



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

EDILANY MOREIRA AGUIAR AMANCIO

**ANÁLISE DA ACESSIBILIDADE DOS USUÁRIOS DE BAIXA RENDA AS
OPORTUNIDADES DE EMPREGO POR MEIO DO TRANSPORTE PÚBLICO DE
FORTALEZA**

FORTALEZA

2018

EDILANY MOREIRA AGUIAR AMANCIO

ANÁLISE DA ACESSIBILIDADE DOS USUÁRIOS DE BAIXA RENDA AS
OPORTUNIDADES DE EMPREGO POR MEIO DO TRANSPORTE PÚBLICO DE
FORTALEZA

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Francisco Moraes de Oliveira Neto, Ph.D.

FORTALEZA

2018

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)

A499a Amancio, Edilany Moreira Aguiar.

Análise da acessibilidade dos usuários de baixa renda as oportunidades de emprego por meio do transporte público de Fortaleza / Edilany Moreira Aguiar Amancio. – 2018.
77 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Civil, Fortaleza, 2018.

Orientação: Prof. Dr. Francisco Moraes de Oliveira Neto.

1. Transporte Público - Aspectos sociais. 2. Transporte público - Acessibilidade . 3. Equidade - Análise Espacial. I. Título.

CDD 620

EDILANY MOREIRA AGUIAR AMANCIO

ANÁLISE DA ACESSIBILIDADE DOS USUÁRIOS DE BAIXA RENDA AS
OPORTUNIDADES DE EMPREGO POR MEIO DO TRANSPORTE PÚBLICO DE
FORTALEZA

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia
Civil da Universidade Federal do Ceará como
requisito parcial à obtenção do título de
Engenheiro Civil.

Aprovada em: 29/06/2018.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Francisco Moraes de Oliveira Neto, Ph.D. (Orientador)

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Carlos Felipe Grangeiro Loureiro, Ph.D.(Examinador Interno)

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Francelino Franco Leite de Matos Sousa (Examinador Externo)

Universidade Federal do Ceará (UFC)

AGRADECIMENTOS

Gratidão representa o sentimento que me orientou durante todo o período da graduação, logo não me caberia iniciar esse texto sem agradecer Àquele que nos momentos de tristeza e de alegria durante todo esse período, ao levantar meus olhos para o céu, eu sentia Sua presença e Essa me fortalecia. Obrigada meu Deus, por toda a fé, força e persistência que eu possuo.

Esse diploma representa muito mais que uma conquista, ele condiz a um crescimento pessoal e profissional imensurável, crescimento este que não ocorreria sem a participação de todos professores, familiares e amigos que estiveram do meu lado .

Inicialmente, eu gostaria de agradecer ao meu estimado orientador, Professor Moraes, pela sua confiança, paciência e didática, as quais foram imprescindíveis na realização deste trabalho. Ao Professor Felipe Loureiro cujo, talvez não saiba do tamanho do seu poder transformador na vida dos alunos, eu devo o desafio por ele lançado no primeiro ano do curso, de ir atrás da compreensão dos questionamentos, embora nem sempre encontrando as respostas e muitas vezes achando que eu jamais conseguiria compreender, hoje entendo que a resposta está durante todo o processo realizado na tentativa do entendimento.

Não poderia deixar de agradecer aos demais professores que me acompanharam na graduação, destacando aqueles que terei sempre em minha memória como exemplos de profissionais e pessoas: Áurea, João Batista, Magnólia, Manoel, Suelly e Ticiania.

A minha família, primeiramente aos meus pais. A minha mãe, Edinaíde, a quem eu devo a minha sensibilidade e o meu altruísmo e ao meu pai, Edizio, quem devo a escolha da minha profissão e meu otimismo. A minha querida irmã Edinise que, muito embora mais de 6000 km estejam nos separando nesses dois últimos anos, está sempre ao meu lado. Ao meu irmão Edizio, pelas palavras de otimismo. Aos demais membros da minha família, como minha avó, Cândida, a quem devo minha obstinação pela realização dos meus sonhos, minha tia Maria, quem eu tenho como uma segunda mãe e quem muito me ajudou durante toda a graduação e meu tio Cleber, que sempre acreditou no meu potencial.

Não poderia esquecer de agradecer a minha melhor amiga Sarah e aos seus pais, que me

deram forças nos períodos difíceis. Aos meus presentes da Engenharia, Italo, Clara, Belle, Arthur, Henrique, Fernanda e Mariana. Ao querido amigo Moisés, a quem muito agradeço as conversas sobre planejamento de transportes e sobre nossa vontade de “conquistar o mundo”. Aos colegas que em algum momento dividiram as angústias e as alegrias do curso, Samuel, Victor Costa, Aildson Ricardo, Yarinne, Adrya, Alana, Thais Damaceno, Yago e Manu.

Eu agradeço às oportunidades que a graduação me proporcionou.

A primeira, a sorte de ter estagiado em dois momentos no CTAFOR. Muito obrigada à competente chefe da divisão Juliana, aos empenhados gerentes Saulo, Lélío, Diego, Gustavo e Falcão e aos queridos técnicos Amanda, Viviane, João Paulo, Vanessa, Clovis, Mauro, Marcos Antônio, Alan, Lucas e Paulo Bruno. Eu aprendi não apenas os procedimentos relacionados ao controle semafórico, mas também que quando trabalhamos com o que amamos, somos pessoas melhores e qualquer dificuldade que haja nesse cumprimento será vencido com determinação e com esforço.

A segunda oportunidade que a Engenharia Civil, por intermédio da CAPES, me proporcionou, Ciências sem Fronteiras. Eu serei eternamente grata pela oportunidade de expandir os horizontes e ter a certeza que meus medos nunca serão maiores que os meus sonhos. Aos meus colegas de intercâmbio, em destaque Letícia quem a convivência contribuiu em meu amadurecimento. As minhas queridas professoras de francês a quem eu devo meu francês fluente, em especial a estimada Mme BOURRUT LACOUTURE, quem tenho atualmente como uma amiga. Ao meu tutor do estágio M COMBEALBERT, pelos ensinamentos e pelo bom humor independente dos contratemplos intrínsecos de todo canteiro de obra e ao coordenador de assuntos internacionais M DUVAL pela confiança e pelo empenho no bom acolhimento dos estudantes estrangeiros.

Não poderia esquecer do Projeto de Extensão Mobilidade e Acessibilidade na UFC, o qual tive a ocasião de trabalhar com o professor Antonio Paulo e a arquiteta Lara. Obrigada pelos ensinamento e pelas portas que esse projeto me abriu.

Por último, mas não menos importante, pelo contrário, eu agradeço ao “mon chéri” Fabien. Pelo companheirismo, pelas palavras de incentivo, pelo exemplo de engenheiro e principalmente por fazer dos meus sonhos, os seus.

RESUMO

O transporte público coletivo apresenta função social visto que este possibilita aos seus usuários o acesso aos serviços, às atividades sociais básicas e às oportunidades de trabalho, garantindo a acessibilidade da população de baixa renda a todo o espaço urbano representando um importante mecanismo de inclusão social. Dessa forma, torna-se imprescindível analisar a problemática da distribuição espacial desigual dos níveis de acessibilidade, esta representa o objetivo principal deste trabalho. Em busca deste propósito, utiliza-se para isso uma abordagem integrada que considera a interação da acessibilidade com os seus componentes individual, uso do solo e transporte, como também os valores estratégicos como a equidade, com a finalidade de fomentar a compreensão da problemática e de propor hipóteses para as causas deste problema. No que concerne a Metodologia, aplicou-se técnicas de análise exploratória espacial de dados em área, com o intuito de investigar as hipóteses assumidas ainda na fase de identificação da problemática, e uma modelagem não espacial, a fim de averiguar a validade deste modelo. Finalmente, os resultados obtidos mostram a forte evidência da influência dos componentes individual, transporte e uso do solo no arranjo dos níveis de acessibilidade aos postos de trabalho na cidade de Fortaleza e as limitações observadas na análise do modelo não espacial.

Palavras-chave: Transporte Público, Acessibilidade, Análise Espacial, Equidade

ABSTRACT

Collective public transportation has a social function since it allows its users access to services, basic social activities and work opportunities, providing the accessibility of the low-income population to all urban spaces. These functions also represent an important social inclusion mechanism. Thus, it is imperative to analyze the problem of uneven spatial distribution of accessibility levels, which represents the main objective of this work. For this purpose, an integrated approach was utilized that considers the interaction of accessibility with its individual components, land use, and transportation as well as strategic values such as equity in order to foster understanding of the problem and hypotheses for the causes of this problem. As far as the methodology is concerned, spatial exploratory data analysis techniques in the area were applied to investigate hypotheses still in the problem identification phase and non-spatial modeling to ascertain the validity of the proposed model. Finally, the results showed strong evidence of the influence of the individual components, transport and land use in the arrangement of accessibility levels to the workplaces in the city of Fortaleza and the limitations observed in the analysis of the non-spatial model.

Keywords: Public Transportation, Accessibility, Space Analysis, Equity

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Relação entre os componentes da acessibilidade	24
Figura 2	Categorias de problemas de acessibilidade e mobilidade.....	29
Figura 3	Relações causais e restrições representada por Garcia (2016).....	30
Figura 4	Representação da Problemática a partir de uma árvore de problemas.....	33
Figura 5	Metodologia para a compreensão da distribuição espacial desigual da acessibilidade dos usuários do transporte público de Fortaleza.....	35
Figura 6	Formulação Matemática de Medida de Acessibilidade Potencial.....	39
Figura 7	Formulação Matemática de Medida de Frequência Média.....	40
Figura 8	Formulação Matemática de Medida de Cobertura das Linhas de ônibus.....	40
Figura 9	Formulação Matemática de Medida de Entropia.....	41
Figura 10	Sequência para Análise Espacial Exploratória.....	44
Figura 11	Trecho de Mapas utilizados para a definição do zoneamento da análise.....	47
Figura 12	Zoneamento utilizado na análise.....	48
Figura 13	Sistema Integrado de Transporte Público de Fortaleza.....	50
Figura 14	Distribuição Espacial dos Domicílios Baixa Renda.....	51
Figura 15	Índice de Moran e LISA Cluster Maps para os Domicílios Baixa Renda.....	52
Figura 16	Distribuição Espacial e o Box Plot dos Domicílios Baixa Renda.....	53
Figura 17	Mapa de Distribuição Espacial e Box Plot da Acessibilidade aos Postos de Trabalho.....	54
Figura 18	Índice de Moran e LISA Cluster Maps para a Acessibilidade aos Postos de Trabalho.....	55

Figura 19	LISA Cluster Maps dos Domicílios Baixa Renda e da Acessibilidade aos Postos de Trabalho e a sobreposição deles.....	56
Figura 20	Índice de Moran e LISA Cluster Maps para a Acessibilidade aos Postos de Trabalho e Domicílios Baixa Renda (Correlação Bivariada).....	57
Figura 21	Mapa de Distribuição Espacial da Entropia.....	59
Figura 22	Índice de Moran e LISA Cluster Maps para a Entropia.....	60
Figura 23	LISA Cluster Maps da Entropia e da Acessibilidade aos Postos de Trabalho e a sobreposição deles.....	61
Figura 24	Mapa da Distribuição Espacial da Cobertura do Sistema Integrado de Transporte de Fortaleza.....	62
Figura 25	Mapa da Distribuição Espacial da Frequência Média do Sistema Integrado de Transporte de Fortaleza.....	63
Figura 26	Índice de Moran e LISA Cluster Maps para a Cobertura.....	63
Figura 27	Índice de Moran e LISA Cluster Maps para a Frequência Média.....	65
Figura 28	LISA Cluster Maps da Cobertura e da Acessibilidade aos Postos de Trabalho e a sobreposição deles.....	66
Figura 29	LISA Cluster Maps da Frequência Média e da Acessibilidade aos Postos de Trabalho e a sobreposição deles.....	67
Figura 30	Matriz de Correlação com os gráficos de dispersão e histograma para as variáveis independentes.....	69
Figura 31	Box Plot, Gráfico de Dispersão, Histograma e Resultados dos teste dos resíduos.....	71
Figura 32	LISA Cluster Map para os resíduos da Regressão Clássica.....	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Hipóteses levantadas por meio da árvore de problemas.....	34
Tabela 2	Hipóteses estabelecidas a partir da análise exploratória dos indicadores	67
Tabela 3	Resultados da análise de correlação das variáveis independentes.....	68
Tabela 4	Resultados da Regressão Clássica Múltipla.....	70

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ETUFOR	Empresa de Transporte Urbano de Fortaleza
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Iplanfor	Instituto de Planejamento de Fortaleza
INEP	Instituto Nacional de Pesquisas Educacionais
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio
POF	Pesquisa de Orçamento Familiar
PTUF	Plano de Transporte Urbano de Fortaleza
RAIS	Relação Anual de Informações Sociais
SIT-FOR	Sistema Integrado de Transportes de Fortaleza

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Contextualização	15
1.2	Problema de Pesquisa	16
1.3	Questões Motivadoras	18
1.4	Objetivos	18
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1	Sistema de Transportes	19
2.2	Acessibilidade	20
2.2.1	Conceitos e Definições	20
2.2.2	Medidas de Acessibilidade	24
2.2.3	Análise da acessibilidade em trabalhos passados	28
2.3	Representação da problemática e hipóteses a serem analisadas	31
3	METODOLOGIA	35
3.1	Descrição da Etapa de Identificação da Problemática	36
3.2	Descrição da Etapa de Caracterização da Problemática	37
3.2.1	Proposição de indicadores e definição de variáveis	37
3.2.2	Coleta de dados	41
3.2.2.1	<i>Nível de agregação e zoneamento</i>	42
3.2.3	Caracterização	43
3.3	Descrição da Etapa de Diagnóstico da Problemática	45
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	46

4.1	Caracterização da Problemática	46
4.1.1	Coleta de dados	46
4.1.2	Resultados e Discussão da Caracterização da Problemática	49
4.1.2.1	<i>Sistema de Transporte Integrado de Fortaleza</i>	49
4.1.2.2	<i>Distribuição Espacial da População Baixa Renda</i>	50
4.1.2.3	<i>Distribuição Espacial dos Níveis de Acessibilidade aos Postos de Trabalho</i>	52
4.1.2.4	<i>Distribuição Espacial Desigual dos Níveis de Acessibilidade aos Postos de Trabalho para a População Baixa Renda</i>	54
4.2	Diagnóstico das Relações Causais	58
4.2.1	Distribuição Espacial do Componente Uso do Solo	58
4.2.2	Distribuição Espacial do Componente Transporte	62
4.2.3	Análise das Relações Causais	68
5	CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	73
	REFERÊNCIAS	75

1. INTRODUÇÃO

Neste primeiro capítulo, apresentam-se inicialmente fatos e estudos importantes que auxiliam a compreensão do tema em estudo, denominado *contextualização*. Em um segundo momento, elucidam-se os problemas que norteiam e justificam a investigação do assunto em análise, intitulado *problema de pesquisa*.

Definidos os problemas que se pretende analisar, busca-se responder as *perguntas motivadoras* propostas a partir de definição do problema realizada no tópico anterior, por meio de *objetivos*. Estes consistem fomentam o estudo em questão e guiam a produção dos resultados.

1.1. Contextualização

Com o crescimento populacional nos centros urbanos, há um aumento na demanda pela realização de atividades. De forma progressiva, as pessoas optam por morar cada vez mais distantes das zonas em que exercem suas atividades. Essa expansão populacional às regiões periféricas não é acompanhada pela infraestrutura e pelos serviços de transportes, situação decorrente da falta de planejamento urbano. Segundo Boareto (2003), o processo de urbanização propicia a fragmentação do espaço urbano, separando bairros residenciais dos locais de trabalho e de lazer, expulsando progressivamente a população mais carente para a periferia dos grandes centros e, conseqüentemente, gerando vazios urbanos. Segundo Gomide (2013), em seu trabalho ele argumenta que:

Os estudos e pesquisas realizados concluíram que as populações de baixa renda das grandes metrópoles brasileiras estão sendo privadas do acesso aos serviços de transporte coletivo, um serviço público de caráter essencial, conforme a Constituição Federal de 1988. Tal privação contribui para a redução de oportunidades, pois impede essas populações de acessar os equipamentos e serviços que as cidades oferecem (escolas, hospitais, lazer, emprego etc.) (Gomide, 2013).

