificadas as primeiras zonas desse tipo na região Central, são apenas 3 zonas que evidenciam esse problema. Por fim, um aumento do limite para 75% aumenta esse número para 40 zonas consideradas problemáticas, estando nesse grupo 40% das zonas da região Noroeste, evidenciando esta região como a principal ao se discutir as condições de desigualdades socioespaciais. com as zonas de interesse só foram encontradas zonas críticas para o limite de

75% de população. Foram 13 zonas críticas do Tipo B, exclusivamente localizadas nas regiões Sul, Sudoeste e Noroeste, sendo nesta última a de maior incidência, já que 18% das suas zonas foram consideradas críticas. Nessas zonas, nem mesmo a presença acentuada da população de baixa renda conseguiu atrair investimentos para o transporte público, cuja acessibilidade provida nessas zonas é inferior ao de 25% da população da baixa renda, além disso, a população de alta renda que ali reside e que utiliza modos motorizados individuais consegue ter uma acessibilidade superior a 25% de toda a população de alta renda.

Figura 73 - Identificação das zonas problemáticas e críticas do Tipo A



Ao realizar a interseção das zonas problemáticas Tipo B com as zonas de interesse só foram encontradas zonas críticas para o limite de 75% de população. Foram 13 zonas críticas do Tipo B, exclusivamente localizadas nas regiões Sul, Sudoeste e Noroeste, sendo nesta última a de maior incidência, já que 18% das suas zonas foram consideradas críticas (Figura 75). Nessas zonas, nem mesmo a presença acentuada da população de baixa renda conseguiu atrair investimentos para o transporte coletivo, cuja acessibilidade provida nessas zonas é inferior ao de 25% da população da baixa renda, além disso, a população de alta renda que ali reside e que utiliza modos motorizados individuais consegue ter uma acessibilidade superior a 25% de toda a população de alta renda.

As zonas problemáticas Tipo C (

Figura 76) são aquelas em que se evidenciam os problemas de desigualdades do Tipo A ou do Tipo B no cenário tendencial de 2030. Percebe-se que essas zonas são frequentes mesmo considerando o nível de corte da acessibilidade para 25% da população, para os quais já se observa que 72% das zonas da região Sudeste foram classificadas como problemáticas. No corte mais elevado, de 75%, em que uma maior quantidade de zonas é classificada como

problemática, observa-se que 97% das zonas da região Sudeste e 93% das zonas da região Sul foram classificadas como problemáticas. É interesse notar que no mapa com maior corte, as zonas por onde passam as linhas de metrô Sul, Oeste, Leste e VLT fazem parte do conjunto de zonas ditas não problemáticas, evidenciando as boas condições de acessibilidade que o sistema metroviário pode trazer para a população de baixa renda quando devidamente implantado e operacional.

As zonas críticas do Tipo C (

Figura 76) estão mais dispersas nas periferias, de tal forma, que a região Central possui apenas 6% de suas zonas consideradas como críticas na pior situação. Por sua vez, as regiões Sul e Sudoeste figuram com 50% das suas zonas como críticas do Tipo C. Vale mencionar que a região Sudeste que tem no primeiro corte 21% das zonas como críticas e apresenta-se como a que possui maior concentração de zonas críticas, apresenta-se no último corte com 31% das suas zonas como críticas e sendo apenas a terceira em concentração de zonas críticas.

Figura 74 - Identificação das zonas problemáticas do Tipo B

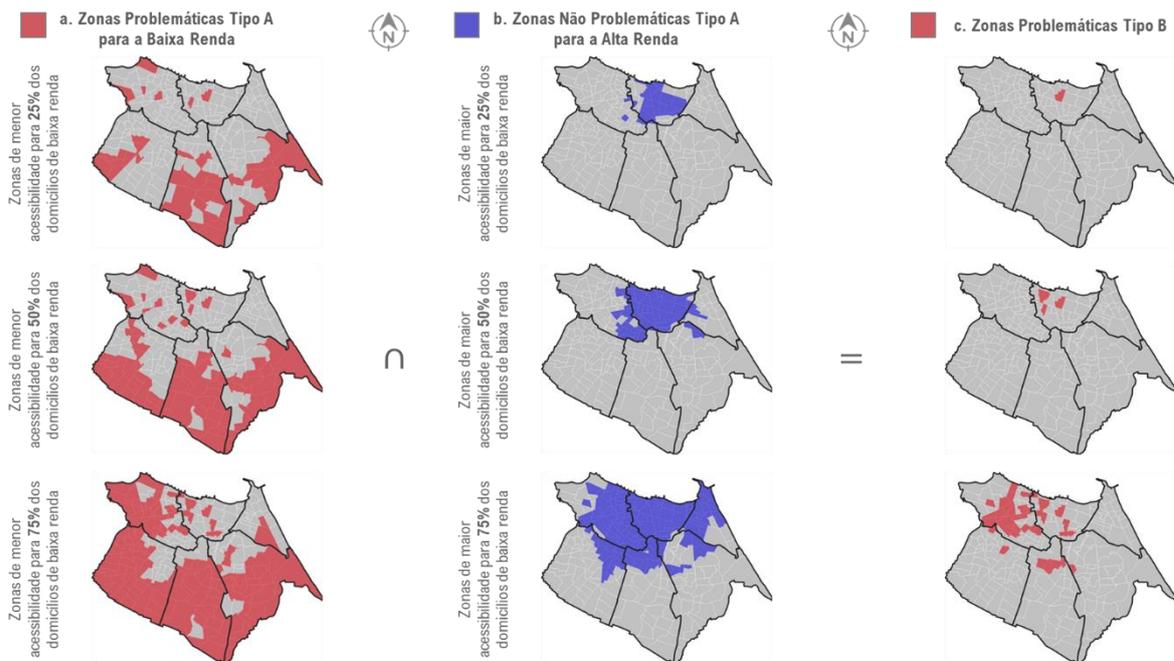


Figura 75 - Identificação das zonas críticas do Tipo B

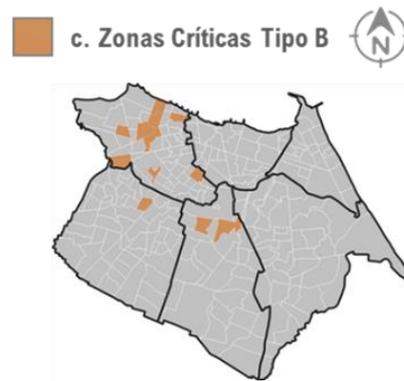
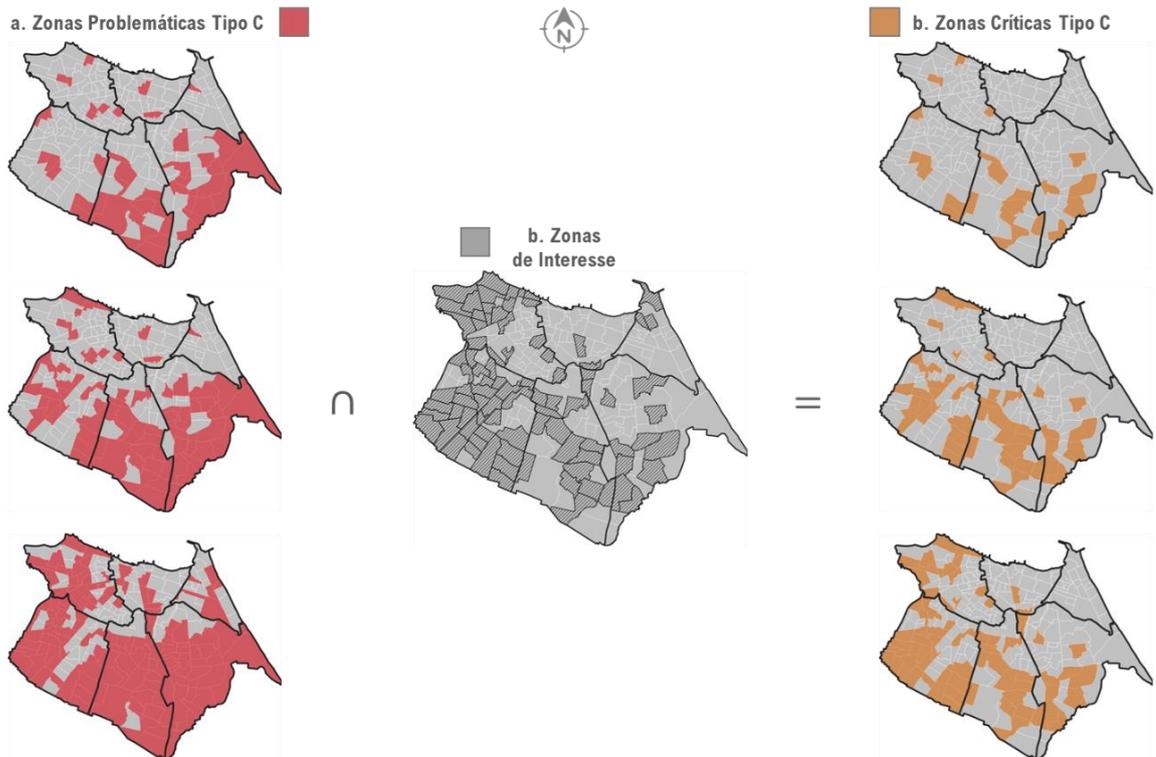


Figura 76 - Identificação das zonas problemáticas e críticas do Tipo C



### 7.2.6 Hierarquização das Zonas

A combinação dessas zonas pode gerar diversas categorias, mas algumas delas se destacam e merecem maior atenção e são apresentadas na Tabela 39. A primeira desse grupo são as zonas sem classificação, mais concentradas no lado Norte da cidade são zonas que não são críticas e nem consideradas problemáticas para nenhum dos três tipos de desigualdades. Essas zonas possivelmente possuem predominância da população de média e alta renda e são áreas de difícil migração para a baixa renda, entretanto são também nessas zonas onde se concentram boas condições de acessibilidade (quando comparadas a outras zonas da cidade) para a baixa e para a alta renda e para onde deve existir um incentivo para que a população de baixa renda ocupe essas regiões.

As zonas identificadas como sendo apenas de interesse (Tabela 39) concentram-se no lado leste e praticamente não existem no corte de 75%. Nessas zonas, a população de baixa renda já se encontra em grande quantidade, mas não foram classificadas como zonas problemáticas para nenhum dos três tipos de desigualdade. Nessa situação a permanência dos que ali já reside deve ser garantida, evitando que as condições aceitáveis de acessibilidade sejam instrumento de valorização imobiliária e consequente expulsão da população de baixa renda que ali reside.