A partir deste entendimento, assume-se que o transporte público coletivo, modo de transporte utilizado em sua maioria pela população de baixa renda, apresenta função social visto que este possibilita aos seus usuários o acesso aos serviços, às atividades sociais básicas e às oportunidades de trabalho garantindo a acessibilidade da população a todo espaço urbano.

Dessa forma, pensa-se no transporte público coletivo como um importante mecanismo de inclusão social.

Entre os princípios da Política Nacional de Mobilidade Urbana (Lei 12.587/2012), apresenta-se a equidade no acesso dos cidadãos ao transporte público coletivo. Todavia, ele confronta a realidade em que a falta de planejamento urbano contribui para a oferta de condições desiguais de acessibilidade devido, principalmente, à diferença de renda entre os indivíduos da população.

Considerando os aspectos anteriormente expostos, destaca-se a cidade de Fortaleza a qual apresenta uma população de 2.627.482 habitantes em 2017, segundo estimativa do IBGE. Esse município é composto por 119 bairros espalhados em 6 regionais e a regional do Centro em um total de 314,93 km², correspondendo a uma densidade populacional de 8343,07 habitantes por km².

Sobre a compreensão do perfil socioeconômico da população, segundo o último Censo (2010), embora o coeficiente de gini em todo Brasil venha apresentando uma redução nos últimos anos, a capital possui como coeficiente 0,627, valor acima da média do país (0,582), o qual explicita o elevado nível de desigualdade de renda na cidade logo, entende-se que uma pequena parcela da população detém a maior parte das riquezas.

Admitindo o papel social do transporte público coletivo, a configuração do sistema de transporte público coletivo, a situação socioeconômica na cidade de Fortaleza e as necessidades de realização de atividades por parte da população de baixa renda, percebe-se a importância da análise em conjunto desses fatores, correspondendo ao estudo da acessibilidade dos usuários ao transportes público, de modo a compreender as relações entre eles e ressaltar a importância da elaboração de políticas públicas na área de Transportes voltadas à população que sofre restrições ao acesso às atividades.

1.2. Problema de Pesquisa

Segundo pesquisa realizada pelo Instituto de Planejamento de Fortaleza (Iplanfor), a demanda por transporte público coletivo recuou 12% em Fortaleza, de janeiro a outubro de 2017, ante igual período do ano passado. Como causas da queda estão resquícios da crise

econômica, como o desemprego, que leva menos pessoas a circular com frequência na Cidade, e a reprogramação de rotina do fortalezense para resolver problemas na rua em um único dia, para poupar dinheiro. Além do aumento no volume de licenciamentos de motocicletas no Estado, como um todo, e o surgimento de alternativas de transporte com preços competitivos, como o aplicativo Uber. (O POVO, 2017)

Ademais, o Instituto de Planejamento de Fortaleza (Iplanfor) afirma que essa redução ocorreu devido a oferta de um serviço com condições insuficientes às necessidades requeridas pelos passageiros, como o tempo de viagem elevado, que inclui também o deslocamento do usuário até a parada mais próxima a origem e ao destino final, a velocidade operacional reduzida, o baixo nível de conforto dos ônibus, a insegurança nos coletivos e o fenômeno da periferização o qual consiste em uma consequência do aumento da demanda por solo e da extenuação da região central da cidade que produzem o processo de espraiamento.

Com relação às políticas públicas voltadas para o transporte na cidade de Fortaleza, no ano de 1999 foi elaborado o Plano de Transporte Urbano de Fortaleza (PTUF), finalizado em 2002. Esse projeto era constituído por um conjunto de intervenções no sistema de transportes da cidade, incluindo a criação de corredores de transporte e a reforma/ampliação de terminais de ônibus urbanos, intervenções que levam em consideração aspectos operacionais do sistema de transportes público coletivo. No entanto, não se avaliou do uso do solo ao longo dos corredores, fator importante no estudo do planejamento de transportes, pois essa condição permite propor diretrizes para projetos no sistema de transportes que concordam com a geração de viagens e aspectos socioeconômicos.

Dessa forma, percebe-se a necessidade de investigar o serviço do transporte público, como também, de avaliar o aspecto uso e ocupação do solo nas intervenções públicas nesse setor, ou seja, destacando o aspecto locacional e socioeconômico desse serviço. Escolheu-se como foco deste estudo a acessibilidade pois esta revela elementos importantes como tempo, distância e atratividade da região, visando uma análise espacial dessa.

Compreendida a problemática e exposta suas possíveis causas, almeja-se avaliá-la fazendo uso da metodologia comumente utilizada no domínio do planejamento de transportes, logo identificando o problema, caracterizando através de um indicador que possa representar a situação analisada e propondo um diagnóstico através dos resultados obtidos. Para isso, deve-se produzir um estudo seguindo as questões que serão apresentadas no próximo item.

1.3. Questão motivadora

- Questão principal

a) Qual é a situação atual do nível de acessibilidade da população baixa renda às oportunidades de emprego por meio do transporte público na cidade de Fortaleza ?

1.4. Objetivos

Considerando o fenômeno atual da redução da demanda pelos usuários do transporte coletivo e o seu contraste frente ao crescimento da população das zonas urbanas, além de contemplar o princípio de que considerando as diferenças sociais todos devem ter o mínimo de acesso às oportunidades, visa-se analisar a distribuição espacial do nível da acessibilidade dos usuários do transporte público coletivo de Fortaleza por meio da caracterização e do diagnóstico desse problema.

Com a finalidade de atingir esse objetivo, propõe-se os seguintes objetivos específicos:

- Contextualizar a problemática da acessibilidade dos usuários do transporte público coletivo de Fortaleza;
- Caracterizar o problema a partir da escolha de uma medida de acessibilidade que detém o maior potencial de evidenciar o tema do estudo e seu indicador capaz de representar o problema foco do estudo;
- Discutir, selecionar e analisar fatores que podem explicar a variação espacial dos níveis de acessibilidade quantificado pelo indicador de selecionado.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Sistema de Transportes

A partir da metade do século XX, os países em desenvolvimento apresentaram um crescimento urbano acelerado advindo dos incentivos à industrialização visto a adoção de um modelo econômico fundamentado pela produção de bens e de serviço em grande escala. De acordo com os dados da PNAD (Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios) de 2015, o Brasil possui 85%, da sua população vivendo em áreas urbanas. Conseqüentemente, houve um aumento na geração de viagens pelo mais diversos motivos, logo uma maior requisição do uso dos modos de transportes.

Com a finalidade de realizar as atividades, implementa-se o conceito de sistema de transportes, o qual representa o elemento logístico o qual, segundo Pereira (2013), viabiliza de forma econômica os deslocamentos para satisfação de necessidades pessoais ou coletivas, sendo que, os maiores benefícios produzidos são a mobilidade e acessibilidade.

A partir desse conceito, surge a necessidade das cidades de oferecerem transporte com um custo acessível a todas as classes sociais e uma infraestrutura desejável para que esse serviço possa ser executável. Tomando como base nestas duas premissas, levanta-se as ideias de *car cities* e de *transit and walk cities* as quais se relacionam ao desenvolvimento dos transportes priorizando o transporte individual e o transporte coletivo respectivamente.

Segundo Ferraz e Torres (2004), uma utilização intensa do carro nas viagens diárias produz problemas como congestionamentos, emissões de poluentes e ocorrências de acidentes de trânsito, resultando em uma ineficiência das cidades. Ademais, ele argumenta que as cidades que adotam a percepção do *transit and walk cities*, como a maioria das cidades da Europa, apresentam um ambiente urbano mais humano e eficiente.

Tendo em vista a importância do desenvolvimento de um sistema de transportes que priorize o transporte coletivo devido aos seus aspectos social e democrático, entende-se que as ações na área de planejamento de transportes devem ser propostas de forma a antepor os problemas desse modo de transportes. Todavia, segundo Ramos (2017), o planejamento de transportes não acompanhou o processo de urbanização da maioria das cidades brasileiras, resultando em problemas relacionados à mobilidade e acessibilidade.

2.2. Acessibilidade

2.2.1 Conceito e definições

Os deslocamentos dos indivíduos dentro do meio urbano consiste em um processo complexo fundamentado em dois elementos: o sistema de transportes e a distribuição espacial de viagens. Com foco no transporte de passageiros, define-se a acessibilidade como a medida em que os sistemas de transporte e uso do solo permitem que (grupos de) indivíduos atinjam atividades ou destinos por meio de uma (combinação de) modo(s) de transporte (Geurs and Van Wee, 2004). O sistema de transportes atua como o meio em que esses percursos serão realizados, fornecendo níveis de impedimento dependendo dos aspectos pertinentes a facilidade dessa movimentação. No que concerne a distribuição de viagens, faz-se necessário ressaltar que a origem da viagem apresenta como limitante de sua potencialidade fatores socioeconômicos e que a capacidade do destino dependerá do nível de oportunidades que a origem possui.

Focando na interação entre o sistema de transportes e a distribuição espacial de viagens, tem-se que o conceito de acessibilidade define-se, segundo Jones (1981) com a oportunidade que um indivíduo possui para participar de uma atividade em um dado local, sendo tal potencialidade disponibilizada pelo sistema de transporte e pelo uso do solo, o que permitiria que diferentes tipos de pessoas desenvolvessem suas atividades.

Segundo Litman (2003), a acessibilidade basicamente é a descrição da capacidade de um indivíduo tem de alcançar seus bens, serviços, atividades e destinos, ou seja, suas oportunidades. No contexto espacial, a acessibilidade relaciona-se com a distância que o usuário precisa vencer até o destino final, incluindo o percurso da caminhada para utilizar o transporte e do desembarque até o destino final.

Para Challuri (2006), a acessibilidade é a adequação do transporte no sentido de facilitar a viagem entre duas localidades, levando em conta o tempo. Ele argumenta que a distância é um dos fatores mais importantes no uso do transporte público, indicando que o decaimento da utilização desse transporte é em função da distância de caminhada até o ponto de embarque, logo a adequação ao acesso para o sistema atrairia mais usuários.

Por outro lado, Henrique (2004) aborda um conceito mais amplo sobre a acessibilidade que a considera como a facilidade de movimento entre lugares. De acordo com a autora, nesse entendimento observa-se que na medida em que o movimento entre dois locais se torna menos

caro, que concerne a custo e o tempo, a acessibilidade entre eles aumenta. Neste conceito, inclui-se a questão da atratividade das zonas, ou seja, as oportunidades localizadas em um dado lugar. Assim, a facilidade de movimentação entre lugares, tanto quanto a atratividade desses lugares estaria expressa na acessibilidade.

No trabalho de Menezes (2015), a partir de um levantamento bibliográfico, destaca-se a evolução do processo de planejamento no entendimento fenomenológico dos deslocamentos. O autor descreve o paradigma tradicional, denominado planejamento de transportes, como uma perspectiva unidisciplinar de infraestrutura e serviços destinada a adequação da demanda do modo de transporte motorizado individual, apresentando como problemática a parcela da oferta, na relação oferta-demanda unilateral do sistema de transportes. Menezes (2015) elucida o segundo momento evolutivo de paradigma, a inserção do conceito de mobilidade, o qual se designa o foco da problemática voltado para a relação de desequilíbrio entre a demanda e a oferta, permitindo análises das preferências e necessidades dos usuários. Finalmente, o autor explica a terceira abordagem, focado no conceito de acessibilidade. Essa vertente representa uma relação entre os subsistemas transporte e uso do solo, integrando as relações de causa e efeito do subsistema de uso do solo como causa interna ao fenômeno dos deslocamentos. Sobre esta terceira abordagem Menezes descreve ainda:

Esta última abordagem mantém uma orientação voltada para a identificação de problemas, reconhecendo, no entanto, que o deslocamento se dá por uma necessidade humana de acesso, trazendo ao processo de planejamento da acessibilidade questões acerca da democratização do espaço público por meio do provimento de oportunidades de interações através da rede de transportes (Menezes, 2015).

Sobre a perspectiva de Geurs and van Wee (2004), o qual apresenta em seu trabalho uma revisão das medidas de acessibilidade para avaliar a utilidade destas medidas nas avaliações das estratégias de desenvolvimento do uso do solo e dos transportes, tem-se que os vários componentes de acessibilidade podem ser identificados em suas diferentes definições e medidas. Ele cita quatro componentes que podem ser identificados: uso do solo, transporte, individual e temporal. Nos próximos parágrafos, elucida-se esses componentes sobre a interpretação do autor.

De acordo com Geurs and van Wee (2004), o componente de uso do solo descreve a distribuição das oportunidades no espaço. Sobre a compreensão desse fator, este apresenta duas partes integrantes: a distribuição espacial das oportunidades ofertadas e suas características (localização dos polos de atividade, bem como, atratividade e capacidade destes) e a distribuição espacial das origens das demandas por atividades e suas características (localização dos domicílios e habitantes). Caso a capacidade desta oferta seja limitada, a interação entre a distribuição espacial da oferta de atividade e da demanda pode resultar em um conflito.

O componente transporte caracteriza-se pela elucidação do fornecimento da infraestrutura para um modo de transporte específico, composto pela localização e características da rede de transporte, da demanda de passageiros e da particularidade do uso da infraestrutura, ou seja, a relação entre a oferta da infraestrutura e a demanda de passageiros. No que concerne a oferta da infraestrutura, avalia-se a localização a partir da quantidade de tempo (tempo de viagem e tempo de espera), de custos (fixo e variáveis) e de esforços (confiabilidade, conforto, risco de acidente, entre outros) e as características por meio da velocidade de deslocamento, do número de faixas, do número de linhas e da frequência do transporte público entre outros.

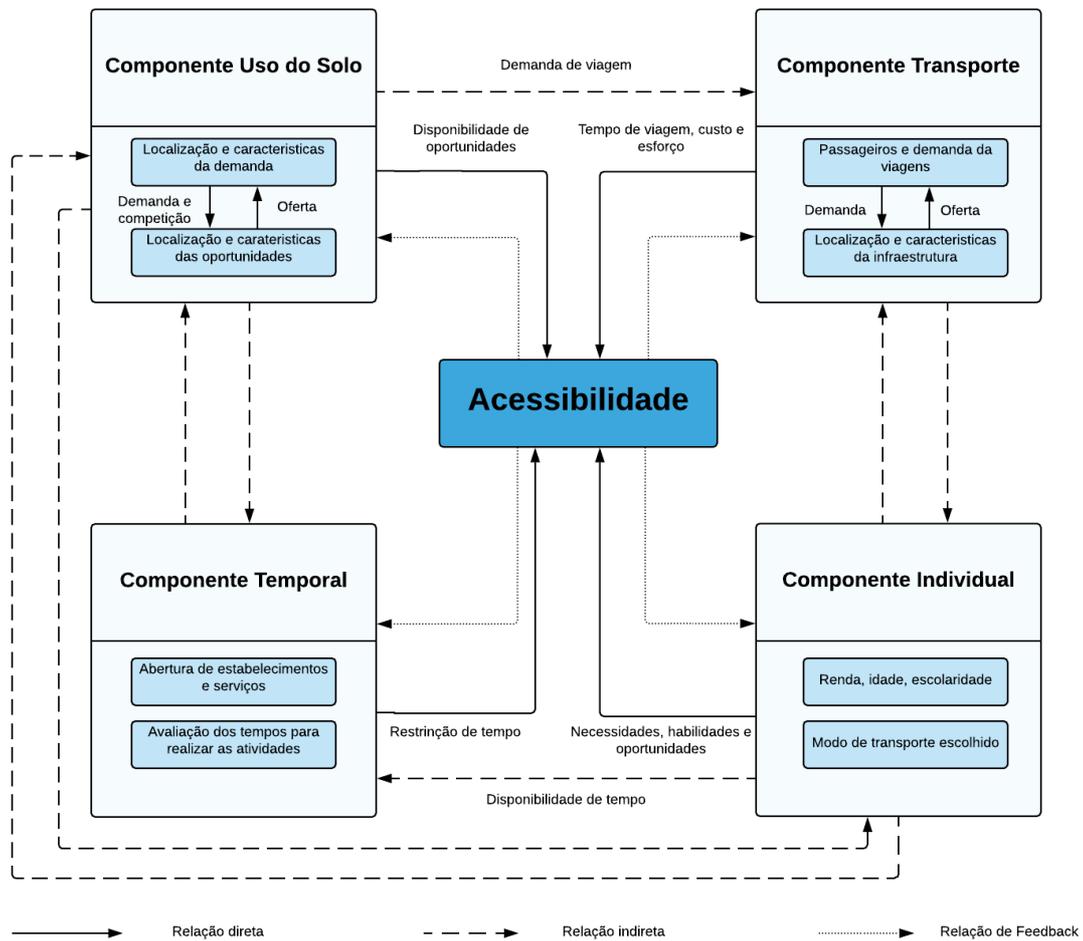
O componente temporal relaciona a disponibilidade de oportunidades em um determinado período de tempo (meses, anos, entre outros) ao tempo necessário para um indivíduo realizar uma determinada atividade. Esse componente apresenta interdependência com o componente uso do solo, pois o componente temporal considera a localização do indivíduo em um determinado momento e o tempo que ele despense para realizar uma atividade pré-definida. Além disso, no componente transporte, apropria-se de forma tácita o fator temporal, visto que no cálculo da acessibilidade potencial, pode realizar a diferenciação desse componente durante o dia.

O componente individual contempla a importância dos aspectos social e econômico na acessibilidade. Ele pondera as necessidades (dependendo da idade, da renda, da escolaridade, da situação do domicílio entre outros), as habilidades (dependendo da condição física, da disponibilidade de modo de transporte, entre outros) e as oportunidades dos indivíduos (dependendo da escolaridade, da renda entre outros). O primeiro elemento, necessidades,

considera que, de acordo com as características que os indivíduos detêm, estes apresentam determinados desejos de realização de viagens porém essas intenções pode ser restrita pelos demais elementos, habilidades e oportunidades.

O autor ressalta que esses componentes exprimem relações entre eles as quais estão representadas na Figura 1. As setas tracejadas e as setas contínuas indicam fatores que apresentam interações de forma indiretas e diretas, respectivamente. O componente uso do solo constitui um fator importante na demanda de viagens, interagindo com o componente transporte, além de introduzir restrições de tempo, por meio da componente temporal, e influenciar nas oportunidades das pessoas, componente individual. Ademais, observa-se na figura 1 que a acessibilidade interage com os componentes por meio de feedback , ou seja, ela atua como um fator de localização (moradia e trabalho) (componente uso do solo), influencia na demanda de viagens (componente transporte) , nas oportunidades (componente individual) e no tempo necessário para a realização das atividades (componente temporal).

Figura 1: Relação entre os componentes da acessibilidade



Adaptado de Geurs and van Wee (2004)

2.2.2 Medidas de acessibilidade

De acordo com Macário (2014), medidas de acessibilidade são relevantes espacial e economicamente para avaliar a relação entre a infraestrutura de transporte e a participação modal, por um lado, e a forma urbana e a distribuição espacial das atividades, por outro.

Segundo Geurs and van Wee (2004), a partir da definição dos componentes, avalia-se que uma medida de acessibilidade ideal deve considerar todos componentes. Todavia, na prática, essas medidas não avaliam todos os componentes, concentrando-se em um ou dois componentes, de acordo com a perspectiva utilizada. Estas perspectivas correspondem a: medidas baseadas em infraestrutura, medidas baseadas em localização, medidas baseadas no

indivíduo e medidas baseadas em serviços públicos.

O autor explica que a escolha dessas medidas deve levar em consideração critérios relevantes, embora não haja uma abordagem mais adequada para acessibilidade, os critérios auxiliam na análise das vantagens e restrições das medidas de acessibilidade. Geurs and van Wee (2004) lista como critérios: base teórica, operacionalização, interpretabilidade e comunicabilidade e usabilidade em avaliações sociais e econômicas. Com a finalidade de compreender os tipos de medidas de acessibilidade, baseado no trabalho de Geurs and van Wee (2004), apresenta-se, em um primeiro momento, os conceitos dos critérios utilizados para a seleção das medidas e posteriormente, as definições destas últimas.

O critério nomeado *base teórica* possui três princípios. O primeiro e o segundo princípio consideram que mudanças observadas nos sistemas de transporte e de uso do solo respectivamente devem afetar a medida de acessibilidade. Ainda sobre o segundo princípio, entende-se que as mudanças no sistema uso do solo apresentam impacto indireto no sistema de transportes. O terceiro princípio assume que as medidas de acessibilidade devem ser sensíveis a limitações temporais de oportunidades. Entende-se que esses conceitos não devem ser considerados de forma integral e restrita, pois o emprego exigiria um nível de complexidade e detalhe que dificilmente seriam obtidos na prática. Todavia, deve-se reconhecer as limitações das descumprimento dos critérios na seleção das medidas.

O critério *operacionalização* representa a avaliação se as ferramentas para o uso da medida de acessibilidade, por exemplo, necessárias, dados, modelos, técnicas, tempo e orçamento, são acessíveis.

O critério *interpretabilidade e comunicabilidade* corresponde a consideração da interpretação e da comunicabilidade das medidas de acessibilidade por parte dos pesquisadores, planejadores e formuladores de políticas.

Por último, o critério *usabilidade em avaliações sociais e econômicas* analisa que medidas de acessibilidade podem considerar o acesso às atividades essenciais para os usuários e os impactos econômicos das mudanças do uso do solo e transportes, respectivamente.

As medidas de acessibilidade *baseadas em infraestrutura* compreendem a parâmetros que avaliam o nível de serviço e as características físicas da rede de transportes. Como exemplos para essas medidas tem-se: tempo de viagem, congestionamento e velocidade de operação na rede rodoviária.

Essas medidas desempenham um importante papel nas atuais políticas públicas de transportes em diversos países e dispõe de vantagens com relação aos critérios de operacionalização e comunicabilidade, pois os dados necessários são bastante acessíveis e essas medidas apresentam fácil compreensão. Entretanto, elas representam indicadores mais fracos sobre o ponto de vista teórico, pois não consideram o componente uso do solo e individual.

Sobre as medidas *baseadas em localização*, estas avaliam a acessibilidade em nível macro, descrevendo o grau espacial de separação ou conectividade entre locais. Elas são divididas em três grupos de medidas: distância, contorno, potenciais e fatores de equilíbrio dos modelos de interação.

Assim como os indicadores de infraestrutura, as medidas de distância revelam-se como indicadores de fácil percepção e podem ser utilizados como indicadores social, pois estas são capazes de avaliar a conectividade de diferentes grupos sociais com atividades específicas. Todavia, segundo Curtis e Scheurer (2010), estas não fazem uso dos padrões de uso do solo e da análise do comportamento de escolhas de viagem individuais, portanto eles são avaliados insuficientes sobre o critério base teórica.

Quando se fala da análise de mais de dois destinos, esta medida é nomeada contorno. Uma medida de contorno mensura a quantidade de oportunidades que podem ser conquistadas a partir de um tempo de viagem, levando em consideração a distância, custos e oportunidades.

Esse tipo de medida apresenta vantagens sobre os critérios de operacionalização, interpretabilidade e comunicabilidade, todavia, apesar de incluírem elementos dos componentes uso do solo e transportes, elas não ponderam os efeitos combinados desses, não consideram o efeito da concorrência e das percepções e preferências dos indivíduos. Dessa forma, segundo Geurs e Ritsema van Eck (2001), observa-se que em avaliações de mudanças de uso do solo e transporte essas medidas são sensíveis a alterações no tempo de viagem, logo não explicam a acessibilidade ao longo do tempo.

Ademais, segundo Garcia (2016), os indicadores de contorno apresentam aplicabilidade sobre o critério de indicador social e econômico, quando se analisa restrições de acessibilidade. Todavia, essas medidas não abordam de forma conducente o componente individual, uma vez que ele não leva em consideração as preferências do usuário.

Com relação ao segundo grupo de medida intitulado medidas potenciais de

acessibilidade, também denominados de gravidade, este estima a acessibilidade de oportunidade em uma determinada zona para as demais, nas quais as oportunidades, sobre o ponto de vista de menores capacidade e maiores distâncias, produzem influências decrescentes. As medidas potenciais são melhores que as medidas de contorno no que diz respeito à avaliação do efeito combinado dos elementos uso do solo e transporte.

As vantagens dessas medidas correspondem ao fato destas serem compatíveis com uso como indicadores sociais e econômicos, assim como apresentarem fácil operacionalização. No entanto, estes indicadores apresentam as desvantagens: sua interpretação e comunicabilidade são complexas devido a combinação dos elementos de transporte e uso do solo e sua base teórica insuficiente devido à desconsideração de efeitos de competição e restrições temporais. Com a finalidade de incorporar os efeitos de concorrência, Geurs and van Wee (2004) relata que vários autores adaptaram as medidas potenciais de acessibilidade, inserindo as medidas valores relativos à oferta e à demanda de uma zona ou entre zonas de origem e destino.

A terceira abordagem baseia-se nos fatores de equilíbrio do modelo de interação espacial de dupla restrição de Wilson (Wilson, 1970). Essa medida considera fatores de equilíbrio que podem ser entendidos como medidas de acessibilidade.

As medidas de acessibilidade baseadas em pessoa avaliam sobre a perspectiva do indivíduo, adicionando restrições espaciais e temporais. De acordo com Geurs and van Wee (2004), essas medidas satisfaz o critério de base teórica, devido a estas representarem as interações entre os componentes, todavia elas apresentam desvantagem no critério interpretabilidade e comunicação. Embora os avanços no Sistema de Informação Geográfica (SIG) e na modelagem espacial, essa medida possui problemas de operacionalização, devido a necessidade de uma vasta variedade de dados que não estão sempre disponíveis. Esse tipo de medida são potencialmente úteis para o critério de avaliações econômicas e sociais, pois estas consideram características individuais e restrições.

Por último, as medidas de acessibilidade baseadas em serviços públicos, segundo Geurs and van Wee (2004), interpretam a acessibilidade como um resultado de um conjunto de tipos de transporte. Estas considera a teoria da utilidade, visando a decisão de uso como um conjunto de escolhas que satisfaçam as necessidades, sendo usados também para modelar o comportamento de viagem e benefícios para cada diferente tipo de usuário. Estas satisfazem os critérios de avaliação econômica e social e base teórica, com exceção do critério

restrições temporais. Entretanto, para os critérios de operacionalidade e interpretação e comunicabilidade, estas detêm problemas devido a complexibilidade e disponibilidade dos dados.

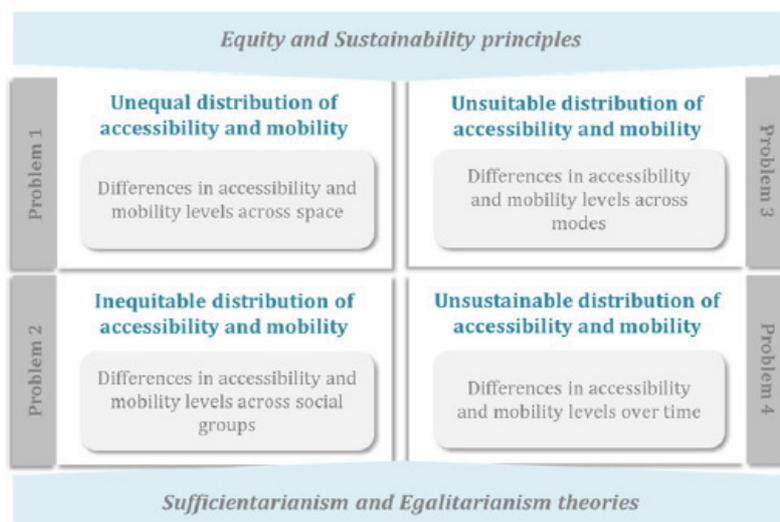
2.2.3 Análise da acessibilidade em trabalhos passados

Ao longo do tempo, a acessibilidade na perspectiva do planejamento urbano integrado tem sido estudada em diversos trabalhos, combinando novos valores e perspectivas. Em Menezes (2015), definiu-se a partir de um levantamento bibliográfico o conceito de Equidade, bem como a sua relação com o conceito de Justiça Social e o princípio da Igualdade no contexto do Processo de Planejamento da Acessibilidade. Além disso, o autor buscou identificar os problemas advindos do desalinhamento entre a oferta de Acessibilidade e o princípio da Equidade, propondo as relações causais entre Acessibilidade Injusta e seus efeitos.

Em seu trabalho, Menezes (2015) conclui que o princípio da Igualdade, dentro do contexto do planejamento da Acessibilidade, pode ser entendido como um estado igualitário de satisfação de necessidades de acesso, o qual pode ser alcançado pela priorização daqueles grupos mais desfavorecidos, seguindo o princípio da Equidade. O autor argumenta que o trabalho realizado na desagregação da problemática da exclusão social por limitação de acesso, diante das outras especificidades dos componentes da Acessibilidade torna possível a produção de conhecimento analítico de forma localizada, contribuindo para o entendimento mais abrangente da complexidade do fenômeno abordado.

Em Garcia *et al.* (2018), propõe-se uma metodologia visando a avaliação estratégica dos problemas de acessibilidade e mobilidade na cidade de Lisboa, considerando uma perspectiva de equidade. Neste trabalho, os autores combinam as teorias éticas do suficiente e do igualitarismo com os princípios de equidade e sustentabilidade com a finalidade de definir tipologias de problemas de acessibilidade e mobilidade. Os quatro tipos de problemas de acessibilidade e mobilidade são apresentados na Figura 2.

Figura 2: Categorias de problemas de acessibilidade e mobilidade



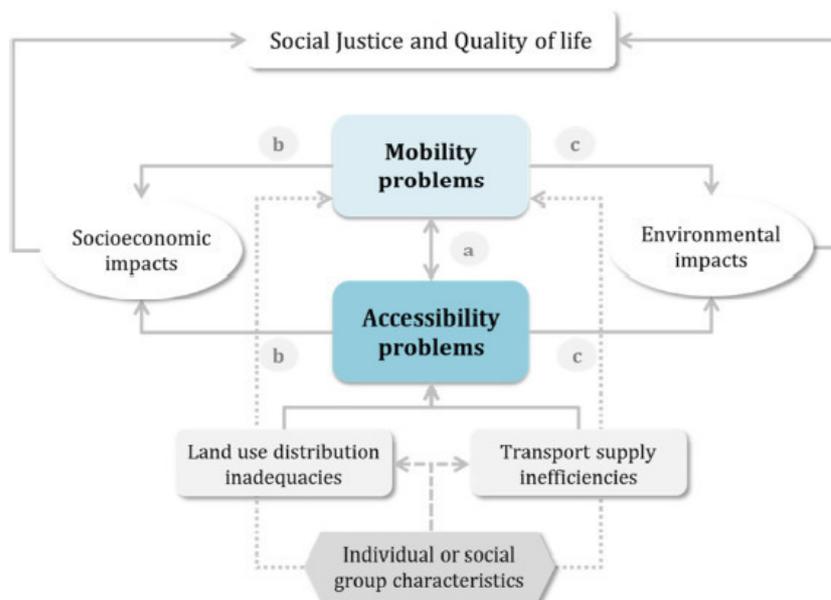
Fonte Garcia et al (2018)

A primeira categoria fundamenta-se na teoria do suficiente, considerando que, independentemente das diferenças dos indivíduos, todos devem ter o nível mínimo de acesso às oportunidades, bem como a mobilidade das viagens. A segunda categoria aborda o conceito de equidade, visto que considerando as diferenças (sociais, econômicas, etc), todos devem ter acesso às oportunidades desejadas e com bons níveis de mobilidade. A terceira e a quarta categoria abordam a teoria do suficiente-coreano, considerando que os modos não motorizados e públicos devem manter um nível de acessibilidade e mobilidade em relação aos automóveis particulares, viabilizando a manutenção de baixos níveis de impactos ambientais e que as gerações futuras não devem ter menores níveis de acessibilidade e mobilidade do que o nível atual.

Os autores argumentam que a consideração desses problemas constitui um modo mais desenvolvido de direcionar a análise estratégica da problemática do sistema de mobilidade urbana, uma vez que se torna necessário identificar as causas desses níveis para poder agir sobre eles. No trabalho de Garcia et al (2018), abordou-se as duas primeiras categorias: problemas desiguais e não equitável. Para avaliar essas duas tipologias de problemas, os autores analisaram, em um primeiro momento, a intensidade e a magnitude das condições de acessibilidade e mobilidade para os automóveis e para o transporte público (distribuição desigual) e para um grupo de preocupação social, este determinado a partir de cluster do

indicador socioeconômico escolhido pelos autores (distribuição não equitável). Após essa fase, os autores avaliaram os problemas e suas relações causais, conforme a Figura 3. Essa análise foi realizada a partir da aplicação das técnicas de análise espacial, que são comumente aplicadas na compreensão de fenômenos urbanos.