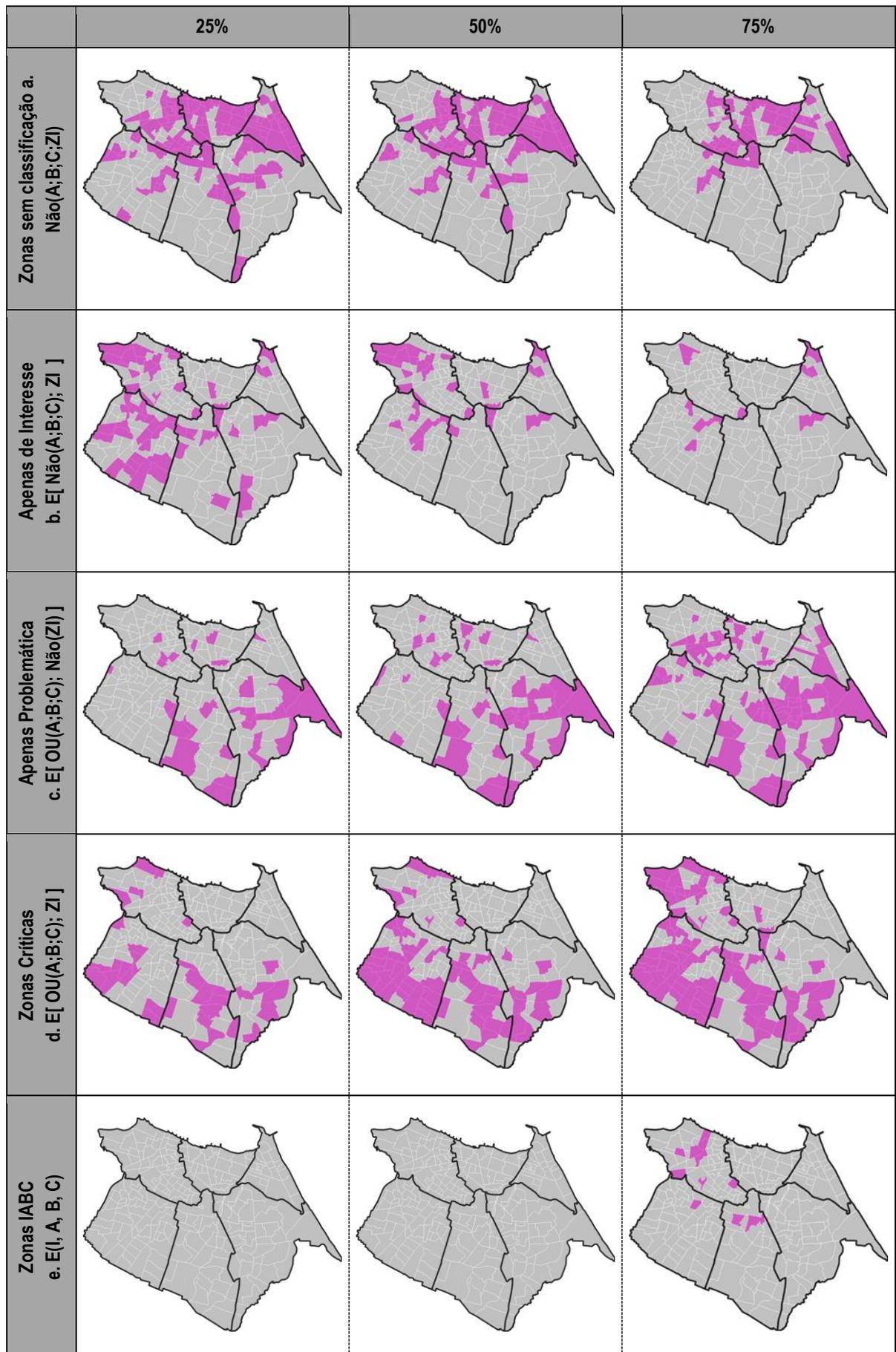
O terceiro tipo de zona que merece atenção são as zonas consideradas problemáticas para qualquer um dos três tipos de desigualdade, mas que não são de interesse (Tabela 39). Nessas zonas, não há concentração da população de baixa renda, mas há problema(s) de desigualdade, dessa forma, deve-se desestimular a ocupação dessas áreas e, se possível, até promover a migração dessa população para as zonas sem classificação ou apenas de interesse. Esse tipo de zona é predominante no lado Oeste da cidade. A continuidade da ocupação dessas poderá acarretar piores condições de desigualdades na acessibilidade.

As zonas críticas (Tabela 39), independentemente do tipo de desigualdade, constituem um grupo periférico de zonas em que há algum tipo de problema, mas onde também existe concentração da baixa renda. Pela concentração das pessoas nessas zonas não é tão simples incentivar a migração para outras áreas, mas, se possível, ela deve ser incentivada para áreas de melhores condições de acessibilidade. Entretanto, o mais lógico é que essas zonas sejam beneficiadas por soluções de intervenções que venham a reduzir as desigualdades ali estabelecidas. Ressalta-se que essas intervenções não precisam ocorrer necessariamente apenas dentro de cada zona, já que a modificação em uma zona irá afetar a acessibilidade de todas as outras.

Zonas críticas do Tipo A precisam receber intervenções que venham a minimizar as diferenças de acessibilidade para com as zonas da região Central, especialmente através de intervenções do uso do solo que reduzam as distâncias às oportunidades de emprego, como o incentivo ao estabelecimento de novas oportunidades de emprego nessas zonas. Zonas críticas do Tipo B precisam de intervenções que priorizem o transporte público em detrimento ao motorizado individual, dessa forma, reduz-se as disparidades entre os dois modos e consequentemente entre os dois grupos populacionais. Para as zonas críticas do Tipo C não é tão simples apontar as soluções que podem reduzi-las, já que a causa pode ser justamente um dos outros dois tipos já mencionadas, dessa forma, soluções do sistema de transporte e do uso do solo precisam atuar em conjunto para mitigar essas desigualdades.

Por fim, o último grupo de zonas é formado por aquelas que são de interesse e problemáticas pelas desigualdades do Tipo A, B e C. Essas zonas são menos frequentes que as demais e só são evidenciadas no maior corte utilizado para a definição da problemática. São apenas 11 zonas localizadas nas regiões Noroeste, Sudoeste e Sul as quais sofrem as quais estão susceptíveis às desigualdades espacial, socioespacial e geracional. Neste caso, intervenções conjuntas de atuação nos sistemas de transportes e de uso do solo precisam ser realizadas, a fim de retirá-las dessas condições.

Tabela 39 - Hierarquização das Zonas



### 7.3 Considerações Finais

Andrade *et al.* (2017) verificaram que a acessibilidade da população de baixa renda em 2015 se distribui de maneira concêntrica, com os melhores níveis na região Central e os piores nas regiões periféricas, em especial, nas regiões Sudoeste, Sul e Sudeste. Identificaram ainda aglomerados de alta e de baixa acessibilidade em regiões opostas da cidade, sendo o extremo sul de Fortaleza o que possui os piores níveis. A partir da análise comparativa com o ano de 2000 realizada nesse trabalho, verifica-se que a desigualdade espacial na acessibilidade a qual está submetida a população de baixa renda não é um fenômeno recente. Desde 2000 (e possivelmente, antes disso) a população de baixa renda já experimentava desigualdade na distribuição espacial da acessibilidade. Encontram-se evidências de que entre 2000 e 2015 essa condição espacial tenha melhorado, já que a região Central reduz de maneira mais acentuada sua acessibilidade, em comparação ao lado Oeste da cidade, apesar de ainda continuar sendo a região com os melhores níveis de acesso. Entretanto, as condições de competitividade global pelas oportunidades de emprego fazem com a acessibilidade de 2015 seja consideravelmente menor do que aquela verificada em 2000, indicando que o número de pessoas em busca de emprego cresceu mais que as oportunidades de empregos.

Verifica-se uma tendência entre 2000 e 2015 da população de alta renda migrar para o lado Leste da cidade e que, apesar de ser um fenômeno recente, já produz um aumento das oportunidades de empregos formais e informais para a população de baixa renda e rapidamente deverá também estimular a ampliação da oferta de empregos para a alta renda. Por sua vez, a população de baixa renda é forçada a concentrar-se ainda mais no lado Oeste, onde estão os níveis mais baixos de acessibilidade, ampliando assim as disparidades nas condições de acessibilidade entre ricos e pobres. Lima *et al.* (2019) apontaram em Fortaleza a existências de duas cidades: a ‘Cidade dos Ricos’, compactada quase que totalmente no espaço da forte centralidade do território urbano e metropolitano, onde se concentra a oferta da maioria das oportunidades de emprego para todas as faixas de renda e possui os melhores níveis de acessibilidade, permitindo, para quem mora ali, alcançar rapidamente seus postos de trabalho por automóvel; e a ‘Cidade dos Pobres’, que vem sendo historicamente expandida para áreas com as piores condições de acessibilidade às suas oportunidades de emprego, fazendo com que sua população comprometa uma fatia elevada do seu orçamento familiar com transporte, especialmente quando forçadas à informalidade nas condições de emprego. Dessa forma, verifica-se que a desigualdade socioespacial na acessibilidade em Fortaleza é uma constante desde 2000 e que só se reforça em 2015.

Entre 2015 e 2030, as condições de acessibilidade podem vir a se alterar de maneira a favorecer a população de baixa renda: a implantação do sistema metroferroviário em Fortaleza possui a capacidade de melhorar os níveis de acessibilidade da região Noroeste quando comparada às outras áreas da cidade, essa região é aquela que concentra grande parte da população de baixa renda em 2015. Um sistema rápido sobre trilhos poderia facilitar a locomoção da população aos postos de trabalho em qualquer lugar da cidade. Apesar disso, as condições de desigualdade espacial só iriam se agravar, já que a região Central se tornaria ainda mais acessível, em virtude, da conexão provida pelas quatro linhas metroferroviárias. Para a alta renda, as condições de acessibilidade tendem a melhorar, pois a região Central concentra

ainda mais as zonas com os melhores níveis de acessibilidade; entretanto, não se verificam incrementos na acessibilidade na região Sudeste, já que não foram consideradas intervenções nesse lado da cidade.

Esses resultados para 2030 desconsideram que: 1) a melhoria na acessibilidade decorrente da implantação do sistema metroferroviário poderá valorizar o solo na região próxima às estações do metrô e por conseguinte expulsar a população de baixa renda dessas áreas, o que só ampliaria as condições de desigualdade; 2) a construção do metrô irá favorecer a localização da população de baixa renda em regiões ainda mais periféricas, mas que neste estudo estão limitadas ao limite do município de Fortaleza, entretanto, cidades limítrofes como Caucaia e Maracanaú, já portam-se como cidades dormitórios para parte da força de trabalho fortalezense, a incorporação dessas condições, iria apenas reforçar as condições de desigualdade às quais estão submetidas à população de baixa renda, como pode ser visto em Souza e Loureiro (2018); 3) a migração da alta renda para a região Sudeste, apesar de já ter gerado empregos para a baixa renda entre 2000 e 2015, não influencia significativamente a modificação dos empregos para a alta renda, por ser um fenômeno recente, dessa forma, não foi incorporado na projeção para 2030; entretanto, espera-se que haja um aumento substancial dessa oferta de empregos até 2030, de tal forma, que a acessibilidade da alta renda será maior nessas regiões o que favoreceria a ampliação das desigualdades socioespaciais.

São por essas condições de desigualdades espacial, socioespacial e insustentável na acessibilidade que as zonas ditas não problemáticas se concentram sempre no lado Norte da cidade, em especial na região Central, e as zonas críticas são mais evidentes no lado Sul, principalmente, na região Sudoeste. Cada uma delas merece ter atenção própria e serem reconhecidas individualmente em um processo de planejamento como zonas distintas, com pessoas que possuem necessidades e desejos distintos e muitas vezes antagônicos, mas que passam por problemas similares.

Toda essa complexidade de relações entre atividades, uso do solo e transportes na formação da acessibilidade gera uma inquietação na busca pelos elementos que mais atuam para definir os níveis de acesso da população. Andrade *et al.* (2017), Lima *et al.* (2019) e Castro (2019) discutem exploratoriamente o efeito que elementos advindos do subsistema de uso do solo possuem sobre a acessibilidade em Fortaleza, especialmente o *spatial mismatch* e a monofuncionalidade de usos. Neste trabalho, verifica-se de maneira exploratória que elementos dessa parte da acessibilidade, especialmente a presença de empregos nas zonas e a distância às oportunidades de empregos providas nas centralidades, que figuram entre as restrições com as maiores dependências espaciais para com a acessibilidade em 2000 e em 2015 e para qualquer que seja o grupo social.

Além disso, restrições do sistema de transportes estão espacialmente relacionadas com a acessibilidade: para a baixa renda, a cobertura, a frequência, a presença de linhas de alta capacidade, a conectividade e a distância aos terminais da rede são similares na sua influência sobre a acessibilidade; já a conectividade da malha viária possui uma das relações mais baixas com a acessibilidade da alta renda, enquanto a presença de vias de alta capacidade, conectividade e distâncias às interseções de alta capacidade figuram como restrições bem relacionadas com os níveis de acesso da alta renda. Por fim, a influência do subsistema de

---

atividades, mesmo que incluído de maneira simplificada e global, indica uma forte tendência de redução da acessibilidade da cidade, por meio do aumento da competitividade pelas oportunidades de empregos.

Apesar das altas correlações espaciais com a acessibilidade, às distâncias às oportunidades de emprego, não figuram em todos os modelos calibrados e considerados neste trabalho, entretanto são variáveis dependentes nos modelos da baixa e da alta renda em 2000, e apresenta-se como a restrição que mais impacta na acessibilidade. Em 2015, esse efeito altera-se, dando espaço para o aumento da influência dos elementos do subsistema de transportes: para a baixa renda, ganha destaque a distância aos terminais de integração, o que não era esperado, já que se implantou a integração temporal neste período de 15 anos; para a alta renda, ganha destaque a distância às interseções de alta capacidade, que representam a facilidade de conseguir escapar das regiões com os piores níveis de serviços da malha viária. Ressalta-se que essas relações não indicam necessariamente relações de causalidade, portanto, ampliar a quantidade de terminais, ou o número de vias de alta capacidade, não necessariamente aumentará a acessibilidade desses grupos. Isso fica evidente, pelos diferentes impactos das restrições que ocorrem entre 2000 e 2015.

## 8 CONCLUSÕES

Para uma melhor discussão dos resultados alcançados dessa pesquisa, esse capítulo foi estruturado em contribuições fenomenológicas, em que serão resumidas as condições de desigualdades na acessibilidade ao trabalho em Fortaleza e quais as suas causas; contribuições metodológicas, onde serão apresentadas as decisões de método que podem ser úteis não apenas ao município de Fortaleza; recomendações científicas, em que se busca a partir das limitações metodológicas elencar possíveis caminhos para trabalhos futuros; e recomendações técnicas direcionadas a todos aqueles que discutem o processo de planejamento urbano integrado entre uso do solo e transportes.

### 8.1 Contribuições Fenomenológicas

A discussão sobre a evolução urbana da capital cearense possibilitou a construção de uma representação da problemática a partir da investigação de hipóteses de desigualdades econômicas, do *spatial mismatch* e das ineficiências na distribuição espacial na oferta de transportes sobre as desigualdades socioespaciais na acessibilidade ao trabalho da cidade. Os processos de periferização da população de baixa renda, de descentralização residencial da alta renda e de concentração de empregos acompanhadas das expansões localizadas da malha viária e da rede de transporte público, juntamente com as condições de desigualdade socioeconômicas que assolaram a população e o território de Fortaleza nos primeiros anos do século XXI auxiliaram na consolidação de desigualdades socioespaciais na acessibilidade ao trabalho cidade. Pode-se dizer que esses processos contribuíram para que a população de baixa renda resida do lado oeste da cidade, precisando se deslocar por longas distâncias utilizando o transporte público até alcançar os empregos e para que a população de alta renda, que possui condições de adquirir veículos motorizados individuais, ocupe prioritariamente a região Central onde estão concentradas as oportunidades de empregos.

Esses processos culminam em pelo menos três tipos de desigualdades. A concentração de empregos na região Central faz com que a acessibilidade daqueles localizados nessa região seja melhor do que daqueles que residem em qualquer que seja a região periférica, independente do grupo e do período de análise, configurando uma situação de desigualdade espacial na acessibilidade ao trabalho. Há ainda uma desigualdade espacial entre as regiões periféricas norte e sul, pois as primeiras possuem infraestrutura de transportes consolidada e estão mais próximas da região Central, o que lhe confere níveis melhores de acessibilidade do que as regiões periféricas na parte sul da cidade. O processo de periferização e de dependência da rede de transporte público a que foi submetida a população de baixa renda fez com que residissem nas zonas com os piores níveis de acessibilidade, enquanto a população de alta renda encontra-se nas regiões mais privilegiadas, caracterizando assim uma situação de desigualdade socioespacial. Já o maior aumento da população do que dos empregos deteriorou o valor absoluto da acessibilidade entre as gerações, sugerindo uma pior situação de desigualdade socioespacial entre gerações.

Ao longo do tempo, o grupo de baixa renda é continuamente forçado a residir nas regiões com as piores condições de acessibilidade e mesmo intervenções que podem ajudar a melhorar seus níveis de acessibilidade podem se tornar catalizadores do aumento das desigualdades como é a expansão do sistema metroferroviário, caso não esteja acompanhada de intervenções de uso do solo. Os níveis de acessibilidade desse grupo geram impactos na dinâmica da cidade, pois possivelmente implicam em maiores tempos de viagem até os empregos, gerando impactos ambientais e socioeconômicos, por meio da ampliação da dependência por veículos motorizados e da redução de tempo disponível para participar de outras atividades sociais, reduzindo sua qualidade de vida e indo contra a garantia de justiça social no provimento da acessibilidade.

Os níveis de acessibilidade apresentam-se mais relacionados com restrições do subsistema de uso do solo, especialmente quanto a presença de empregos nas zonas e as distâncias às oportunidades de empregos nas centralidades e de maneira menos intensa com restrições advindas do subsistema de transportes, como conectividade, cobertura, distâncias a pontos de maior conectividade da rede de transporte público e malha viária. Essas restrições variam sua influência a depender do período em que a acessibilidade é analisada, mas para a acessibilidade da população de baixa renda a presença de empregos nas zonas, a conectividade provida pela rede de transporte público e a proximidade com os terminais de integração são restrições que se mantêm constantes entre aquelas mais relevantes em 2000 e em 2015 e, portanto, evidenciam de maneira mais intensa possíveis relações de causalidade dessas restrições com a acessibilidade.

Fortaleza apresentou-se ainda como uma cidade em que grande parte da sua população depende da informalidade dos empregos. Enquanto os mais ricos dependem da informalidade mais relacionada com a prestação de serviços autônomos e como empresários; a população de renda mais baixa depende de empregos sem carteira de trabalho. Esses empregos acabam por se distribuir de maneira similar aos empregos formais, não tendo sido encontradas evidências que apontem para uma conclusão diferente. Entretanto, existe ainda uma parcela significativa da população que trabalha no mesmo lugar que reside, o que favorece maiores níveis de acessibilidade para a população, já que nesses casos, são reduzidas as impedâncias médias às oportunidades de emprego.

## **8.2 Contribuições Metodológicas**

Tratar a problemática como elemento principal do processo de planejamento é um dos principais pilares do paradigma atual do planejamento urbano integrado do uso do solo e dos transportes focado na acessibilidade. O diagnóstico estratégico de uma problemática é um dos momentos em que esse pilar é reconhecido, pois é por meio dele que se pode compreender essa problemática e avaliar suas relações de causalidade para que só depois parta-se para um esforço de definição de objetivos, proposição e avaliação de soluções. Este trabalho contribui neste processo, a partir da consolidação e aplicação de uma proposta metodológica de diagnóstico estratégico das desigualdades socioespaciais na acessibilidade ao trabalho em Fortaleza,

---

avanzando na especificação dos objetivos e na utilização das ferramentas de modelagem nas etapas de identificação, caracterização e diagnóstico.