Figura 3: Relações causais e restrições no Trabalho de Garcia and al (2018)



Fonte Garcia and al(2018)

Além disso, Andrade (2016) e Lima (2017), desenvolveram trabalhos sobre a compreensão dos fenômenos urbanos: o espraiamento urbano por segregação involuntária e o espraiamento urbano por autosegregação, respectivamente. Ambos os trabalhos buscaram verificar as relações causais entre os fenômenos estudados com a acessibilidade e mobilidade aos postos de trabalho, utilizando também a ferramenta da estatística espacial.

No trabalho de Andrade (2016), conceituou a segregação imposta e sua indução por meio das políticas públicas habitacionais que foram validadas, permitindo concluir a dissociação existente entre as políticas habitacionais e os princípios do planejamento urbano integrado.

No que concerne ao trabalho de Lima (2017), verificou-se no diagnóstico de relações causais, uma relação de dependência entre a distribuição espacial do uso do solo e os níveis de acessibilidade, sendo mais forte para a população de baixa renda, informação que apoia a ideia

que o processo de periferação tem influência negativa maior nos níveis de acessibilidade para a população de baixa renda do que no processo de espraiamento urbano por autosegregação possui para a população de alta renda.

Nesses três trabalhos, nota-se a importância da avaliação estratégica de problemas de acessibilidade e mobilidade para a compreensão de fenômenos urbanos, ambos empregando os conceitos do planejamento urbano integrado norteados para o estabelecimento da justiça social e qualidade de vida.

2.3. Representação da problemática e hipóteses a serem analisadas

Baseando-se nos conceitos elucidados nas seções anteriores sobre acessibilidade, seus componentes e suas medidas, assim como na avaliação estratégica do sistema de mobilidade urbana propostas nos trabalhos comentados nesta seção, faz-se necessário a sistematização da problemática em estudo, descrevendo-a de forma ordenada, envolvendo a base teórica apresentada.

O estudo apresenta como núcleo o problema da distribuição desigual da acessibilidade dos usuários do transportes público coletivo na cidade de Fortaleza o qual, acredita-se que este prejudica principalmente os usuários que mais necessitam deste modo de transporte: população baixa renda. Baseando-se nas conclusões do trabalho de Menezes (2015), buscou-se desagregar os problemas advindos da desigualdade social, o qual é representado pela análise do componente individual, dos outros componentes. Dessa forma, buscam-se as causas dessas disparidades espaciais a partir de indicadores que representam os componentes uso do solo e transporte.

Nas seções anteriores, relatou-se a importância dos componentes da acessibilidade na compreensão desse fenômeno nos centros urbanos. Segundo Soares (2014), quando se faz a análise planejamento da acessibilidade e, portanto, dos subsistemas de transportes e uso do solo, torna-se imprescindível descrever com objetividade os componentes básicos de cada sistema necessários ao entendimento do objeto de estudo.

Dessa maneira, a partir do entendimento da acessibilidade, seus componentes e a interação entre eles, elaborou-se conforme Figura 3, uma árvore de problemas levantada

focando nas possíveis causas e nas consequências do problema avaliada neste estudo para os subsistemas uso do solo e transporte, a partir do estratagema de destrinchar o fenômeno em estudo e identificar possíveis questões que podem explicar e que estão vinculados aos componentes da acessibilidade.

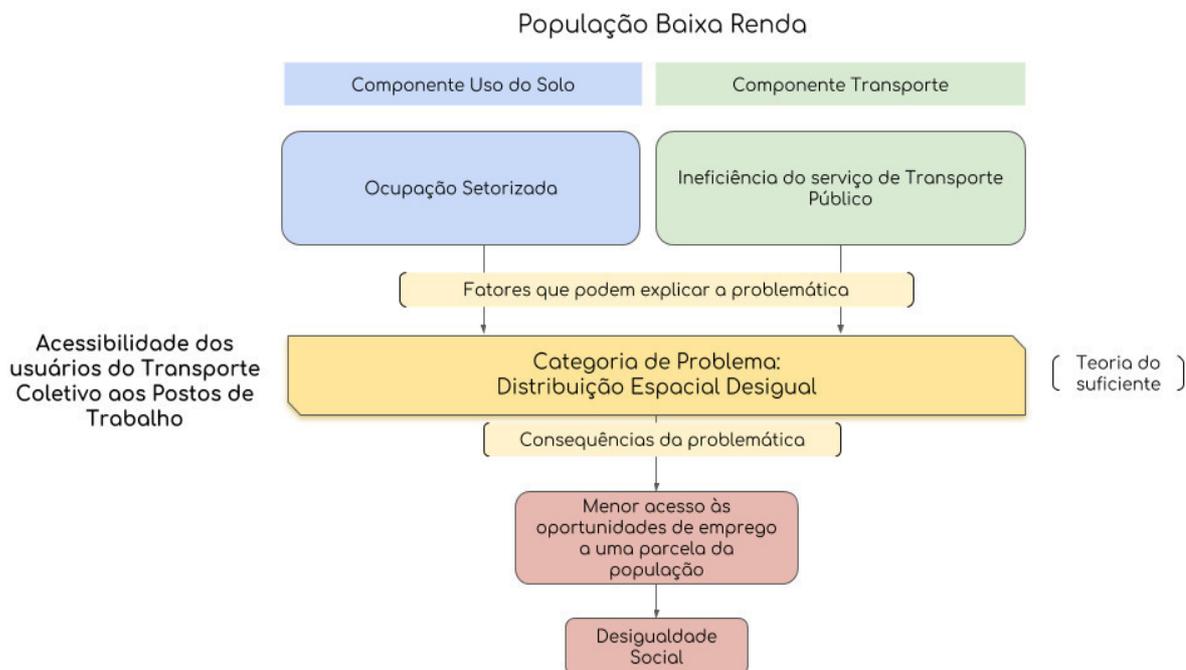
De acordo com a árvore, relata-se que como uma das causas a ocupação setorizada, a qual entende-se por distribuição de determinadas categorias de solos concentradas em regiões, aliada com o fenômeno da periferização, ocupação de áreas afastadas do centro econômico devido ao valor do solo, representando o componente uso do solo. Esse problema interfere nas distâncias dos domicílios as oportunidades, pois produz aglomerados que detêm a maior concentração de oportunidades, obrigando os usuários de vencer grandes distâncias para ter acesso a empregos e serviços.

Focando o componente transporte, pensa-se na ineficiência do serviço de transportes, neste caso o transporte motorizado coletivo ônibus, como uma possível explicação para a diferença espacial dos níveis de acessibilidade. Devido a necessidade dos usuários que habitam longe dos possíveis aglomerados de empregos e serviços de vencer grande distâncias, estes devem fazer uso do modo de transporte motorizado coletivo, que pode não oferecer aos usuários um serviço eficiente, sobre o ponto de vista da operação deste e da rede oferecida em cada zona.

Ademais, salienta-se que o componente individual está associado na delimitação da população foco deste trabalho: população baixa renda. Busca-se em um primeiro momento analisar a distribuição espacial da acessibilidade e a consequência do fenômeno da periferização por segregação imposta abordado no trabalho de Andrade (2016). Como comentado na seção anterior, no trabalho de Lima (2017), a autora concluiu que a população baixa renda é mais afetada na distribuição de níveis de acessibilidade diante do processo de periferização, logo no trabalho em questão, retoma-se essa influência como forma de caracterizar a problemática.

Desta maneira, a Figura 4, compreende-se da desagregação do componente individual, delimitando uma análise inicial focada na população baixa renda e posteriormente, buscando as causas dentro dos componentes uso do solo e transportes, assumindo que estes apresentam influência no acesso destes usuários às oportunidades.

Figura 4: Representação da Problemática a partir de uma árvore de problemas



Fonte: Elaborada pela autora

A partir da representação da Figura 4, propõem-se as hipóteses representadas na tabela 1. Nelas tem-se os componentes uso do solo e transporte representados pelos problemas discriminados na Figura 4. Salienta-se que neste trabalho não levou-se em consideração o componente temporal devido principalmente ao critério de operacionalidade, visto a complexidade de obtenção de dados para este. No que diz respeito a ponderação do componente individual, ressaltando o modo como se foi pensado, este não apresenta relação causal sobre os níveis de acessibilidade, mas uma relação de problema, pois tem-se que arranjo espacial dos níveis de acessibilidade do transporte motorizado coletivo ônibus afeta principalmente a população baixa renda, como observado no trabalho de Lima (2017). Essas hipóteses são analisadas nas etapas de caracterização e diagnóstico, que serão elucidadas no próximo capítulo.

Tabela 1: Hipóteses levantadas por meio da árvore de problemas

Componente	Hipótese
Individual	A distribuição espacial desigual dos níveis de acessibilidade afetam a população de baixa renda
Transporte	A ineficiência do serviço de transporte pode explicar a distribuição espacial desigual.
	A inadequação da configuração da rede pode explicar a distribuição espacial desigual.
Uso do Solo	A ocupação setORIZADA pode explicar a distribuição espacial desigual.

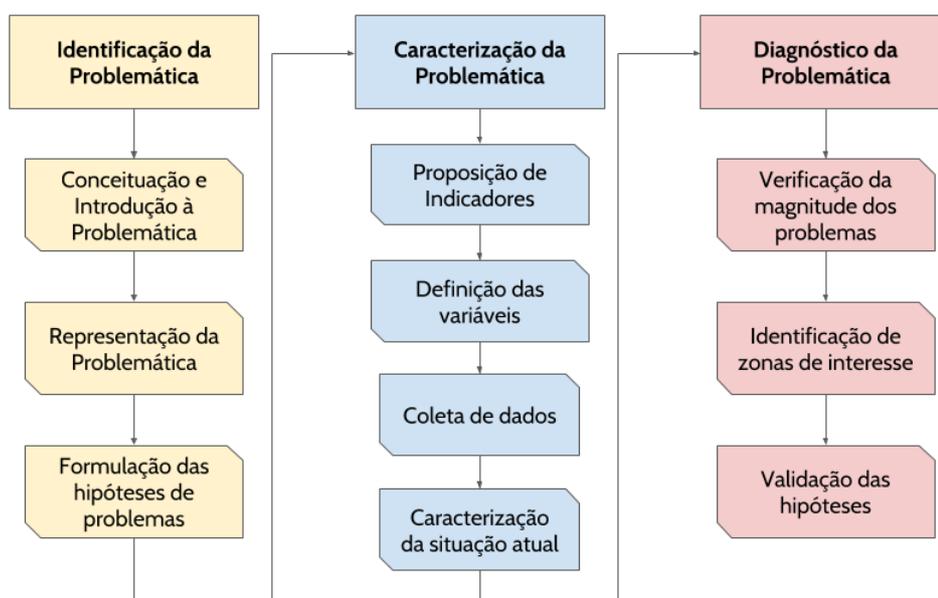
Fonte: Elaborada pela autora

3. METODOLOGIA

Com base nos conceitos apresentados no capítulo anterior, aplicou-se uma metodologia visando a compreensão e a análise da problema da distribuição espacial desigual dos níveis de acessibilidade dos usuários ao transporte público, utilizando para isso uma avaliação estratégica dos problemas de acessibilidade apoiada na teoria do suficiente, categoria 1 dos problemas de acessibilidade e mobilidade expostos no capítulo anterior (Figura 2).

A metodologia utilizada neste trabalho orientou-se pelas propostas metodológicas dos trabalhos de Soares (2015), Andrade (2016), Garcia (2016) e Lima (2017). O trabalho em questão constitui-se por três fases principais: **Identificação**, **Caracterização** e **Diagnóstico da Problemática**. O fluxograma das atividades de cada etapa estão apresentada na Figura 5.

Figura 5: Metodologia para compreensão da distribuição espacial desigual da acessibilidade dos usuários do transportes público de Fortaleza



Adaptado de Soares (2014)

Na primeira etapa, intitulada **Identificação da Problemática**, segundo Soares (2015) deve ser representada pela construção de uma visão sistematizada acerca da problemática, explorando as percepções dos atores em matéria-prima para a construção de indicadores e medidas de desempenho, com a finalidade de explicar a realidade do sistema, como também

fomentar a base para a visão de futuro que se pretende estabelecer.

A etapa de **Caracterização da Problemática** tem como finalidade a estruturação das percepções dos atores em dados que sejam capazes de expressar analiticamente os problemas identificados através de suas características. (Soares, 2015).

Na última etapa, **Diagnóstico da Problemática**, ainda segundo Soares (2015) observa-se o importante papel de validar a existência dos problemas identificados e descritos por meio de indicadores, conforme a primeira e segunda etapa respectivamente, e “quantificar” sua magnitude fazendo uso de parâmetros estabelecidos, de forma a atingir os objetivos estabelecidos pelos princípios formadores da visão estratégica para a cidade.

Essas etapas foram exploradas nas seções seguintes deste capítulo.

3.1. Descrição da Etapa de Identificação da Problemática

Na primeira etapa do trabalho, buscou-se montar uma visão ampla e organizada da problemática em estudo, de maneira a estabelecer, a partir de critérios e perspectivas, a representação geral da problemática e formulação de hipóteses sobre fatores que podem ter relação de causa com o problema em estudo. Essa análise foi realizada seguindo as sub etapas exibidas na Figura 5. Na sub etapa intitulada *Conceituação e Introdução à Problemática*, apresentou-se, nos capítulos 1 e 2, a contextualização mais geral da problemática e os conceitos de sistema de transportes e acessibilidade de modo que fosse possível um entendimento mais consistente da problemática respectivamente. Na sub etapa *Representação da Problemática*, elaborou-se uma pesquisa sobre os conceitos de acessibilidade e seus componentes, as perspectivas de abordagem estratégica do planejamento de transportes e as categorias de problema de acessibilidade e mobilidade sobre o ponto de vista dessas perspectivas. Por fim, na sub etapa *Formulação de Hipóteses*, baseando-se nas informações expostas nas sub etapas anteriores, produziu-se uma representação do fenômeno estudado assumindo hipóteses sobre fatores que podem explicar a existência da problemática em estudo.

3.2. Descrição da Etapa de Caracterização da Problemática

Na etapa Caracterização da Problemática, inicialmente, organizou-se uma sequência visando avaliar o fenômeno estudado, representado pelo segundo agrupamento da Figura 5 . Com a finalidade de promover a avaliação, inicialmente realizou-se a *Proposição de Indicadores* para quantificar a acessibilidade e os indicadores dos seus componentes. Para isso, baseando-se nos conceitos apresentados na fase anterior, elucidados no Capítulo 2, selecionou-se esses indicadores a partir de critérios.

Na sub etapa posterior, *Definição das variáveis*, escolheu-se as medidas que irão compor cada indicador. Após esta etapa, fez-se necessário a organização da *Coleta de Dados* de maneira a reunir todas as informações indispensáveis à análise.

Na quarta sub etapa da caracterização intitulada *Caracterização da Situação Atual*, objetivou-se, a partir dos resultados obtidos, a análise espacial exploratória com o propósito de descrever com exatidão separadamente os fenômenos avaliados pelos indicadores.

3.2.1 Proposição de indicadores e definição de variáveis

Esta sub etapa representa uma fase importante no que concerne a tornar possível a caracterização da problemática avaliada. A seleção dos indicadores que foram considerados na análise da problemática ocorreu cuidadosamente. Segundo Geurs and Van Wee (2004) há vários critérios que podem ser utilizados para avaliar a usabilidade e limitações nas medidas de acessibilidade para diferentes propósitos de estudo. O autor cita quatro critérios: base teórica (1), operacionalização (2), interpretabilidade e confiabilidade (3) e usabilidade em avaliações sociais e econômicas (4), que foram apresentados na Revisão Bibliográfica.

No capítulo 2, identificou-se os conceitos de acessibilidade e seus componentes, além da representação da problemática, estas informações foram empregadas para a definição dos indicadores.

De forma geral, optou-se por dois tipos de indicadores: acessibilidade e causais. Estes últimos correspondem a fatores que afetam diretamente a acessibilidade, como indicadores que representam a rede de transporte e uso do solo.

Após o levantamento das medidas de acessibilidade, preferiu-se trabalhar a

acessibilidade por meio de uma medida baseada em localização, selecionando uma medida potencial pois, segundo Geurs and Van Wee (2004) esta avalia o efeito combinado entre os elementos do uso do solos e de transportes, correspondendo a uma vantagem sobre o critério base teórica. Ademais, estas são recomendadas como indicadores sociais para análise de nível de acesso às oportunidades, abrangendo o critério usabilidade em avaliações sociais e econômicas, além de deter uma vantagem no que concerne a computação dos dados, conferindo o critério de operacionalização.