Entre os avanços desta proposta pode-se citar: i) incorporação da análise da situação passada da problemática, em busca de se encontrar mais evidências das relações de causalidade com as restrições, provendo aos atores o entendimento de como as desigualdades na acessibilidade estão evoluindo; ii) incorporação da análise em uma situação futura, permitindo avaliar a desigualdade entre gerações, subsidiando o entendimento das consequências de se continuar com os tipos de decisões tomadas no passado; iii) utilização de um indicador que incorpora diversos aspectos do deslocamento, a espacialização dos empregos por grupo socioeconômico e a competitividade global por esses empregos, possibilitando a incorporação dos efeitos dos subsistemas de atividades, uso do solo e transportes sobre a acessibilidade; iv) apresentação de mapas esquemáticos e simplificadores das análises realizadas que permitem uma melhor compreensão das desigualdades socioespaciais e facilitam a discussão entre os atores. Espera-se assim que ao reconhecer as áreas que possuem as condições mais precárias de acesso, assim como as causas para que isso esteja ocorrendo seja possível contribuir na definição de objetivos de planejamento e consequentemente na alocação de recursos financeiros que incentivem o desenvolvimento (ou implementação) de soluções que mitiguem os problemas nessas áreas mais deficitárias.

Diferentemente de problemas operacionais, em que os atores do sistema urbano são capazes de percebê-los e de levantar hipóteses de causalidade, defende-se que problemas estratégicos de uma cidade, como são as desigualdades na acessibilidade, necessitam de um conhecimento mais detalhado da evolução das condições socioeconômicas, espaciais e de deslocamentos para que se levantem hipóteses de causalidade. Isso não implica que os atores não devem participar desse processo, pelo contrário, todo esse processo é construído para que eles possam ter informações suficientes e adequadas sobre o problema e assim negociem seus conflitos de interesse com mais informações do que sua “vivência de mundo” e intuição.

O indicador de acessibilidade baseado em *logsum* apresenta-se como uma ferramenta poderosa de mensuração da acessibilidade: primeiro porque permite quantificar a impedância de deslocamento, considerando diversos atributos desse processo; segundo, porque reconhece as diferenças entre grupos sociais, reconhecendo que as percepções entre cada grupo de indivíduos variam e que isso afeta os níveis de acessibilidade; terceiro, pela perspectiva de poder avançar na mensuração da acessibilidade incorporando não apenas a impedância ao deslocamento, mas também a atratividade aos destinos. Por sua vez, a já difícil tarefa de compreensão e interpretação de resultados, seja por parte dos especialistas ou dos atores do processo de planejamento torna-se ainda mais desafiadora, pois indicador não possui um significado concreto.

É essa falta de significado que também pode dificultar a utilização do *logsum* em esforços de compreensão da problemática da acessibilidade que incorporem o princípio do suficientarianismo, em que é necessária a definição de um limite a partir do qual todos teriam suas condições básicas satisfeitas. Entretanto, definir um limite mínimo aceitável de acessibilidade é uma tarefa complexa com qualquer que seja o indicador. Entende-se que a proposta metodológica desta tese contribui para dar suporte à negociação dos atores ao definir

---

esse limite, por meio da espacialização e da identificação de zonas de interesse, problemáticas e críticas, produtos que possibilitam a comparação dos níveis de acessibilidade. Essa falta de significado pode ser benéfica em alguns casos, já que o conceito de acessibilidade traduzido por indicadores menos complexos e de fácil entendimento podem direcionar a discussão para aspectos da mobilidade, ao invés da acessibilidade. Ressalta-se ainda que em nenhum momento defende-se que o indicador utilizado no diagnóstico estratégico da problemática, seja o mesmo pelo qual os resultados são apresentados aos atores, ou iguais aos que serão utilizados na avaliação de alternativas de solução.

Vale a pena destacar que uma das limitações de indicadores de acessibilidade baseados no *logsum* reside no fato do mesmo não poder ser comparado entre grupos socioeconômicos distintos. Ao reconhecer essa limitação matemática do indicador, propõe-se um método análise das desigualdades socioespaciais que independe da comparação direta entre os valores absolutos desse indicador. A identificação das regiões com os piores níveis de acessibilidade para o grupo vulnerável e que, ao mesmo tempo, provém os melhores níveis de acessibilidade para o grupo de comparação permite identificar as zonas problemáticas do Tipo B em que essas desigualdades são mais acentuadas. Supera-se assim as dificuldades matemáticas desse indicador e ainda se consolida um produto de fácil entendimento para os atores.

Esse processo evolui ainda na metodologia de estimação da localização de empregos informais para cidades brasileiras a partir da utilização de bases de dados oficiais. Usualmente, esses empregos que representam pelo menos metade das formas de ocupação das cidades brasileiras e que mais recentemente passaram a ser responsáveis pela redução dos níveis de desemprego da população são simplesmente desconsiderados em análises de acessibilidade, ou assume-se que sua distribuição espacial ocorre exatamente igual ao dos empregos formais. Foi por meio desse procedimento que foi possível verificar as significativas taxas de empregos que ocorrem nas residências. Entretanto, precisa-se ainda evoluir para que seja incorporado a este método a estimação da localização dos empregos informais que ocorrem na rua e além disso, o procedimento passar por uma validação, por exemplo, a partir do uso de uma pesquisa domiciliar de origem e destino.

A utilização de um modelo LUTI nesse processo apresenta-se como ferramenta indispensável na mensuração dos níveis de acessibilidade da população. A capacidade que esses modelos possuem em estimar os impactos que modificações nos transportes sobre o uso do solo é reconhecidamente uma das suas principais características e fundamental na análise evolutiva e prognóstica da problemática da acessibilidade. Para que haja uma aceitável utilização dessa ferramenta entende-se que é necessário antes que mais nada reconhecer quais são os tipos de modelos e sua capacidade em simular a realidade que se propõem e como os parâmetros podem representar partes do fenômeno modeladas. Quando esses modelos são do tipo econométricos, defende-se que ao serem analisadas e interpretadas as magnitudes dos parâmetros calibrados é possível construir uma descrição do comportamento dos usuários ao tomarem decisões locais e de viagens que podem ser validadas. Entretanto, essa tarefa torna-se complexa pela necessidade de pelo menos dois cenários temporais de análise e pela imensa quantidade de dados de entrada e de parâmetros de calibração necessários ao esforço.

Apesar de se reconhecer a relevância da validação de qualquer modelo computacional, ainda são raras as tentativas de executá-la, seja pela dificuldade operacional, seja pela disponibilidade de dados. Também são raras as discussões sobre os procedimentos metodológicos por detrás da validação. Acredita-se assim que a proposta metodológica aqui apresentada, apesar de ser específica a cidade de Fortaleza, possa contribuir para outros esforços de validação de modelos por meio da utilização de dois cenários temporais; da utilização do comportamento dos usuários nesse processo e não apenas de medidas de desempenho dos subsistemas; e pelo reconhecimento de que a projeção de qualquer cenário de longo prazo implica necessariamente em modificações do comportamentos dos usuários desse sistema e não apenas dos dados externos à modelagem.

Por ser um modelo considerado agregado, o modelo *Tranus* possui restrições de representação espacial, de grupos socioeconômicos e de tipos de deslocamentos inerentes a esse tipo de modelagem, mas são essas restrições que obrigam os modeladores a buscarem a simplificação mais adequada para representar essa complexa realidade da acessibilidade da população. Entende-se que o nível de agregação proporcionado pelo *Tranus* interfere nos resultados obtidos, mas os quais são produzidos em nível de agregação compatível com um diagnóstico estratégico, em que a pluralidade das condições de acessibilidade precisa ser considerada, mas cujo detalhamento exacerbado dessas pluralidades na modelagem podem levar a conclusões equivocadas. Se esse modelo for espacialmente muito detalhado, as discussões que deveriam ser estratégicas podem passar a ser específicas de cada localidade.

### 8.3 Recomendações Científicas

Enquanto a acessibilidade é produto das restrições econômicas, geográficas e de transportes, esses níveis de acessibilidade são também capazes de reforçar essas limitações. Definir quem causa quem é uma preocupação menor frente à constatação de que esses elementos são dependentes, dessa forma, reduzir as restrições, ou melhorar a acessibilidade deverá ter efeitos positivos em toda a cadeia de relações de causalidade desde que realizada de maneira integrada e a partir de uma compreensão sistêmica desse fenômeno. Já as restrições possuem relação entre si e um diagnóstico específico para as problemáticas do *spatial mismatch* e das ineficiências da distribuição espacial da oferta de transportes podem contribuir em um melhor entendimento de como cada uma dessas restrições estão internamente relacionadas.

Ao focar na problemática da acessibilidade opta-se por não envolver diretamente os aspectos relativos à mobilidade, mas é fundamental incorporá-lo no processo de planejamento urbano integrado. Reconhecê-lo como parte indissolúvel desse processo talvez seja uma das formas de garantir que a redução das desigualdades nos níveis de acessibilidade implique em uma maior participação em atividades por parte do grupo vulnerável da população. Além disso, é por meio da incorporação de análises dos níveis de mobilidade que será possível estimar os efeitos socioeconômicos e ambientais de uma determinada condição de desigualdade na acessibilidade, assim como de uma política de intervenção.

O indicador de acessibilidade utilizado neste trabalho pode ainda evoluir para que represente melhor esse elemento. Acredita-se que pelo menos três limitações precisam ser

superadas: i) a representação da força de trabalho com o uso do número de domicílios não consegue representar as diferenças temporais e espaciais que ocorrem na cidade devido a modificação da quantidade de pessoas economicamente ativas em cada domicílios ao longo do tempo e entre gerações; ii) a utilização de uma relação global de competitividade que engloba todos os grupos socioeconômicos, ao invés de reconhecer que existem empregos mais direcionados a cada grupo; iii) a atratividade aos destinos é mensurada simplesmente pela quantidade de oportunidades de empregos disponíveis; apesar de subdividi-los por tipo de emprego e considerar suas respectivas relações com cada grupo de indivíduos, são desconsiderados todos os outros atributos que influem nessa atratividade, como qualidade das condições do empregos, salários, empatia pela localização em que o emprego está localizado; dessa forma, é o mesmo que estar estimando a impedância de deslocamento apenas pelo tempo de viagem separado por motivo de viagem.

Esse indicador, não só pela utilização do *logsum*, possui suas limitações de interpretação, dessa forma, são constantemente criticados pela dificuldade que se impõem à participação dos atores no processo de planejamento. Apesar de acreditar que a proposta metodológica apresentada neste trabalho pode contribuir na redução dessa dificuldade, entende-se também que pode ser utilizado um indicador paralelo de representação dessa problemática, menos complexo e de maior facilidade de entendimento podem ser utilizados para que se apresentem resultados aos atores. Dessa forma, sugere-se uma busca de qual, ou quais, indicadores poderiam ser utilizados nesse processo, de tal sorte que os resultados da compreensão das desigualdades socioespaciais na acessibilidade sejam mantidos.

As relações de causalidade neste trabalho foram analisadas a partir de modelos de regressão geponderada para analisar a dependência entre restrições e acessibilidade. Entretanto, já existem modelos que podem reconhecer a interação entre as restrições e suas influências diretas e indiretas sobre a acessibilidade, como é o caso do *Structural Equation Modeling*, dessa forma, podendo auxiliar na compreensão das relações de causalidade das restrições com a acessibilidade, entre as restrições internas a cada subsistema e ainda entre acessibilidade e mobilidade, que não foi tópico de debate nessa tese.

Na modelagem de longo prazo foi utilizado o modelo agregado *Tranus* e que, apesar de acreditar que o nível de agregação proporcionado pelo modelo é suficiente para o diagnóstico estratégico das desigualdades na acessibilidade, entende-se que esse modelo possui restrições na representação do fenômeno urbano quanto a sua dinamicidade, já que só simula o desbalanceamento dos subsistemas urbanos considerando equilíbrio entre demanda e oferta e em intervalos discretos de tempo. Os modelos LUTI ditos desagregados são um dos ferramentais que conseguem representar melhor essa dinamicidade urbana, mas exigirá um maior esforço de coleta de dados e possivelmente de calibração e validação. Dessa forma, sugere-se uma análise inicialmente conceitual dos benefícios e das dificuldades que a utilização de um desses modelos desagregados poderá trazer ao esforço de diagnóstico estratégico.

Os resultados do diagnóstico são ainda influenciados por pelo menos três decisões tomadas ao longo do trabalho e que mereciam uma análise sensibilidade de como afetaram a compreensão da problemática em Fortaleza: i) utilização de espaçamento temporal de 15 anos, que apesar de refletir alterações comportamentais significativas, pode ter sido um salto temporal

demasiadamente grande para a modelagem LUTI, de tal forma que a previsão de 2030 não consegue incorporar as modificações de decisões locais advindas da melhoria do sistema metroferroviário, entretanto, acredita-se que essas modificações iriam apenas agravar as condições de desigualdade; ii) tamanho das zonas, especificamente pelo problema de áreas modificáveis, mas cuja escolha teve como base um critério de homogeneidade socioeconômica; iii) não incorporação de cidades limítrofes e em alguns casos já conurbados com Fortaleza, como ocorre com os municípios de Caucaia, Maracanaú e Eusébio, pela dificuldade e, em muitos casos, inexistência de dados que permitissem uma análise no mesmo nível de detalhamento da que foi realizada para Fortaleza.

#### **8.4 Recomendações Técnicas**

O processo de planejamento urbano integrado entre uso do solo e transportes com foco na acessibilidade ainda não é estado da prática. Para que essa evolução aconteça, acredita-se que uma das mudanças necessárias seja o reconhecimento dos atores como principal interessado desse processo de planejamento, não apenas como um mero espectador, assistindo estaticamente à apresentação das “verdades inquestionáveis” ditas pelos especialistas, mas como principais interessados para os quais as informações precisam estar disponíveis. Como premissa, acredita-se que ao incorporar efetivamente esses atores como participantes do processo de planejamento, os especialistas começarão a buscar técnicas de como auxiliá-los a tomarem as decisões que lhe competem e ocuparão assim seu lugar nos bastidores desse processo. Neste cenário, uma proposta de processo de planejamento baseada em problemas é um caminho que se acredita ser adequado para possibilitar esse diálogo e a tomada de decisões.

Acredita-se que a compreensão necessária dessa problemática não tem como ser obtida por meio de uma análise meramente descritiva de bases de dados primárias e secundárias já existentes (processo esse que normalmente recebe o nome de diagnóstico). Também não é possível obtê-la e não se faz necessária, quando esses planos são meras análises de viabilidade de intervenções definidas antes mesmo de qualquer diálogo entre os atores; ou ainda quando os planos começam com objetivos traçados, que mais parecem um conjunto de intervenções. Defende-se neste trabalho que este esforço de compreensão da problemática seja realizado antes da definição de objetivos e de proposição de intervenções de solução por meio do diagnóstico estratégico. Em um processo bem estruturado, as etapas do diagnóstico contribuem para que cada ator compreenda melhor seus respectivos problemas e causas, mas, mais do que isso, compreendam também os problemas e as necessidades dos outros atores, proporcionando assim um ambiente de diálogo e de negociação de conflitos de interesses.

O diagnóstico estratégico depende de um conjunto de informações, muitas vezes utilizadas como indicadores e outras como dados que subsidiam a modelagem integrada do uso do solo e dos transportes. Dessa forma, recomenda-se a padronização e sistematização de coletas de algumas bases de dados. Para Fortaleza, as maiores dificuldades estiveram em: i) obtenção de bases de uso do solo do começo do século XXI, já que a base de dados disponibilizada pela SEFIN não apresenta as modificações ocorridas nos lotes, mas apenas o retrato atual dessa ocupação; ii) enquanto informações censitárias escolares, demográficas e de

empregos formais indicam a localização de cada um desses tipos de ocupação, a base de uso do solo da SEFIN identifica o tipo de ocupação, entretanto, como as informações censitárias só são disponibilizadas no nível do setor censitário não é possível relacionar essas bases, ou seja não se conhece que tipo de atividade ocorre em cada uma das ocupações, informação essa que contribuiria de sobremaneira na calibração dos modelos de uso do solo do Tranus; iii) apenas recentemente as bases censitárias dos empregos formais disponibilizaram o georreferenciamento das empresas, dessa forma, a distribuição espacial desses empregos para anos anteriores é comprometida e precisa ocorrer a partir da definição de diversas premissas; iv) por fim, discute-se atualmente a remoção da pergunta do tempo de viagem da coleta das PNADs, única informação coletada anualmente para o país e que permite um retrato histórico de como evoluiu o padrão de deslocamentos do país, além de sugerir que essa pergunta não seja retirada, sugere-se ainda que ela não seja coletada como uma variável contínua e que se pergunte o tipo mais usual de veículos nas cidades, o que facilitaria a contínua atualização de objetivos e metas dos processos de planejamentos das cidades brasileiras.

Se o propósito dessa contribuição é nortear a definição de objetivos e a avaliação de alternativas de soluções, vale a pena mencionar que soluções para o distanciamento crescente entre empregos e moradias devem ser pensadas, discutidas e avaliadas à luz dos conceitos de acessibilidade e, portanto, incorporando soluções que atuem em pelo menos dois lados deste fenômeno: o aumento da velocidade dos modos motorizados; ou a redução das distâncias entre emprego e moradia. Entretanto, melhorar as condições do deslocamento dos veículos motorizados individuais não deve ser política constante em uma cidade, pois em um *feedback* já reconhecido na literatura, acaba por induzir rapidamente mais demanda e aquilo que parecia ser uma solução, vira um novo problema. A ampliação da oferta do transporte público também precisa ser vista com parcimônia, pois a melhoria das condições do deslocamento de ônibus, metrô, VLTs, entre outros pode também direcionar o espraiamento da cidade e agravar no médio prazo as condições de acessibilidade. Dessa forma, recomenda-se que a ampliação da velocidade dos deslocamentos, ou outras interferências na infraestrutura de transportes precisam ser colocadas na mesa de negociação apenas após esgotadas todas as oportunidades de redução das distâncias entre emprego e moradia. Reconhece-se assim dentro da proposição de solução e não apenas conceitualmente que os deslocamentos são uma demanda derivada advinda da interação espacial entre atividades, dessa forma, atua-se primeiro para mitigar problemas que ocorrem na interação espacial entre essas atividades, antes de se buscar solucionar problemas internos ao subsistema de transportes.

Fortaleza passa atualmente por mais um esforço de planejamento estratégico denominado de Planejamento da Acessibilidade Sustentável, o que se propõe a ser um planejamento do tipo participativo, integrado e com foco na provisão da acessibilidade de maneira sustentável, elementos norteadores das decisões tomadas nessa tese, faltando apenas o uso do termo equitativo. O diagnóstico estratégico da problemática das desigualdades na acessibilidade ao trabalho realizado neste trabalho não substitui os esforços de compreensão da problemática que venham a ser realizados com a participação dos atores. Entretanto, acredita-se que as propostas metodológicas utilizadas nesse trabalho e as contribuições fenomenológicas resultantes da aplicação desse método possam ser um ponto de partida sobre como analisar e quais são as desigualdades na acessibilidade existentes na cidade.