Com relação aos indicadores que dizem respeito aos indicadores de rede de transportes, ambos avaliam o oferta do sistema, selecionando-se um indicador de cobertura e de frequência. Ademais, o indicador do uso do solo avalia a diversidade, distribuição dos tipos de solos, foi baseado na abordagem do trabalhos de Sun et al. (1998).

Segundo Geurs and van Wee (2004), uma medida de acessibilidade deve idealmente considerar todos os elementos dos seus componentes individuais, transporte, uso do solo e temporal, porém na prática, essas medidas concentram-se em um ou mais componentes. Ademais, a escolha deve ser realizada visando os critérios de base teórica, operacionalização, interpretabilidade e comunicabilidade e usabilidade em avaliações sociais e econômicas, as definições destes apresentados na Revisão Bibliográfica deste trabalho.

Dessa forma, a medida adotada neste trabalho correspondeu ao tipo infraestrutural, avaliando o quanto o sistema auxilia ou prejudica os usuários nos deslocamentos, considerando a oferta e a operação do sistema de transporte.

Assumindo essas condições, de forma análoga aos trabalhos de Andrade (2016) e Lima (2017), selecionou-se como indicador de acessibilidade o tempo médio de viagens (em minutos) pelo modo de transporte iniciada em uma zona i com destino a zona j , potencializado pela oportunidade de emprego da zona destino. Como este estudo visa analisar a distribuição espacial desigual dos níveis de acessibilidade, os dados são restritos ao usuário baixa renda, além de que os valores dos tempos médios de viagem são resultado da aplicação da modelagem integrada TRANUS. A partir dessas informações, observa-se que essa medida abrange os componentes transporte, uso do solo, individual e temporal.

Figura 6: Formulação Matemática da Medida de Acessibilidade Potencial

$$AcPotBR_i = \frac{\sum_j [T_{ij} \times (EmBR_i)]}{\sum_j (EmBR_i)}$$

AcBR_i = Acessibilidade aos postos de trabalho da população baixa renda na zona i;

T_{ij} = Tempo de deslocamento por modo motorizado coletivo (ônibus) de uma zona i a uma zona j;

EmBR_i = Oportunidade de Emprego para a população de baixa renda na zona i em 2015.

Onde,

$$EmBR_i = \sum_n [E_{ni} \times (aBR_i)]$$

E_{ni} = Empregos do tipo n na zona i;

aBR_i = Coeficiente intersetorial de consumo de domicílio de BR por emprego do tipo n.

Fonte: Elaborado pela autora

Para avaliar o problema da restrição da acessibilidade a população de baixa renda, selecionou-se como indicador a quantidade de domicílio baixa renda (DomBR). Este indicador foi utilizado para verificar a hipótese da existência do problema dos baixos níveis de acessibilidade em áreas com maiores valores de população baixa renda, indicando zonas problemáticas, ou seja, zonas que apresentam baixo níveis de acessibilidade e grande quantidade de domicílios baixa renda. Ademais, este indicador apresenta validade sobre todos os critérios (base teórica, operacionalidade, interpretabilidade e comunicabilidade e avaliação econômica e social).

No que concerne aos indicadores causais, utilizados para explicar a distribuição espacial desigual dos níveis de acessibilidade por meio dos componentes, selecionaram-se medidas sobre os critérios de base teórica, operacionalidade, interpretação e comunicabilidade.

No caso do indicador do componente transporte, considerou-se a frequência média de ônibus (FreqMed) e a cobertura das linhas de ônibus (CobLin), dada pelo quociente da extensão das linhas de ônibus dentro da zona pelo somatório da rede viária acessível ao transporte público, ou seja, sem contar com as vias locais. Estes indicadores foram estimados por meio de

dados da ETUFOR relativos ao ano de 2014 e pretendem estimar respectivamente a operação e a cobertura da rede de transporte coletivo (ônibus) fornecida, de forma a relacionar a oferta do sistema de transportes com os níveis de acessibilidade, verificando-se que as zonas que possuem menor frequência e menor cobertura das linhas, apresentam baixos níveis de acessibilidade, buscando explicar o problema de acessibilidade em determinadas zonas.

Figura 7: Formulação Matemática da Medida de Frequência Média

$$\text{FreqMedi} = \frac{\text{Freqi}}{\text{LinOnibi}}$$

FreqMedi = Frequência Média na zona i;

Freqi = Somatório das frequências das linhas de ônibus na zona i;

LinOnibi = Número de linhas de ônibus da zona i.

Fonte: Elaborado pela autora

Figura 8: Formulação Matemática da Medida de Cobertura das linhas de ônibus

$$\text{CobLini} = \frac{\text{ExtLini}}{\text{SistViai}}$$

ExtLini = Total da Extensão das linhas existentes na zona i;

SistViai = Total da extensão da rede viária que pode comportar transporte público na zona i.

Fonte: Elaborado pela autora

Para o componente uso do solo, foram considerados: a diversidade dos usos do solo, nomeado Entropia (Ent). Este indicador foi proposta por Sun et al. (1998), o qual entende-se que áreas com baixa diversidade de usos demandam viagens mais longas de uma população para a realização de suas atividades cotidianas. O valor desse indicador varia entre 0 e 1, onde

valores próximos de 0 indicam zona homogêneas, quando a área desta apresenta-se praticamente toda por um único tipo de uso, e valores próximos de 1 indicam zonas heterogêneas, quando a área desta apresenta-se ocupada por proporções iguais de todos os usos. Dessa forma, sugere-se que zonas com valores baixos de Entropia possuem baixos níveis de acessibilidade, pois exigem que a população encaminhe-se para outras zonas, na busca pelas suas necessidades habituais (emprego, escola, lazer etc).

Figura 9: Formulação Matemática da Medida de Entropia

$$Ent_i = \sum_j \frac{P_j \ln(P_j)}{\ln(J)}$$

Ent_i = Entropia na zona i;

P_j = Proporção de área construída ocupada pelo uso do solo j na zona i;

J = Número de categorias de uso do solo consideradas.

Fonte: Elaborado pela autora

3.2.2 Coleta de dados

Após a escolha dos indicadores e de suas variáveis, promoveu-se a coleta dos dados necessários para a obtenção dos valores dos indicadores que serão utilizados para a caracterização da problemática. Nesta fase do trabalho, distingue-se dois tipos de dados quanto a sua origem: oriundos de bases de dados oficiais e oriundos da modelagem integrada.

O primeiro grupo de dados, base de dados oficiais, equivale a informações retiradas de órgãos de representação oficial. Os elementos referentes aos empregos foram obtidas por meio do Ministério do Trabalho e os dados referentes ao uso do solo da base de dados da SEFIN (Secretaria de Finanças do Município de Fortaleza). Quanto às informações relativas à rede de transportes, estas foram retiradas de uma base de dados da ETUFOR (Empresa de Transporte

Urbano de Fortaleza). Ressalta-se que os dados do uso do solo referem-se ao ano de 2015 e os da rede de transporte de 2014.

Por sua vez, o segundo grupo de dados representa uma ferramenta importante nesse trabalho pois ela fornece informações que foram usadas na definição do nível de agregação, no cálculo do indicador que avalia os níveis de acessibilidade e na discussão de variáveis que explicam a distribuição espacial dos níveis de acessibilidade, representado pelo tempo de viagem entre zonas. Conhecendo a relevância dos dados provenientes da modelagem integrada, torna-se imprescindível compreender o mecanismo desse ferramental.

O planejamento dos transportes urbanos tem evoluído de uma abordagem tradicional, focada exclusivamente nas relações entre demanda e oferta do sistema de transportes, para um processo integrado envolvendo também as inter-relações com os sistemas de atividades e de uso do solo (Meyer e Miller, 2001). No que diz respeito a nova abordagem do planejamento dos transportes, a modelagem integrada assume um papel essencial na análise das relações complexas entre os subsistemas transporte, uso do solos e atividades.

Esse tipo de ferramenta analítica é conhecida na literatura como modelos de interação dos transportes e uso do solo, do inglês Land Use - Transport Interaction (LUTI) models. O ferramental de modelagem matemática, estatística e computacional tem sido um instrumento reconhecidamente importante de previsão de impactos futuros na avaliação de alternativas de intervenção, com os modelos LUTI não fugindo a essa abordagem. (Sousa, 2016).

3.2.2.1 Nível de agregação e zoneamento

A escolha do nível de agregação apresenta um importante fator para a análise do fenômeno estudado, dessa forma fez-se atenção para a seleção desse. Em seu trabalho, Sousa (2015) enumera três tipos diferentes de desagregação que os modelos operacionais LUTI pode levar em consideração: menores unidades de análise espacial, períodos de tempo mais curtos e nível mais detalhado de modelagem da decisão, realizando uma comparação entre os diversos tipos de modelos operacionais e destacando que TRANUS, modelo operacional LUTI, distingue-se dos demais por sobre fornecer ao usuário uma maior liberdade para definir os critérios e a quantidade de subdivisões que existirão.

Considerando a vantagem da liberdade da delimitação das unidades espaciais, faz-se

necessário definir o zoneamento por meio de critério que beneficiam a análise espacial da zona avaliada, nesse caso a cidade de Fortaleza. Neste trabalho, considerou-se os critérios e o zoneamento utilizados pela autora Lima (2017). Ela enumera três critérios para a definição do zoneamento.

O primeiro critério compreende definição da quantidade de zonas. A autora afirma que esse critério corresponde a uma orientação do manual do TRANUS (MODELÍSTICA, 2014) que, embora não fixe uma norma para definir a quantidade de zonas de um estudo, ele sugere o valor de 100 zonas por milhão de habitantes, todavia em áreas de estudo que apresentam valores altos de densidade demográfica, essas zonas podem ser menores.

O segundo critério, de acordo com Lima (2017), corresponde a consideração da homogeneidade socioeconômica das zonas. A autora diz que, seguindo outras modelagens urbanas, a população foi dividida em três grupos socioeconômicos considerando a renda domiciliar em termos de salários mínimos: grupo baixa renda descrevendo-se como domicílio com renda abaixo de 3 salários mínimos, grupo média renda, entre 3 e 8 salários mínimos e o grupo alta renda, superior a 8 salários mínimos. Considerando que as informações coletadas sobre renda domiciliar apresentaram-se em um nível mais desagregado do setor censitário, tem-se que na formulação do zoneamento houve uma maior precisão no processo de agrupamento das zonas mais homogêneas para um determinado grupo socioeconômico.

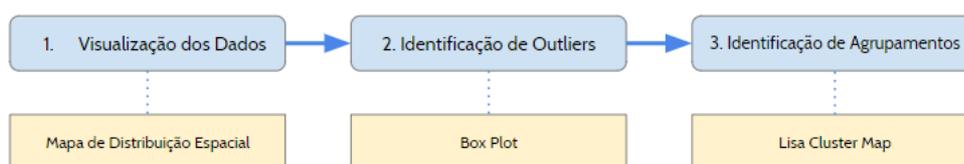
Por fim, o último critério, segundo Lima (2017), equivale a padronização do nível de agregação das diferentes fontes de dados disponíveis, necessárias à composição dos indicadores e das variáveis. Devido aos dados demográficos apresentarem um nível de agregação setor censitário e as informações referentes a empregos e número de viagem apresentarem como nível de agregação bairro, optou-se por definir um zoneamento com unidade espacial mais agregada do que os setores censitários todavia com unidades espaciais menores e mais desagregadas que no nível de agregação bairros.

3.2.4 Caracterização

Após a coleta de dados que permitiu a instrumentalização dos indicadores propostos, iniciou-se a etapa de caracterização que detém o papel de estudar os valores dos indicadores para avaliar os níveis da acessibilidade na área objeto de estudo. Dessa forma, realizou-se uma

análise exploratória desses indicadores a partir de uma perspectiva espacial, utilizando para isso o software *Geoda*. Nesta análise, baseou-se na sequência proposta por Henrique (2004), a qual apresenta como sequência: produção do Mapa de Quantis, do Box Map, do Índice Global de Moran e do mapa LISA Cluster. Esse procedimento possui como finalidade interpretar o comportamento espacial dos indicadores selecionados. Relata-se essa aplicação nos trabalhos produzidos por Andrade (2016), Garcia (2016) e Lima (2017).

Figura 10: Sequência para Análise Espacial Exploratória



Adaptado de Andrade (2016)

O Índice Global de Moran varia entre -1 e 1, onde valores próximo a zero indicam menor autocorrelação. Segundo Scott e Janikas (2010), a partir do Índice Local de Moran identifica-se agrupamentos (clusters) de valores altos ou baixos, bem como valores atípicos (outliers) no espaço. Neste trabalho, utilizou-se como referência para fortes indícios de correlação, de acordo com Sullivan e Unwin (2010) valores menores que -0,3 e maiores que 0,3.

No que concerne aos agrupamentos, nos mapas LISA (Local Indicators of Spatial Association), verificou-se duas formas: autocorrelação positiva e autocorrelação negativa. O primeiro tipo correspondem a aglomerados *high-high* e *low-low*, representando zonas que detêm valores altos ou baixos e que estão próximas de outras zonas com valores que apresentam a mesma característica, valores altos ou baixos. Por fim, o segundo tipo relaciona-se a aglomerados *high-low* e *low-high*, apontando zona com alto valores e com vizinho possuindo baixo valores e zona com baixos valores e com vizinho possuindo alto valores, sugerindo possíveis outliers espaciais. No trabalho em questão, a definição desses agrupamentos correspondeu a uma ferramenta importante para a compreensão das hipóteses de relação problema estabelecidas entre o indicador de acessibilidade e o indicador que representa o processo de periferização por segregação involuntária, que embora não seja o norte deste

trabalho, constitui um fenômeno que tem relação com a distribuição espacial dos níveis de acessibilidade do transporte motorizado coletivo (ônibus), foco deste trabalho.

3.3. Descrição da Etapa de Diagnóstico da Problemática

Por fim, a etapa *Diagnóstico da Problemática* possui uma função relevante na confirmação das relações causais examinada neste trabalho. Diferentemente da proposta feita pela autora Soares (2014), a qual descreve em suas sub-etapas a verificação da magnitude dos problemas, além de uma análise da situação atual com uma situação ideal, este trabalho propõe nesta etapa analisar as relações entre os componentes e acessibilidade, visto que não há dados para se delimitar valores para uma situação ideal para os indicadores em estudo.

Assume-se que o interesse maior nesta fase corresponde à compreensão das relações entre a distribuição espacial desigual da acessibilidade dos usuários do transporte público coletivo as oportunidades de emprego e os componentes desta, com a finalidade de conhecer de uma forma mais rica o fenômeno estudado no trabalho em questão.

Desse modo, nesta etapa, inicialmente, realizou-se uma análise exploratória semelhante a etapa anterior, desta vez para os indicadores que representam os componentes da acessibilidade escolhidos para explicar os níveis desiguais de acessibilidade.

A partir dos indicadores selecionados para avaliar cada componente (uso do solo e transporte) analisou-se a distribuição espacial destes e interpretou-se as causas dos aglomerados e sua relação com o problema da distribuição desigual da acessibilidade dos usuários do transporte público coletivo às oportunidades.

Ademais, a partir destes resultados obtidos, definiu-se hipóteses que foram analisadas por meio da aplicação de modelo não espacial, regressão clássica. Embora, entenda-se que este fenômeno apresenta influência espacial, neste trabalho centrou-se na compreensão da relação da acessibilidade com os indicadores que entende-se apresentam influência nos valores desta. Dessa forma, observada a significância dos resultados da etapa anterior e verificou-se as hipóteses estabelecidas ao final da primeira fase desta etapa.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização da Problemática

No capítulo anterior, descreveu-se as etapas que compõem a fase de caracterização da problemática, de forma que neste capítulo objetiva-se apresentar os resultados relativos a cada etapa e discuti-los de forma a confirmar ou não as hipóteses apresentadas na fase de identificação, além de, a partir dos resultados finais desta fase, propor novas hipóteses que são estudadas no Diagnóstico.

Com a finalidade de investigar as hipóteses levantadas na identificação da problemática (Tabela 1) relativas ao impacto do fenômeno de periferização na acessibilidade da população de baixa renda ao transporte público e a compreensão das causas da distribuição desigual da acessibilidade por meio dos componentes uso do solo e transportes, segmentou-se a caracterização em dois momentos.