## REFERÊNCIAS

- ABEP. **Critério de Classificação Econômica Brasil - 2003**. Brasil. 2003. Disponível em: <<http://www.abep.org/criterio-brasil>>.
- ABEP. **Critério de Classificação Econômica Brasil - 2015**. Brasil. 2015. Disponível em: <<http://www.abep.org/criterio-brasil>>.
- ACHEAMPONG, R. A.; SILVA, E. A. Land use – transport interaction modeling : A review of the literature and future research directions. **The Journal of Transport and Land Use**, v. 8, n. 3, p. 11–38, 2015.
- ANDRADE, B. R. **Compreensão da problemática da periferização por segregação involuntária no planejamento da acessibilidade e mobilidade em Fortaleza**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes), Departamento em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.
- ANDRADE, B. R.; LOUREIRO, C. F. G.; SOUSA, F. F. L. M.; LOPES, A. S. Efeitos da periferização nos níveis de acessibilidade da população de baixa renda em fortaleza. In: 31º CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES DA ANPET, 2017, Recife. **Anais...** Recife, 2017.
- ANSELIN, L. **GeoDa: An Introduction to Spatial Data Analysis**. Chicago: The University of Chicago, 2017.
- ARCE. **Base de Dados Geográficos do Serviço Regular do Sistema de Transporte Rodoviário Intermunicipal de Passageiros**. Fortaleza, 2013.
- BANISTER, D. **Transport Planning**. 2nd. ed. London, UK: Spon Press, 2002.
- BANISTER, D. The sustainable mobility paradigm. **Transport Policy**, v. 15, n. 2, p. 73–80, 2008. DOI: 10.1016/j.tranpol.2007.10.005
- BANISTER, D.; THURSTAIN-GOODWIN, M. Quantification of the non-transport benefits resulting from rail investment. **Journal of Transport Geography**, v. 19, n. 2, p. 212–223, 2011. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2010.05.001
- BARRA, T. **Integrated land use and transport modellig Decision chains and hierarchies**. Cambridge: Cambridge University Press, 1989.
- BATTY, M. A Chronicle of Scientific Planning: The Anglo-American Modeling Experience. **Journal of the American Planning Association**, v. 60, n. 1, p. 7–16, 1994.
- BAUMGARTNER, P. et al. Impacts of Large-scale Land Investments on Income, Prices, and Employment: Empirical Analyses in Ethiopia. **World Development**, v. 72, p. 175–190, 2015.
- BERTOLINI, L. LE CLERCQ, F.; KAPOEN, L. Sustainable accessibility: A conceptual framework to integrate transport and land use plan-making. Two test-applications in the Netherlands and a reflection on the way forward. **Transport Policy**, v. 12, n. 3, p. 207–220, 2005.
- BHAT, C.; HANDY, S.; KOCKELMAN, K.; MAHMASSANI, H.; CHEN, Q.; WESTON, L. **Urban Accessibility Index: Literature Review**. Austin, USA: Texas Department of Transportation 2000. Report No: TX-01/7-4938-1.
- BOISJOLY, G.; EL-GENEIDY, A. M. Daily fluctuations in transit and job availability: A comparative assessment of time-sensitive accessibility measures. **Journal of Transport Geography**, v. 52, p. 73–81, 2016.
- BOISJOLY, G.; EL-GENEIDY, A. M. How to get there? A critical assessment of accessibility objectives and indicators in metropolitan transportation plans. **Transport Policy**, v. 55, n. October 2016, p. 38–50, 2017. DOI: 10.1016/j.tranpol.2016.12.011
- BORGES, W. A.; ROCHA, M. M. A compreensão do processo de periferização urbana no Brasil por meio da mobilidade centrada no trabalho. **Geografia**, v. 29, n. 3, p. 383–400, 2004.
- BRÖMMELSTROET, M.; BERTOLINI, L. The role of transport-related models in urban planning practice. **Transport Reviews**, v. 31, n. 2, p. 139–143, 2011.
- BRUTON, M. J. **Introdução ao Planejamento dos Transportes**. Rio de Janeiro: Interciência, 1979.

- CAMPOS, R. G.; REGGIO, I. Consumption in the shadow of unemployment. **European Economic Review**, v. 78, p. 39–54, 2015. DOI: 10.1016/j.euroecorev.2015.04.006
- CASCETTA, E. et al. A new look at planning and designing transportation systems: A decision-making model based on cognitive rationality, stakeholder engagement and quantitative methods. **Transport Policy**, v. 38, p. 27–39, 2015. DOI: 10.1016/j.tranpol.2014.11.005
- CASCETTA, E.; CARTENÌ, A.; MONTANINO, M. A behavioral model of accessibility based on the number of available opportunities. **Journal of Transport Geography**, v. 51, p. 45–58, 2016. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2015.11.002
- CASTRO, I. R. **Compreensão das Mudanças no Uso do Solo e na Acessibilidade da População de Baixa Renda em Fortaleza**. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes), Departamento em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.
- CHENG, J. Understanding urban networks: Comparing a node-, a density- and an accessibility-based view. **Cities**, v. 31, p. 165–176, 2013. DOI: 10.1016/j.cities.2012.04.005
- CHURCH, A.; FROST, M.; SULLIVAN, K. Transport and social exclusion in London. **Transport Policy**, v. 7, p. 195–205, 2000.
- CORDERA, R. et al. Public transport demand elasticities during the recessionary phases of economic cycles. **Transport Policy**, v. 42, p. 173–179, 2015. DOI: 10.1016/j.tranpol.2015.05.022
- CORRÊA, R. L. Segregação residencial: classes sociais e espaço. In: VASCONCELOS, Pedro de Almeida; CORRÊA, Roberto Lobato; PINTAUDI, Silvana Maria (Eds.). **A cidade contemporânea**. 1st. ed. São Paulo. p. 39–60.
- COSTA, M. C. L.; PEQUENO, R. **Fortaleza: transformações na ordem urbana**. Rio de Janeiro: Letra Capital Editora, 2015.
- CUI, B. et al. Accessibility and the journey to work through the lens of equity. **Journal of Transport Geography**, v. 74, n. July 2018, p. 269–277, 2019. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2018.12.003.
- CURTIS, C. Planning for sustainable accessibility: The implementation challenge. **Transport Policy**, v. 15, n. 2, p. 104–112, 2008.
- CURTIS, C.; SCHEURER, J. Planning for sustainable accessibility: Developing tools to aid discussion and decision-making. **Progress in Planning**, v. 74, n. 2, p. 53–106, 2010.
- DAMIANI, A. L.; CARLOS, A. F. A.; SEABRA, O. C. L. **O espaço no fim de século: a nova raridade**. São Paulo: Contexto, 1999.
- DANTAS, E. W. C. Construção da imagem turística de Fortaleza / Ceará. **Mercator - Revista de Geografia da UFC**, v. 1, n. 1, p. 53–60, 2002.
- DE JONG, G.; DALY, A.; PIETERS, M.; HOORN, T. The logsum as an evaluation measure: review of the literature and new results. In: 45<sup>TH</sup> CONGRESS OF THE EUROPEAN REGIONAL SCIENCE ASSOCIATION, 2005, Vrije. **Proceedings...** Vrije, 2005.
- DEBOOSERE, R.; EL-GENEIDY, A. M.; LEVINSON, D. Accessibility-oriented development. **Journal of Transport Geography**, v. 70, n. May, p. 11–20, 2018. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2018.05.015.
- DIÓGENES, B. H. N. **Dinâmicas urbanas recentes da área metropolitana de Fortaleza**. 2012. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.
- DOMENCICH, T. A.; MCFADDEN, D. **Urban travel demand a behavioral analysis**. Amsterdam, Holland: North-Holland Publishing Company, 1975.
- FAGEDA, X.; GONZALEZ-AREGALL, M.. Do all transport modes impact on industrial employment? Empirical evidence from the Spanish regions. **Transport Policy**, v. 55, n. April 2016, p. 70–78, 2017. DOI: 10.1016/j.tranpol.2016.12.008.
- FEITELSON, E. Introducing environmental equity dimensions into the sustainable transport discourse: Issues

- and pitfalls. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 7, n. 2, p. 99–118, 2002.
- FERNANDES, F. R. C. **Transformações Espaciais no Centro de Fortaleza: Estudo Crítico das Perspectivas de Renovação Urbana**. 2004. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.
- FESSELMAYER, E.; SEAH, K. The effect of localized density on housing prices in Singapore. **Regional Science and Urban Economics**, v. 68, p. 304–315, 2018. DOI: 10.1016/j.regsciurbeco.2017.12.002.
- FOTHERINGHAM, A. S.; BRUNSDON, C.; CHARLTON, M. **Quantitative Geography Perspectives on Spatial Data Analysis**. 2nd. ed. London, UK.
- FREIRE, R. M. C., LOUREIRO, C. F. G., LOPES, A. S., SOUSA, F. F. L. M. S. Avaliação dos Impactos do Metrô na Acessibilidade da População de Baixa Renda aos Postos de Trabalho em Fortaleza. **Transportes**, v. 27, n.3, 2019, p. 144-156. DOI: 10.14295/transportes.v27i3.2022
- FREITAS, C. S.; PEQUENO, L. R. B. Produção Habitacional na Região Metropolitana de Fortaleza na década de 2000: avanços e retrocessos. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 17, n. 1, p. 45, 2015.
- FUCK JÚNIOR, S. C. F. Aspectos históricos da expansão urbana No Sudeste do Município de Fortaleza, Ceará-BRASIL. **Vivência**, Natal, v. 34, p. 167–180, 2008.
- GARCIA, C. S. H. F. **Strategic Assessment of Accessibility on Urban Mobility Networks**. 2016. Universidade de Lisboa, 2016.
- GARCIA, C. S. H. F. et al. Strategic Assessment of Lisbon’s Accessibility and Mobility Problems from an Equity Perspective. **Networks and Spatial Economics**, p. 1–25, 2018.
- GEURS, K. et al. Accessibility appraisal of land-use/transport policy strategies: More than just adding up travel-time savings. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 15, n. 7, p. 382–393, 2010. Disponível em: 10.1016/j.trd.2010.04.006
- GEURS, K. T.; DE MONTIS, A.; REGGIANI, A.. Recent advances and applications in accessibility modelling. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 49, p. 82–85, 2015.
- GEURS, K. T.; ECK, R. **Accessibility measures: review and applications**. Utrecht, Holland.
- GEURS, K. T.; VAN WEE, B. Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: Review and research directions. **Journal of Transport Geography**, v. 12, n. 2, p. 127–140, 2004.
- GUDMUNDSSON, H. Analysing models as a knowledge technology in transport planning. **Transport Reviews**, v. 31, n. 2, p. 145–159, 2011.
- GUERRA, E. et al. Residential location, urban form, and household transportation spending in Greater Buenos Aires. **Journal of Transport Geography**, v. 72, n. February, p. 76–85, 2018.
- GUILHOTO, J. J. M. **Análise de Insumo-Produto: Teoria e Fundamentos**. São Paulo, 2004.
- HALDEN, D. 10 years of Accessibility Planning in the UK - What has been achieved? **Transport**, p. 1–11, 2009.
- HANDY, S. Planning for Accessibility: In Theory and in Practice. In: **Access to Destinations**. Emerald, 2016. p. 131–147.
- HANDY, S.; CAO, X.; MOKHTARIAN, P. Correlation or causality between the built environment and travel behavior? Evidence from Northern California. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 10, n. 6, p. 427–444, 2005.
- HANSEN, W. G. How Accessibility Shapes Land Use. **Journal of the American Institute of Planners**, v. 25, n. 2, p. 73–76, 1959.
- HOLTUG, N. Prioritarianism: Ex ante, ex post, or factualist criterion of rightness? **Journal of Political Philosophy**, v. 27, n. 2, p. 207–228, 2019.
- HULL, A. Integrated transport planning in the UK: From concept to reality. **Journal of Transport Geography**, v. 13, n. 4, p. 318–328, 2005.

- HULL, A.; SILVA, C.; BERTOLINI, L. **Accessibility Instruments for Planning Practice**. Euope: COST Office, 2012.
- HUNT, J. D.; KRIGER, D. S.; MILLER, Eric J. Current operational urban land-use-transport modelling frameworks: A review. **Transport Reviews**, v. 25, n. 3, p. 329–376, 2005.
- IACONO, M.; LEVINSON, D.; EL-GENEIDY, A. M. Models of transportation and land use change: A guide to the territory. **Journal of Planning Literature**, v. 22, n. 4, p. 323–340, 2008.
- IBGE. **Microdados do Censo Populacional**. Brasilia, Brasil, 2000.
- IBGE. **Microdados da Pesquisa Nacional de Amostra por Domicílios**. Brasilia, Brasil, 2001.
- IBGE. **Microdados da Pesquisa Nacional de Amostra por Domicílios**. Brasilia, Brasil, 2008.
- IBGE. **Microdados do Censo Populacional**. Brasilia, Brasil, 2010.
- IBGE. **Microdados da Pesquisa Nacional de Amostra por Domicílios**. Brasilia, Brasil, 2015.
- INSTITUTO PÓLIS. **Moradia é central – inclusão, acesso e direito à cidade - Fortaleza**. São Paulo: Instituto Pólis, 2009.
- IPLANFOR. **Fortaleza Hoje Edições Iplanfor - Série Fortaleza 2040**. Fortaleza, Brasil. 2015.
- JIANG, Y. et al. Influence of land use and street characteristics on car ownership and use: Evidence from Jinan, China. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 52, p. 518–534, 2017. DOI: 10.1016/j.trd.2016.08.030
- JIN, J.; RAFFERTY, P.. Does congestion negatively affect income growth and employment growth? Empirical evidence from US metropolitan regions. **Transport Policy**, v. 55, n. May 2016, p. 1–8, 2017.
- JOHNSON, D.; ERCOLANI, M.; MACKIE, P. Econometric analysis of the link between public transport accessibility and employment. **Transport Policy**, v. 60, n. August, p. 1–9, 2017. DOI: 10.1016/j.tranpol.2017.08.001.
- JOHNSON, R. C. Landing a job in urban space: The extent and effects of spatial mismatch. **Regional Science and Urban Economics**, v. 36, n. 3, p. 331–372, 2006.
- JUCÁ, G. N. M. **Verso e reverso do perfil urbano de Fortaleza (1945-1960)**. Annablume, 2003.
- KAIN, J. F. Housing Segregation, Negro Employment, and Metropolitan Decentralization. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 82, n. 2, p. 175, 1968.
- KANE, L.; BEHRENS, R. Transport planning models—an historical and critical review. **Urban Transport Group**, n. July, p. 15–19, 2002.
- KENWORTHY, J. Urban planning and transport paradigm shifts for cities of the post-petroleum age. **Journal of Urban Technology**, v. 14, n. 2, p. 47–70, 2007.
- KUNZ, W.; RITTEL, H. W. J. **Issues as elements of information systemsThe Universe of Design: Horst Rittel's Theories of Design and Planning**. Berkeley, USA.
- LABRINIDIS, A.; JAGADISH, H. V. Challenges and opportunities with big data. **Proceedings of the VLDB Endowment**, v. 5, n. 12, p. 2032–2033, 2012.
- LANEY, D. 3D Data Management: Controlling Data Volume, Velocity, and Variety. **Application Delivery Strategies**, v. 949, p. 4, 2001.
- LANFERDINI, P. A. F.; CRISTOVÃO, V. L. L. O agir docente revelado no trabalho de planejamento e produção de uma sequência didática: contribuições para a construção de uma semiologia do agir. **DELTA: Documentação de Estudos em Linguística Teórica e Aplicada**, v. 33, n. 4, p. 1235–1269, 2017.
- LESSA, D. A.; LOBO, C.; CARDOSO, L. Accessibility and urban mobility by bus in Belo Horizonte/Minas Gerais – Brazil. **Journal of Transport Geography**, v. 77, n. April, p. 1–10, 2019. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2019.04.004
- LEVINE, J.; MERLIN, L.; GRENGS, J. Project-level accessibility analysis for land-use planning. **Transport**

**Policy**, v. 53, n. January 2016, p. 107–119, 2017. DOI: 10.1016/j.tranpol.2016.09.005

LIMA, L. S. **Espraiamento urbano por autosegregação e seus impactos na acessibilidade urbana de Fortaleza**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes), Departamento em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

LIMA, L. S.; SOUSA, F. F. L. M.; LOPES, A. S.; LOUREIRO, C; F. G. O fenômeno do espraiamento urbano e seus impactos na acessibilidade ao trabalho em Fortaleza. In: 33º CONGRESSO DE DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES DA ANPET, 2019, Balneário Camboriú, Brazil. **Anais...** Balneário Camboriú, 2019. p. 3350-3361.

LITMAN, T. Evaluating Transportation Equity. **World Transport Policy & Practice**, v. 8, n. 2, p. 50–65, 2002.

LITMAN, T. Evaluating Transportation Equity Guidance. **World Transport Policy & Practice**, v. 8, n. 2, p. 50–65, 2005.

LOBATO, C. R. **O Espaço Urbano**. 3rd. ed. v. 174. 2011.

LOPES, A. S. **Transportes, uso do solo e atividades - modelagem conceitual para o planejamento da acessibilidade urbana**. 2015. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes), Departamento em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

LOPES, A. S.; CAVALCANTE, C. B.; LOUREIRO, C. F. G. A Evolução do Planejamento Urbano da Cidade de Fortaleza (Ceará, Brasil) sob o Paradigma do Planejamento Urbano Integrador. In: 8º CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO PARA O PLANEAMENTO URBANO, REGIONAL, INTEGRADO E SUSTENTÁVEL, 2018, Coimbra. **Anais...** Coimbra, 2018.

LOPES, A. S.; LOUREIRO, C. F. G.; VAN WEE, B.t. LUTI operational models review based on the proposition of an a priori ALUTI conceptual model. **Transport Reviews**, v. 0, n. 0, p. 1–22, 2018. DOI: 10.1080/01441647.2018.1442890

LOPES, F. C. R. **A Centralidade da Parangaba como Produto da Fragmentação de Fortaleza (CE)**. 2006. Dissertação (Mestrado em Geografia), Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

LOWRY, I. S. **A model of metropolis**. Santa Monica, EUA. 1964.

LUCAS, K.; VAN WEE, B.; MAAT, K. A method to evaluate equitable accessibility: combining ethical theories and accessibility-based approaches. **Transportation**, v. 43, n. 3, p. 473–490, 2016.

MACÁRIO, R. A acessibilidade como um bem social e um bem econômico: existe necessidade de uma mudança de parafigma? **Boletim Regional, Urbano e Ambiental**, n. 14, p. 177–200, 2016.

MACKETT, R. L. Structure of linkages between transport and land use. **Transportation Research Part B: Methodological**, v. 27, n. 3, p. 189–206, 1993.

MAGALHÃES, M. T. Q.; YAMASHITA, Y. Repensando o Planejamento. **Textos para Discussão**, n. 4, p. 30, 2009.

MAGALHÃES, M. T. Q. **Metodologia para desenvolvimento de Sistemas de Indicadores: uma aplicação no planejamento e gestão da Política Nacional de Transportes**. n. November 2004, p. 135, 2004.

MANOJ, M.; VERMA, A. Activity-travel behaviour of non-workers belonging to different income group households in Bangalore, India. **Journal of Transport Geography**, v. 49, p. 99–109, 2015. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2015.10.017

MARICATO, E.. MetrÓpole, legislação e desigualdade. **Estudos Avançados**, v. 17, n. 48, p. 151–166, 2003.

MARTENS, K.. Justice in transport as justice in accessibility: Applying Walzer’s “Spheres of Justice” to the transport sector. **Transportation**, v. 39, n. 6, p. 1035–1053, 2012.

MARTENS, K.; GOLUB, A.; ROBINSON, G. A justice-theoretic approach to the distribution of transportation benefits: Implications for transportation planning practice in the United States. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 46, n. 4, p. 684–695, 2012. DOI: 10.1016/j.tra.2012.01.004

MARTÍNEZ, F. J. M.: Land Use Model for Santiago City. **Transportation Research Record**, v. 1552, n. 1, p.

126–134, 1996.

MARTÍNEZ, L. M.; VIEGAS, J. M.. A new approach to modelling distance-decay functions for accessibility assessment in transport studies. **Journal of Transport Geography**, v. 26, p. 87–96, 2013.

MÁXIMO, F. R. C. C.; LOPES, J. M. A. Produção habitacional e expansão periférica do espaço urbano metropolitano: a construção dos conjuntos-bairros em Fortaleza. In: ENCONTRO DA ANPUR, 2013, Recife. **Anais...** Recife, 2013.

MAY, A. D. **Developing Sustainable Urban Land Use and Transport Strategies: A Decision Makers' Guidebook**. Leeds, UK: European Commission, 2003.

MAYAUD, J. R. et al. Future access to essential services in a growing smart city: The case of Surrey, British Columbia. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 73, n. April 2018, p. 1–15, 2019. DOI: 10.1016/j.compenvurbsys.2018.07.005

MCLAFFERTY, S.. **Spatial Mismatch**. Second Edi ed. Elsevier, 2015. v. 23 DOI: 10.1016/B978-0-08-097086-8.32193-6>

MEJIA-DORANTES, L.; PAEZ, A.; VASSALLO, J. M. Transportation infrastructure impacts on firm location: The effect of a new metro line in the suburbs of Madrid. **Journal of Transport Geography**, v. 22, p. 236–250, 2012. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2011.09.006

MENEZES, E. D. A. G. **Metodologia para avaliação estratégica da problemática da acessibilidade urbana sob o princípio da equidade**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes), Departamento em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

MEYER, L. H.; ROSER, D. Enough for the Future. In: GOSSERIES, Axel; MEYER, Lukas H. (Eds.). **Intergenerational Justice**. Oxford Scholarship Online, 2009.

MEYER, M. D.; MILLER, E. J. **Urban Transportation Planning**. 2nd. ed. McGraw-Hill, 2001.

MILLER, E. J. Microsimulation. In: GOULIAS, Konstadinos G. (Ed.). **Transportation Systems Planning Methods and Applications**. CRC Press, 2003. p. 330–351.

MILLER, E. J. **Integrated urban modeling: Past, present and future**. p. 387–399, 2018.

MILLER, R. E.; BLAIR, P. D. **Input-Output Analysis Foundations and Extensions**. New York: Cambridge University Press, 2009.

MOECKEL, R. et al. Simulating interactions between land use, transport and environment. In: 11<sup>TH</sup> WORLD CONFERENCE ON TRANSPORT RESEARCH, 2007, Berkeley. **Proceedings...** Berkeley, 2007.