4.1.1 Coleta de dados

O trabalho em questão apresenta como foco de estudo o município de Fortaleza, sem considerar as influências dos municípios vizinhos, seja no que concerne à infraestrutura de transporte ou aos aspectos de ocupação do solo destes, muito embora admita-se a ação destes sobre as zonas limítrofes de Fortaleza.

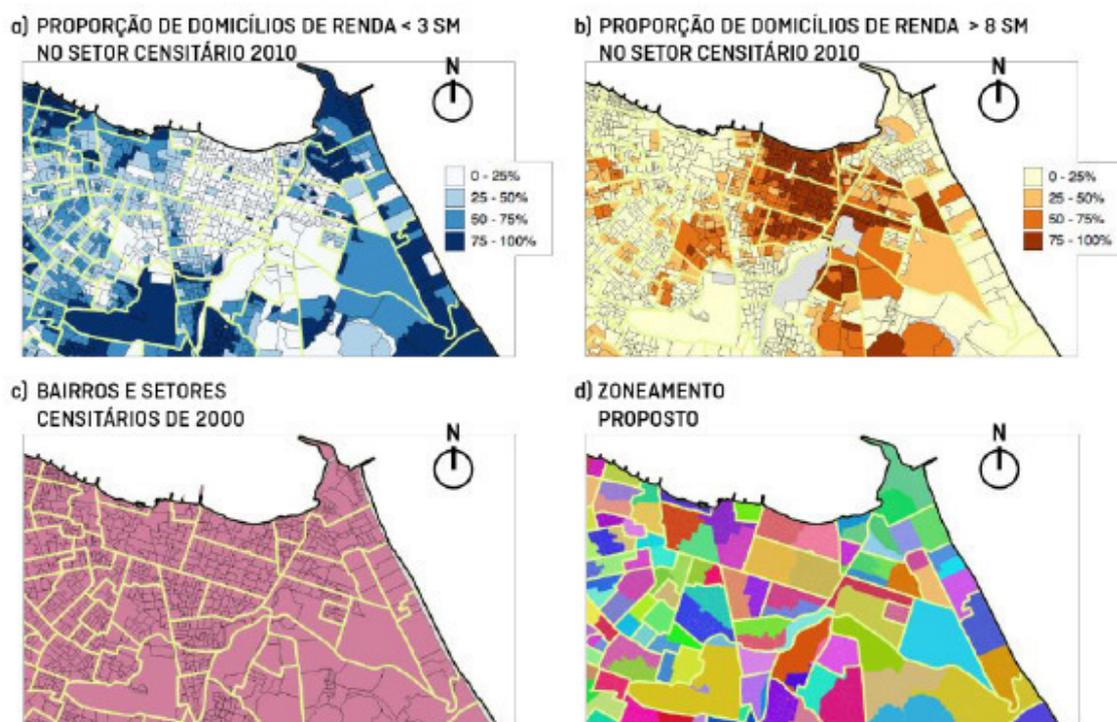
No que concerne aos dados utilizados, foram discernidos dois tipos de dados: base de dado oficial e modelados.

O primeiro tipo, este obteve-se a partir dos dados da Etufor, para o ano de 2014 e da ARCE, no que concerne a composição da rede viária. Realizou-se uma filtragem dos dados que não dizem respeito a área foco do estudo, com a finalidade de evitar a inclusão de dados que podem afetar os resultados para os indicadores.

Sobre o segundo tipo de dado, modelados, a concepção do zoneamento orientou-se pelo trabalho de Lima (2017), o qual a autora destaca que os critérios metodológicos convergem para a formulação de zonas como unidades espaciais suficientemente homogêneas

economicamente, por meio da agregação dos setores censitários. Visando este objetivo, formulou-se distribuições espaciais dos dados proporção de domicílios baixa renda e alta renda do total de domicílios para cada setor censitário. Na figura 11 abaixo, observa-se que o zoneamento orientou-se pelos parâmetros: zonas que possuem caráter econômico homogêneo, que localizam-se no mesmo bairro em 2000 e que se assemelham a configuração dos setores censitários.

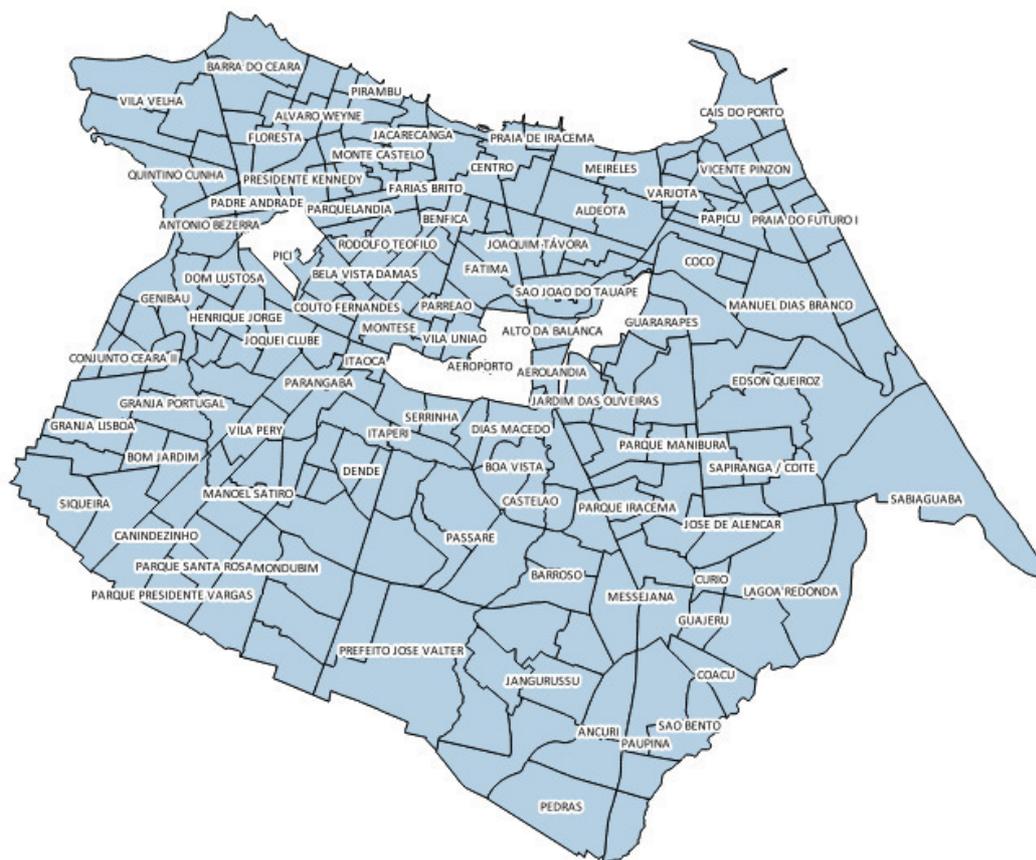
Figura 11: Trecho de mapas utilizados para a definição do zoneamento da análise.



Fonte: Lima (2017)

A partir dessas definições, obteve-se um zoneamento contendo 241 zonas, as quais algumas destas são formadas por áreas institucionais ou áreas verdes. Nestas zonas estão localizados o Aeroporto(1), o Campus do Pici(1) e o Parque do Cocó (4). Com o intuito de evitar resultados que poderiam enviesar a análise, estas 6 zonas foram excluídas na fase da caracterização da problemática, restando 236 zonas para o estudo.

Figura 12: Zoneamento utilizado na análise.



Fonte: Elaborado pela autora

No que diz respeito a organização da base de dados utilizada para coletar as variáveis necessárias para o cálculo dos indicadores, estes foram obtidos de duas formas: por meio de base de dados oficiais e por meio de dados gerados por modelagem.

Os dados relativos ao número de oportunidades de emprego por tipo de setor correspondem a resultados da modelagem TRANUS, a partir de dados de empregos e do setor educacional provenientes do Censos de 2010 e de 2000 (IBGE, 2000 e IBGE, 2010), da projeção e estimativa populacional do IBGE para 2015, da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) para 2015, fornecida pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE, 2015), Censos Escolar do Ensino Básico e Ensino Superior, fornecidas pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais (INEP, 2015). No que concerne aos coeficientes intersetoriais, estes são oriundos da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) do

ano de 2015 e a Pesquisa de Orçamento Familiar (POF) para 2008/2009. No que diz respeito ao subsistema transporte, segundo Lima (2017) as decisões de viagem foram modeladas na hora pico de manhã por motivo trabalho, educação e outros para o ano de 2015.

4.1.2 Resultados e Discussões da Caracterização da Problemática

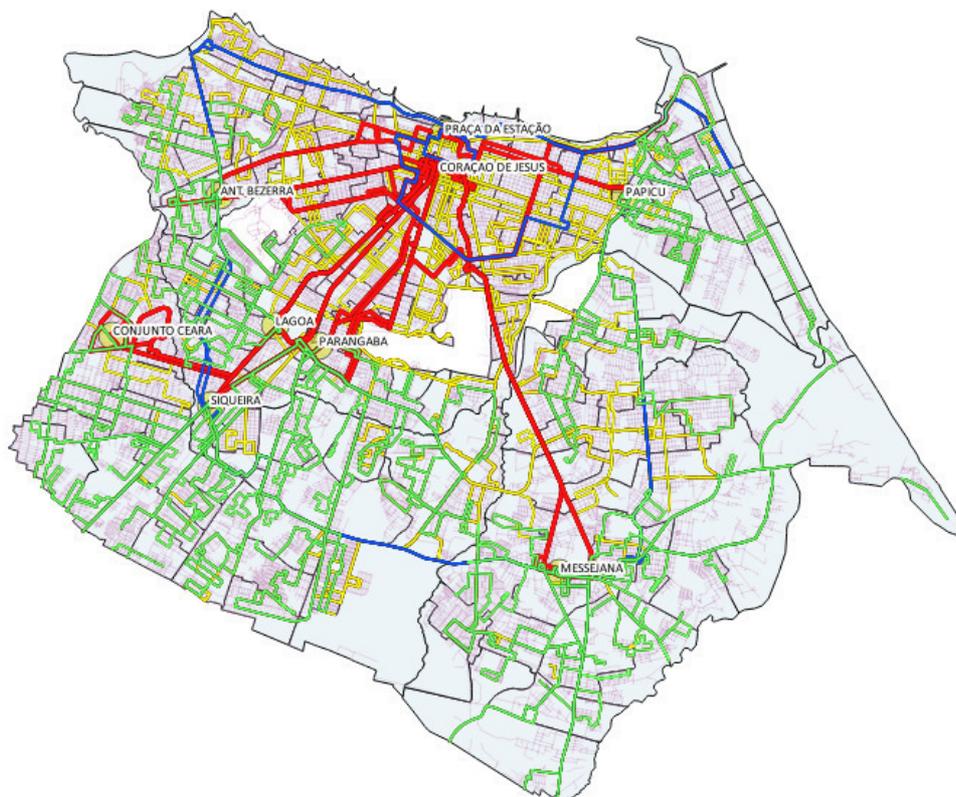
4.1.2.1 Sistema de Transportes Integrado de Fortaleza

O Sistema Integrado de Transporte de Fortaleza (SIT-FOR) configura-se por uma operação do tipo radial e tronco alimentadora. Nesse sistema, observa-se uma conformação baseada na integração de linhas através do conjunto de terminais fechados, localizados em regiões periféricas estratégicas e terminais abertos no centro da cidade. Além disso, existe o artifício da integração temporal com intervalo de duas horas o qual, através do bilhete único ou da carteira de estudante, possibilita ao usuário a troca de ônibus sem a necessidade de passar por um terminal, com a garantia de que ele não precisará pagar pelo transbordo.

A respeito do arranjo das linhas apresentado na Figura 13, identifica-se um conjunto de linhas troncais (em vermelho) ligando esses terminais, além de um conjunto de linhas alimentadoras (verde), circulares (azul) e interbairros (amarelo), integradas nos terminais.

Com ao total de viagens, segundo o anuário de Fortaleza 2012/2013, o transporte público coletivo apresentou uma média de viagens diárias de 781.197. Ademais, a operação das linhas é realizada por 22 empresas permissionárias e suas linhas são segmentadas em linhas normais e linhas corujão no total de 249 e 22 linhas respectivamente.

Figura 13: Sistema integrado de Transportes Público de Fortaleza



Fonte: Elaborado pela autora, dados da Etufor Base 2014

4.1.2.2 Distribuição Espacial da População Baixa Renda

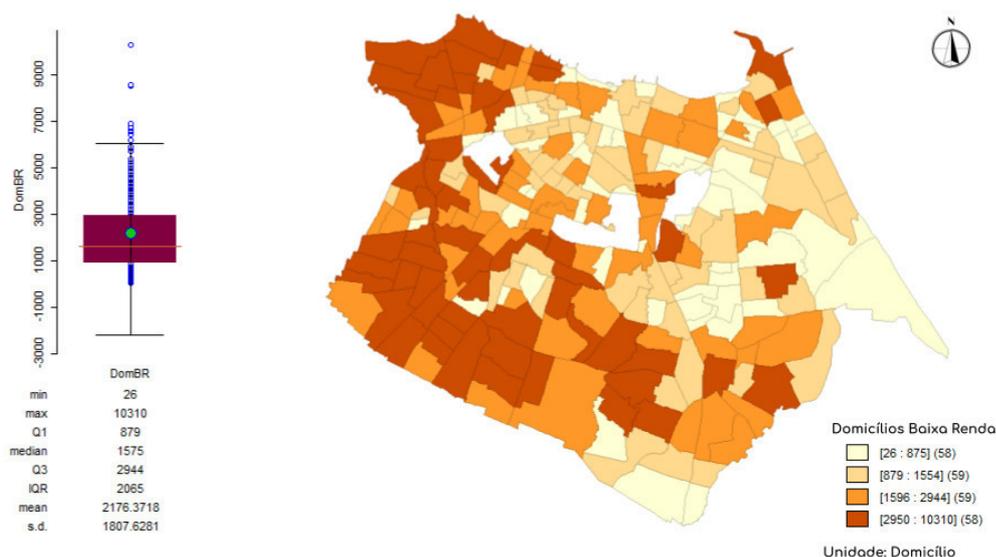
No trabalho de Andrade (2016), buscou-se compreender o fenômeno da periferização por segregação involuntária em Fortaleza, a partir da conceituação deste processo urbano e da influência do poder público por meio das políticas habitacionais na intensificação deste. Ademais, entende-se que este fenômeno atinge que a população baixa renda, provocando uma configuração setorizada na distribuição espacial de domicílios baixa renda, que muitas vezes não é acompanhada pela rede de transportes e pelo desenvolvimento econômico da cidade, ocasionando o não atendimento das demandas sociais.

Com a finalidade de analisar a distribuição espacial dos domicílios baixa renda, utilizou-se dados representando o ano de 2015. Observou-se que a população de baixa renda representa a maioria dos domicílios na cidade de Fortaleza, cerca de 60% dos domicílios. Na Figura 14, apresenta-se o mapa da distribuição espacial do número de domicílios baixa renda. Neste mapa, observa-se a concentração de domicílios baixa renda nas zonas periféricas ao oeste

e ao sudoeste, zonas próximas respectivamente aos municípios de Caucaia e Maracanaú.

Ainda sobre a Figura 14, exibe-se o Box Plot o qual compõe-se por dados como média, desvio padrão, valores máximo e mínimos do número de domicílios por zona. Na região acima da caixa, observam-se os valores de outliers, representando zonas com altos valores para a variável em análise, totalizando 8 zonas na próximas do limite sudoeste e 3 próximas do limite oeste da cidade, compreendendo valores de 6190 à 10310 domicílios.