MONTEIRO, E. R. **Deslocamentos da forma urbana na zona sudeste de Fortaleza**. 2007. Dissertação (Mestrado em Urbanismo), Programa de Pós-Graduação em Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

MTE. **Microdados da Relação Anual de Informações Sociais**. Brasília, 2000.

MTE. **Microdados da Relação Anual de Informações Sociais**. Brasília, 2015.

MUNSHI, T. Built environment and mode choice relationship for commute travel in the city of Rajkot, India. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 44, p. 239–253, 2016. DOI: 10.1016/j.trd.2015.12.005

NÆSS, P. Built Environment, Causality and Travel. **Transport Reviews**, v. 35, n. 3, p. 275–291, 2015.

NEWMAN, P. W. G.; KENWORTHY, J. R. The land use-transport connection: An overview. **Land Use Policy**, v. 13, n. 1, p. 1–22, 1996.

OWENS, S. From “predict and provide” to “predict and prevent”? Pricing and planning in transport policy. **Transport Policy**, v. 2, n. 1, p. 43–49, 1995.

PAPA, E.; BERTOLINI, L. Accessibility and Transit-Oriented Development in European metropolitan areas. **Journal of Transport Geography**, v. 47, p. 70–83, 2015. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2015.07.003

PELZER, P.; GEERTMAN, S.. Planning support systems and interdisciplinary learning. **Planning Theory and**

**Practice**, v. 15, n. 4, p. 527–542, 2014.

PEREIRA, A. G.; QUINTANA, S. C. From technocratic to participatory decision support systems: responding to the new governance initiatives. **Journal of Geographic Information and Decision Analysis** 2002, v. 6, n. 2, p. 95–107, 2002.

PEREIRA, R. H. M. Future accessibility impacts of transport policy scenarios: Equity and sensitivity to travel time thresholds for Bus Rapid Transit expansion in Rio de Janeiro. **Journal of Transport Geography**, v. 74, n. March 2018, p. 321–332, 2019. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2018.12.005

PEREIRA, R. H. M.; SCHWANEN, T.; BANISTER, D. Distributive justice and equity in transportation. **Transport Reviews**, v. 37, n. 2, p. 170–191, 2017. DOI: 10.1080/01441647.2016.1257660>

PETTRAN. **Base de Dados Geográficos**. Fortaleza, 2015.

PIKE, S.; LUBELL, M.. Geography and social networks in transportation mode choice. **Journal of Transport Geography**, v. 57, p. 184–193, 2016. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2016.10.009>

PRASHKER, J.; SHIFTAN, Y.; HERSHKOVITCH-SARUSI, Pazit. Residential choice location, gender and the commute trip to work in Tel Aviv. **Journal of Transport Geography**, v. 16, n. 5, p. 332–341, 2008.

PUTMAN, S. H. **DRAM/EMPAL ITLUP - Integrated transportation land-use activity allocation models : general description**. S.H. Putman and Associates. Townsend, EUA.

RAIMUNDO NETTO. **Centro o “coração” malamado**. Fortaleza: Secultfor, 2014.

RAWLS, J. **A theory of justice**. United States of America: Harvard University Press, 1971.

REED, R. R.; UME, E. S. Housing and unemployment: The search for the “American Dream”. **Journal of Macroeconomics**, v. 48, p. 72–86, 2016.

ROLNIK, R.; NAKANO, K. As armadilhas do pacote habitacional. **Le Monde Diplomatique Brasil**, 2009.

RUEDA-CANTUCHE, J. M. Construction Modelling of Input-Output Coefficients Matrices in an Axiomatic Context: Some Further Considerations. **Economic Systems Research**, v.15, p. 436-455, 2003.

SAUJOT, M. et al. **To make LUTI models operational tools for planning**. 2015.

SAUJOT, M. et al. Making land use – Transport models operational tools for planning : From a top-down to an end-user approach. **Transport Policy**, v. 49, p. 20–29, 2016. DOI: 10.1016/j.tranpol.2016.03.005>

SHARMEEN, F.; ARENTZE, T.; TIMMERMANS, H.. Dynamics of face-to-face social interaction frequency: Role of accessibility, urbanization, changes in geographical distance and path dependence. **Journal of Transport Geography**, v. 34, p. 211–220, 2014. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2013.12.011

SILVA, J. B. **Quando os incomodados não se retiram: uma análise dos movimentos sociais em Fortaleza**. Fortaleza: Multigraf, 1992.

SIMMONDS, D. C. The design of the DELTA land-use modelling package. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 26, n. 5, p. 665–684, 1999.

SOARES, F. D. P **Proposta Metodológica de Compreensão da Problemática das Relações entre Uso do Solo e Transportes no Planejamento Urbano Integrado**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes), Departamento em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

SOARES, F. D. P.; LOUREIRO, C. F. G.; MILLER, E. J. Diagnosis: A problem-oriented approach to urban transportation planning. In: TRANSPORTATION RESEARCH BOARD 97<sup>TH</sup> ANNUAL MEETING, 2018, Washington. **Proceedings...**, 2018. p. 1-6.

SOUSA, F. F. L. M. **Metodologia de calibração para modelos integrados dos transportes e uso do solo**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes), Departamento em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

SOUSA, F. F. L. M.; LOUREIRO, C. F. G.; LOPES, A. S. Representação do fenômeno urbano por meio de modelos integrados dos transportes e uso do solo: revisão da literatura e discussão conceitual. **Transportes**, v. 25, n. 4, p. 96, 2017.

- SOUZA, H. H. H.. **Caracterização da problemática da acessibilidade urbana com base no valor do tempo percebido pelos usuários**. 2018. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes), Departamento em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018a.
- SOUZA, H. H. H.; LOUREIRO, Carlos Felipe Grangeiro. Proposta de construção de indicador de caracterização da acessibilidade na região metropolitana de Fortaleza. **Transportes**, v. 26, n. 4, p. 129–143, 2018.
- SOUZA, M. L. **Mudar a cidade: uma introdução crítica ao planejamento e à gestão urbanas**. 12<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2018b.
- SPIEKERMANN, K.; WEGENER, M.. Evaluating Urban Sustainability Using Land-Use Transport Interaction Models. **European Journal of Transport and Infrastructure Research**, v. 4, p. 251–272, 2004.
- SPOSITO, M. E. B. Segregação socioespacial e centralidade urbana. In: **A cidade contemporânea. Segregação Espacial**. 1st. ed. São Paulo: Contexto, 2013. p. 61–93.
- ŠT’ASTNÁ, M.; VAISHAR, A.; STONAWSKÁ, K. Integrated Transport System of the South-Moravian Region and its impact on rural development. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 36, p. 53–64, 2015.
- STRAATEMEIER, T.; BERTOLINI, L. Joint Accessibility Design: Framework Developed with Practitioners to Integrate Land Use and Transport Planning in the Netherlands. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, v. 2077, p. 1–8, 2008. DOI: 10.3141/2077-01
- TANG, Y; ZHONG, L. Prioritarianism without consequentialism. **Kriterion (Brazil)**, v. 59, n. 141, p. 943–956, 2018.
- TIMMERMANS, H. **Decision Support System in Urban Planning**. E & FN SPON, 2005.
- TIMMERMANS, H. J. P. The saga of integrated land use-transport modeling: how many more dreams before we wake up? In: 10<sup>TH</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON TRAVEL BEHAVIOUR RESEARCH, Lucerne. **Proceedings...** Lucerne, 2003, p. 1-35.
- TIMMERMANS, H. J. P.; ARENTZE, T. A. Transport models and urban planning practice: Experiences with Albatross. **Transport Reviews**, v. 31, n. 2, p. 199–207, 2011.
- UNITED NATIONS. **The World ’s Cities in 2018. Data Booklet**. 2018.
- VAN WEE, B. Land use and transport: research and policy challenges. **Journal of Transport Geography**, v. 10, p. 259–271, 2002.
- VAN WEE, B. Accessible accessibility research challenges. **Journal of Transport Geography**, v. 51, p. 9–16, 2016. Disponível em: 10.1016/j.jtrangeo.2015.10.018>
- VAN WEE, B.; GEURS, K. T. Discussing equity and social exclusion in accessibility evaluations. **European Journal of Transport and Infrastructure Research**, v. 11, n. 4, p. 350–367, 2011.
- VASCONCELOS, P. A. Contribuições para o debate sobre processos e formas socioespaciais nas cidades. In: VASCONCELOS, P. A.; LOBATO, C. R.; PINTAUDI, S. M. (Eds.). **A cidade contemporânea. Segregação Espacial**. São Paulo. p. 17–38.
- VILLAÇA, F. **O espaço Intra-urbano no Brasil**. São Paulo: FAPESP, 2001.
- VRIENS, D.; HENDRIKS, P. How to define problems: a systemic approach. In: TIMMERMANS, Harry J. P. (Ed.). **Decision Support System in Urban Planning**. E & FN SPON, 2005. p. 16–23.
- WADDELL, P. A. UrbanSim: Modeling Urban Development for Land Use, Transportation, and Environmental Planning. **Journal of the American Planning Association**, v. 68, n. 3, p. 297–314, 2002.
- WADDELL, P ; ULFARSSON, G. F. Accessibility and agglomeration: discrete-choice models of employment location by industry sector. In: 82ND ANNUAL MEETING OF THE TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, 2003, Washington. **Proceedings...** Washington: 2003. p. 1-16.
- WEGENER, M. Transport Network Equilibrium and Regional Deconcentration. **Environment and Planning A**, v. 18, n. 4, p. 437–456, 1986.

---

WEGENER, M. Overview of land-use transport models. In: HENSHER, David A.; BUTTON, Kenneth (Eds.). **Transport Geography and Spatial Systems**. Kidlington, UK: Pergamon / Elsevier Science, 2004. p. 127–146.

WEGENER, M. **The IRPUD Model**. Dortmund. 2011.

WEGENER, M; GNAD, F; VANNAHME, M. The time scale of urban change. In: HUTCHINSON, B.; BATTY, Michael (Eds.). **Advances in Urban Systems Modelling**. Amsterdam, Holland. p. 175–197. 1986.

WILLSON, R. Assessing communicative rationality as a transportation planning paradigm. **Transportation**, v. 28, n. 1, p. 1–31, 2001.

ZHANG, M. Exploring the relationship between urban form and nonwork travel through time use analysis. **Landscape and Urban Planning**, v. 73, n. 2–3, p. 244–261, 2005.