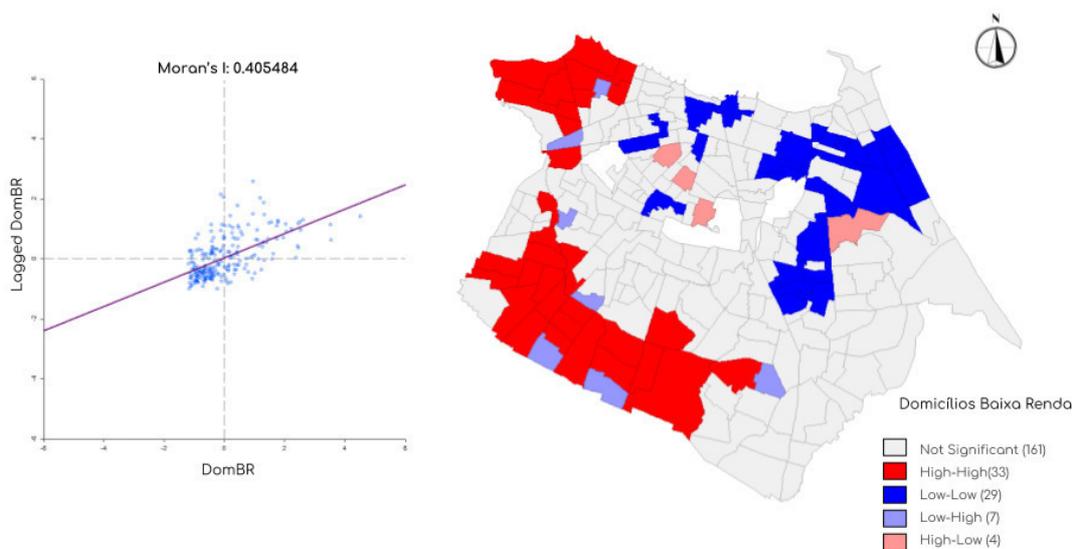
Figura 14: Distribuição Espacial dos Domicílios Baixa Renda



Fonte: Elaborado pela autora

Na figura 15, tem-se os mapas com os resultados da análise espacial realizada utilizando o software Geoda. Estimou-se os valores do Índice de Moran, o qual avalia se a distribuição de uma variável em análise detém uma distribuição aleatória (hipótese 0) ou se há fortes indícios que a distribuição da variável apresenta correlação espacial (hipótese 1), e plotou-se o maps Lisa Cluster Map, o qual se expressa zonas que possuem padrões espaciais semelhantes com um grau de significância de 5%.

Figura 15: Índice de Moran e LISA Cluster Maps para os Domicílios Baixa Renda



Fonte: Elaborado pela autora

Interpretando os resultados da análise espacial para essa medida, tem-se que o valor obtido ($IM > 0,30$) para o índice de Moran indica a existência de indícios para que a hipótese que essa variável possua um padrão de dependência com o espaço esteja correta. Compreendendo a possível dependência espacial dessa variável, verifica-se a presença de cluster High-High (zonas em vermelho), ou seja, zona onde tem-se agrupamentos de zona com valores altos para domicílios baixa renda, nas zonas próximas ao limite sudoeste e oeste da cidade. Este comportamento relaciona-se com compreensão do processo de periferização por segregação involuntária. No que concerne às zonas Low-Low, em azul, onde tem-se agrupamentos de zona com valores baixos para domicílios baixa renda.

4.1.2.3 Distribuição Espacial Desigual dos Níveis de Acessibilidade

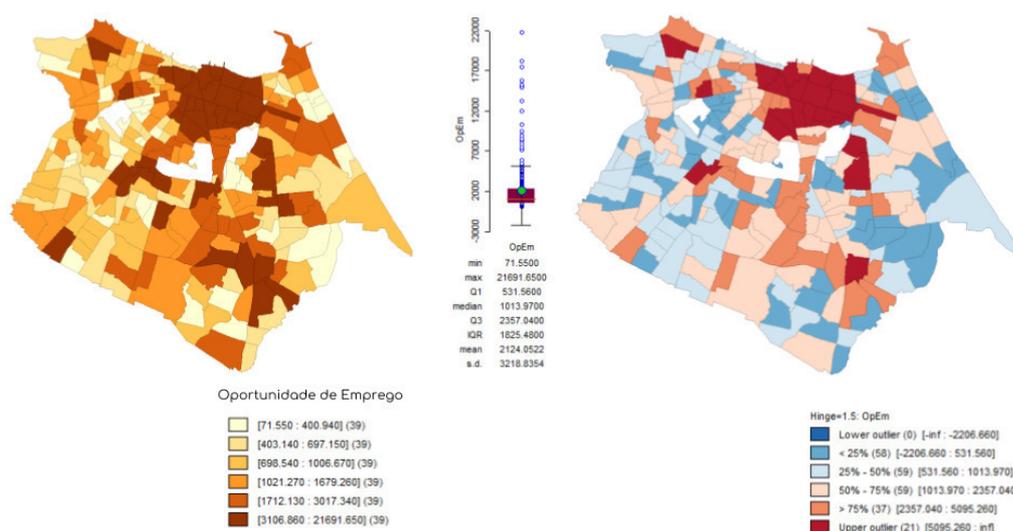
A partir do cálculo do indicador de acessibilidade, obtiveram-se os valores do tempo médio de viagem potencializado pela oportunidade de emprego entre zonas. Com a finalidade de analisar melhor os valores deste indicador, julgou-se necessário a compreensão da distribuição espacial das oportunidades de emprego.

Conforme avalia-se na Figura 16, atenta-se para a presença de zonas, localizadas no centro e estendendo-se na direção leste, com altos valores para a medida oportunidade de

emprego, representada pelos outliers no mapa a direita, o qual representa valores 1.5 acima do intervalo interquartil, ou seja, fora da caixa apresentada no mapa Box Plot. Além disso, nota-se a presença entre os outliers espalhados zonas onde se localizam relevantes Pólos Geradores de Tráfego, como os empreendimentos: North Shopping, Shopping Parangaba e Iguatemi, bem como regiões de grande número de domicílios baixa renda para como Messejana e a Barra do Ceará.

Entende-se que as zonas que representam outliers para o intervalo acima do percentil de 75% sofrem influência positiva nos níveis de acessibilidade. Por outro lado, as regiões nas tonalidades de azul equivalem as zonas com baixos valores para a medida de oportunidade de emprego para baixa renda. Nesse caso, pensa-se que caso não haja uma boa cobertura da rede de transportes e uma desejável distribuição do uso do solo, os níveis de acessibilidade podem resultar em valores baixos nestas zonas, visto a baixa disponibilidade de oportunidades na zona de origem da população em foco.

Figura 16: Distribuição Espacial e o Box Plot da Oportunidade de Emprego

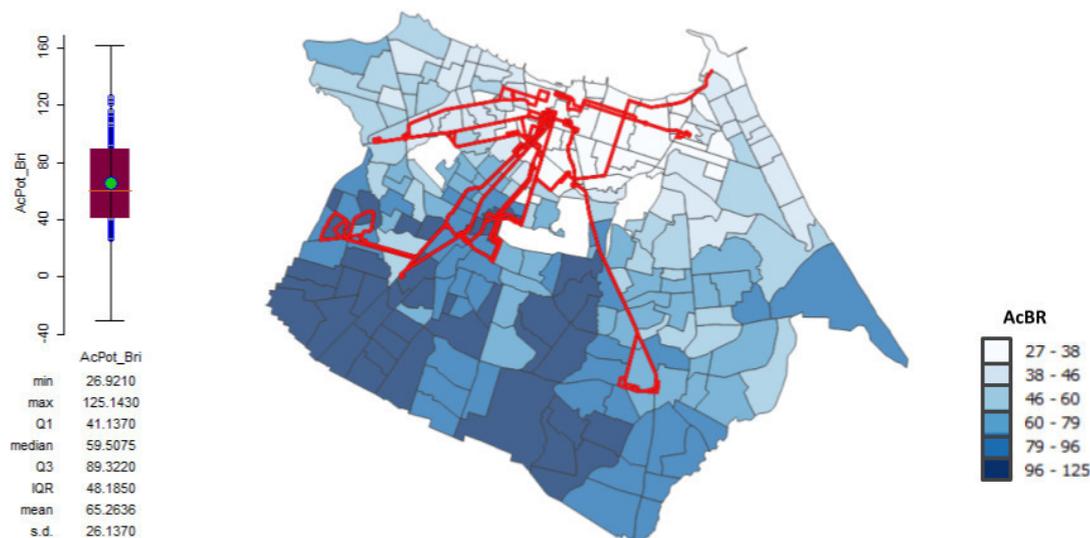


Fonte: Elaborado pela autora

Na Figura 17, representa-se o mapa da distribuição espacial do indicador de acessibilidade o qual se destaca a distribuição espacial o qual se distingue a existência de um agrupamento de zonas que possuem altos níveis de acessibilidade, este localiza-se próximo a corredores de linhas troncais leste, que funcionam como ligações entre os terminais de Fortaleza, oeste e central. Ademais, nota-se que o valor da acessibilidade nas zonas aumenta em

direção às zonas periféricas.

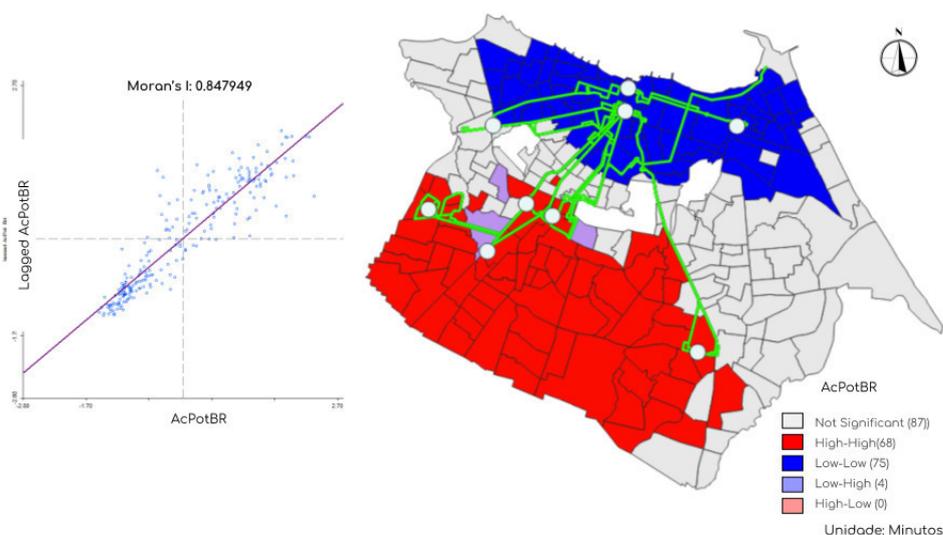
Figura 17: Mapa de Distribuição Espacial e Box Plot da Acessibilidade aos Postos de Trabalho



Fonte; Elaborado pela autora

Após a análise espacial dos valores do indicador de acessibilidade utilizado neste trabalho, obtiveram-se os resultados da Figura 18, o qual explicita o valor de grande relevância para correlação espacial desta variável, por meio do Índice de Moran, como também a presença de cluster, com agrupamentos Low-Low, indicando a existência de zonas com baixos valores do indicador de acessibilidade (unidade minutos), ou seja com altos níveis de acessibilidade, com concentrados ao norte das linhas troncais (exibidas em verde) leste, representando os bairros São Gerardo, Presidente Kennedy, Álvaro Weyne e Monte Castelo, na região Centro e se estendendo direção leste, englobando os bairros Aldeota, Praia de Iracema, Meireles e Mucuripe, e nas regiões ao sul destas como Bairro de Fátima para o Centro e São João do Tauape e Manuel Dias Branco para a faixa leste.

Figura 18: Índice de Moran e LISA Cluster Maps para a Acessibilidade aos Postos de Trabalho



Fonte: Elaborado pelo autora

Para os agrupamentos High-High, observaram-se agrupamentos na região sudoeste, formada por zonas localizada na divisa de Fortaleza com Maracanaú e as vizinhas destas. Além disso, nota-se que as linhas troncais, que apresentam grande capacidade, e os terminais (pontos em branco) alcançam poucas zonas deste agrupamento e que a rede de transporte no agrupamento Low-Low contempla um maior número de zonas ao comparada com o agrupamento High-High. Este apontamento corrobora com a hipótese, apresentada na fase de identificação, a qual pressupõe-se que a rede de transportes, componente transporte, pode influenciar nos níveis de acessibilidade.

4.1.2.4 Distribuição Espacial Desigual dos Níveis de Acessibilidade para a População Baixa Renda

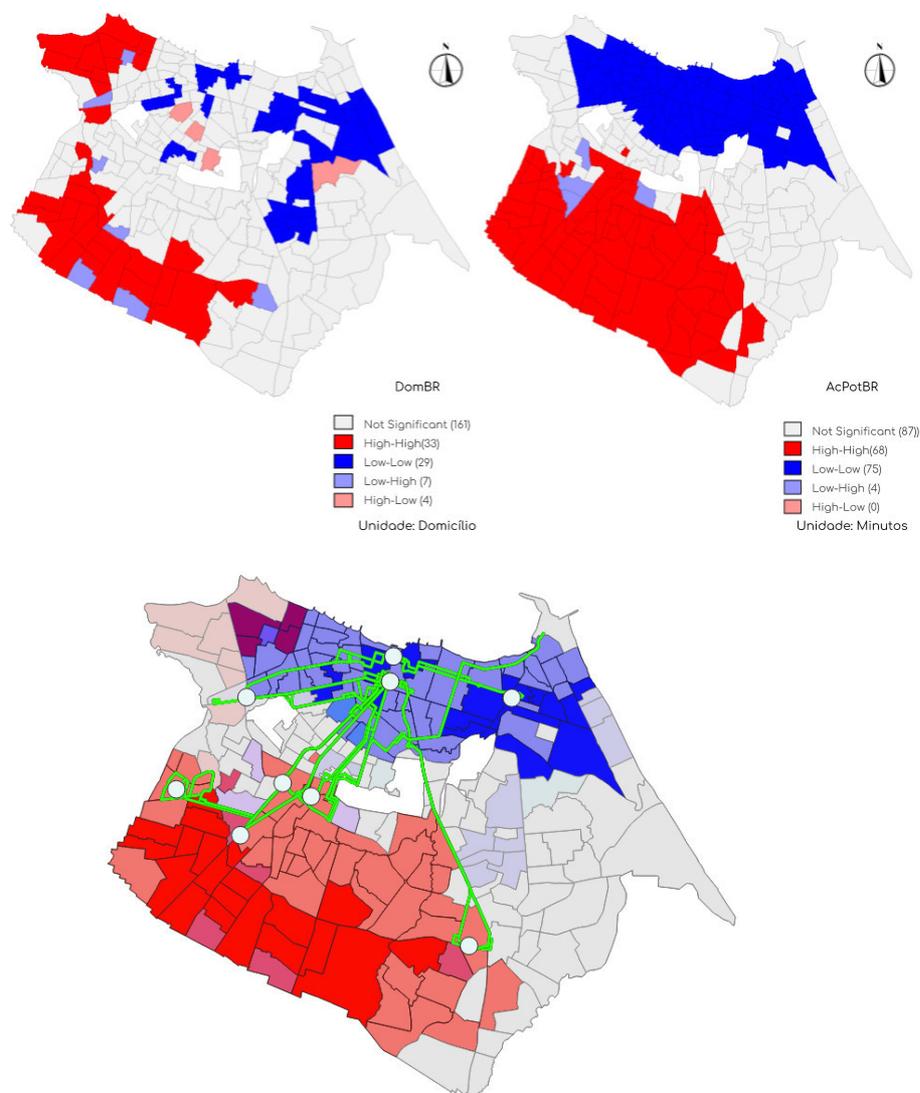
Com a finalidade de confirmar o problema da distribuição espacial desigual dos níveis de acessibilidade e a localização dos domicílios baixa renda, comparou-se os mapas que apresentam os agrupamento para destas duas medidas.

Na Figura 19, apresentam-se novamente os LISA Cluster maps para a variável domicílios baixa renda e para o indicador de acessibilidade e abaixo a sobreposição destes, com o mapa referente a acessibilidade em tons mais translúcidos, de forma a destacar as interseções

entre os agrupamentos High-High com maiores valores para domicílios baixa renda e maiores valores para o indicador de acessibilidade, ou seja, baixos níveis de acessibilidade.

Verifica-se que essas zonas comuns para o regime High-High localizam-se exclusivamente na região sudoeste da cidade. Salienta-se a influência do Sistema Integrado de Transporte de Fortaleza na acessibilidade no trabalho é perceptível, pois observa-se a ausência de terminais nestas zonas, compreendendo que estas são servidas por linhas alimentadoras e complementares que possuem menor capacidade.

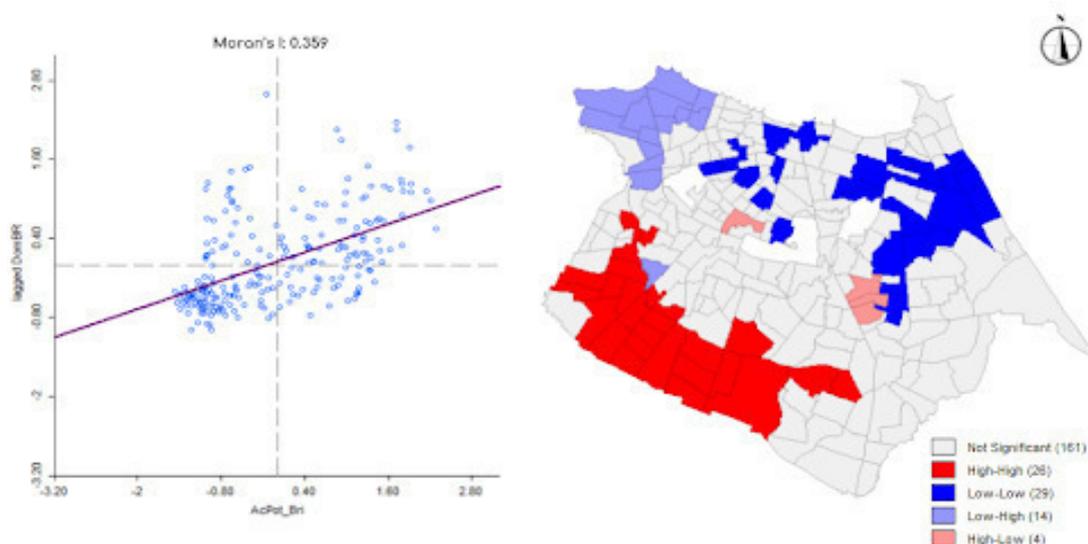
Figura 19 - LISA Cluster Maps dos Domicílios Baixa Renda e da Acessibilidade ao Postos de Trabalho e a sobreposição destes



Fonte: Elaborado pelo autora

Com o intuito de possibilitar a confirmação da existência desse problema, realizou-se uma análise de autocorrelação espacial bivariada, buscando averiguar se os valores da variável domicílio baixa renda em certa localização tendem a ter uma relação com os valores do indicador de acessibilidade. Os resultados desta análise são apresentados na Figura 20.

Figura 20- Índice de Moran e LISA Cluster Maps para a Acessibilidade aos Postos de Trabalho e Domicílios Baixa Renda (Correlação Bivariada)



Fonte: Elaborado pelo autora

Nota-se que as variáveis apresentam correlação espacial positiva, com um valor para o Índice de Moran 0.359, exprimindo que há evidência para assumir que elas apresentam correlação espacial. Além disso, destaca-se a existência de agrupamentos, dentre os quais os cluster High-High representam as zonas onde identifica-se o problema da distribuição espacial desigual dos níveis de acessibilidade afeta a população de baixa renda, correspondendo a 12% da totalidade de zonas investigadas neste trabalho.

A partir do entendimento que a distribuição espacial desigual dos níveis de acessibilidade corresponde a um problema que afeta a população de baixa renda, orientou-se este trabalho no sentido de pesquisar as causas para essa distribuição desigual da acessibilidade aos postos de trabalho, visto a importância da função social desta na vida as pessoas. No capítulo 2, a partir de um levantamento bibliográfico formulou-se uma compreensão da acessibilidade por meio dos seus componentes, argumentando que cada um deles apresenta uma

influência no valor desta medida, que serão esclarecidas na próxima seção.

4.2. Diagnóstico das Relações Causais

Tendo em vista da caracterização do problema da distribuição espacial desigual dos níveis de acessibilidade aos postos de trabalho, baseado no trabalho de Garcia and al (2018) exibido na Figura 3, foram propostas as hipóteses identificadas no Capítulo 2, em que se pensa nos componentes transporte e uso do solo como fatores para explicar as causas para o problema confirmado na fase de caracterização.

Neste capítulo, elucidam-se os resultados do diagnóstico das relações dos componentes transporte e uso do solo com o indicador de acessibilidade aos postos de trabalho. O componente transporte é representado pelos indicadores cobertura das linhas de ônibus e frequência média e o componente uso do solo pelo indicador de entropia, ambos esclarecidos na seção 4.1.1.

Nas próximas seções busca-se analisar espacialmente cada indicador e comparar a distribuição espacial dos níveis de acessibilidade.

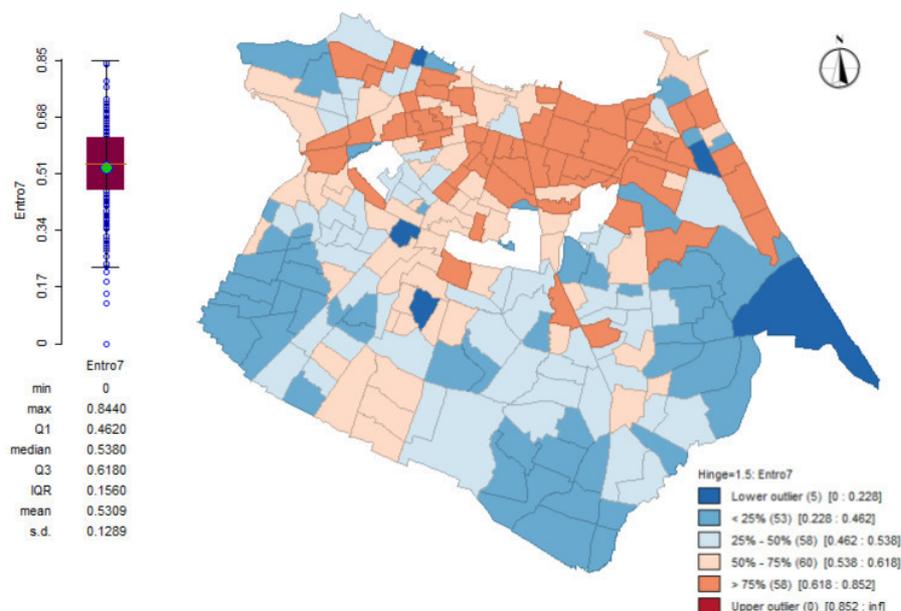
4.2.1 Distribuição Espacial do Indicador do Componente Uso do Solo

O componente uso do solo segundo Geurs and van Wee (2004) reflete a disposição da tipificação das oportunidades (empregos, comércio, saúde, instalações recreativas etc) apresentando a quantidade e qualidade para cada destino. Para representar esta informação escolheu o indicador Entropia, pois este considera a diversificação do solo, padronizando valores entre 0 (distribuição homogênea) e 1 (distribuição heterogênea). Vale ressaltar que neste indicador foram utilizados 7 categorias de solo: industrial, comercial e serviço de baixa densidade residencial, comercial e serviço de alta densidade residencial, residencial de baixa densidade, residencial de média densidade, residencial de alta densidade e habitação precária.

Na Figura 21, exibe-se a distribuição espacial do indicador de entropia, a qual destaca-se o maior agrupamento de zonas próximas do Centro e se estendendo ao leste e ao sul. Nota-se um agrupamento ao longo do corredor, de linhas troncais ao oeste, representado pela

Avenida Bezerra de Menezes, e ao longo da faixa litorânea relativa a Praia do Futuro, o que se entende como consequência da diversificação do uso residencial, comercial e industrial nesta região.

Figura 21 - Mapa de Distribuição Espacial da Entropia

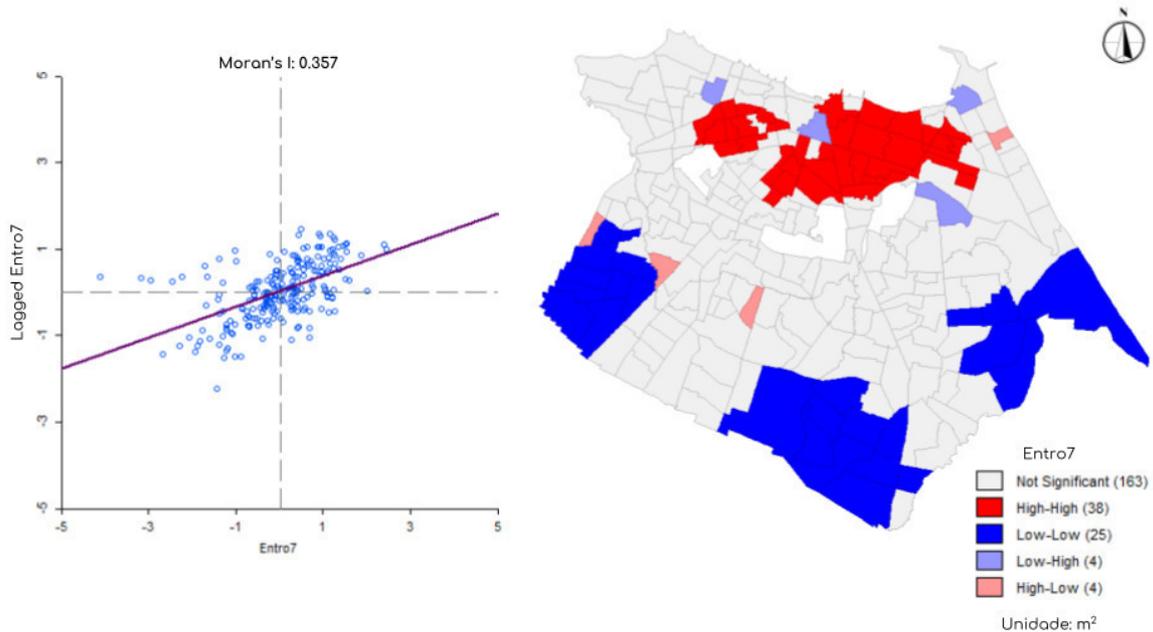


Fonte: Elaborado pela autora

Evidencia-se que a metade das zonas, representadas pelas tonalidades de azul, apresentam valores entre 0,462 e 0 localizam-se em sua maioria próximas às regiões limítrofes de Fortaleza, supondo uma tendência de redução da diversificação do uso do solo direção à periferia. Com a redução da diversificação do solo, entende-se que os habitantes dessas zonas serão incentivados a realizar viagens para outras zonas, reduzindo a parcela da oportunidade de emprego, incluída no cálculo da acessibilidade como medida potencializadora objetivando a mensurar a atratividade da zona. Supõe-se que este efeito ocorre de forma contrária nas zonas com valores próximo de entropia próxima a 1.

Sobre o ponto de vista espacial, calculou-se o Índice de Moran e plotou-se o LISA Cluster Maps para os valores de entropia, conforme se observa na Figura 22.

Figura 22- Índice de Moran e LISA Cluster Maps da Entropia



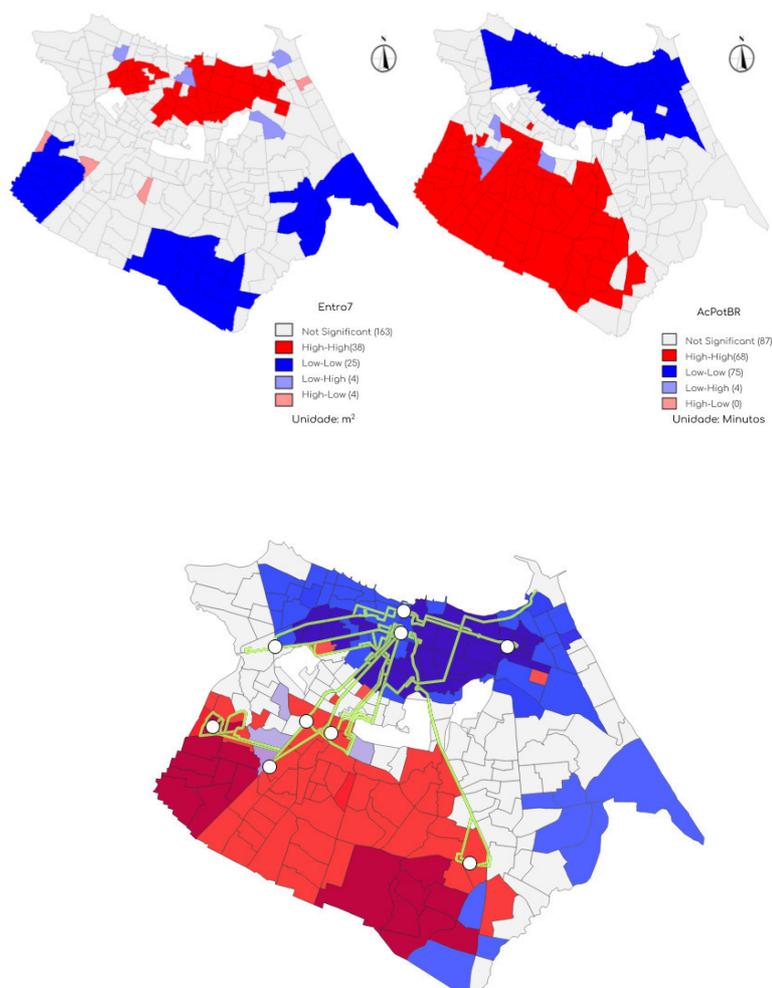
Fonte: Elaborado pela autora

Na Figura 22, observa-se que o valor do Índice de Moran permite supor que há evidência para que a variável apresente correlação espacial. Além disso, observa-se que as regiões de Cluster High-High, onde espera-se maior diversidade do uso do solo consequentemente valores maiores para a parcela potencializadora do indicador de acessibilidade, posicionam-se em sua maioria no centro prolongando-se direção leste e sul. Outro agrupamento High-high ocorre na região próxima ao corredor da Bezerra de Menezes.

No que concerne ao agrupamento Low-Low, nota-se a existência de agrupamentos na região limítrofe de Fortaleza sudoeste, sul e sudeste, as quais observa-se uso muitas vezes diversificado porém essencialmente residencial de baixa densidade com exceção da zona 55, que possuem em maior quantidade solo comercial e serviço de baixa densidade.

Com a finalidade de estudar a relação causal entre o indicador de Entropia, representando o componente uso do solo e o indicador de acessibilidade aos postos de trabalho, buscou defrontar os mapas de agrupamentos para estes, conforme a Figura 23.

Figura 23: LISA Cluster Maps da Entropia e da Acessibilidade aos Postos de Trabalho e a sobreposição destes



Fonte: Elaborado pela autora

Observa-se a presença de agrupamentos sobrepostos: em azul mais escuro, para valores altos de entropia e valores baixo do indicador de acessibilidade, e em vermelho na tonalidade vinho, para valores baixos de entropia e valores altos do indicador de acessibilidade. Estes apresentam relação inversa, ou seja, supõe-se que os valores de acessibilidade são inversamente proporcionais aos valores de entropia, indicando que zonas com maior diversificação do solo, possuem baixos valores de tempo de viagem médio potencializado pelas oportunidades de emprego.

Dessa forma, formula-se a primeira hipótese: o componente uso do solo, expresso pelo indicador de Entropia, indica que quanto mais diversificado e equilibrado for a distribuição do

uso do solo, a zona possuirá melhores níveis de acessibilidade.

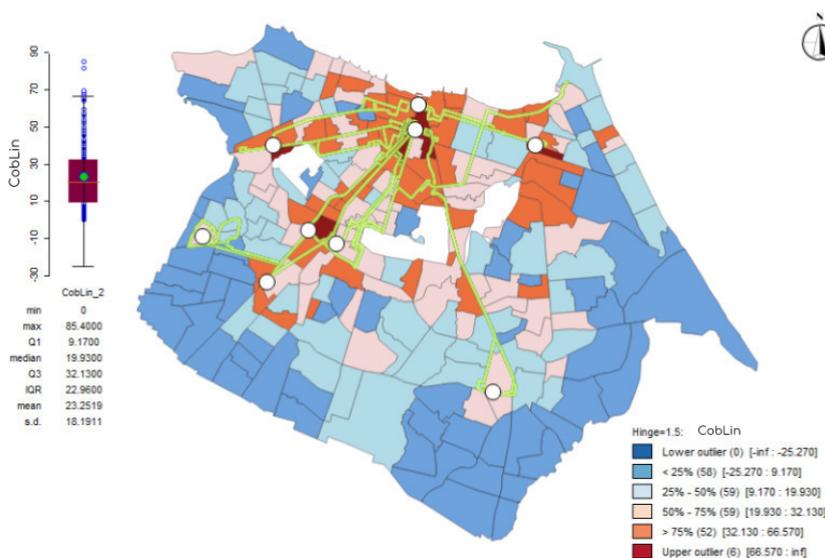
4.2.2 Distribuição Espacial do Indicador do Componente Transporte

No que concerne ao componente transporte, o trabalho em questão focou na análise da cobertura e do serviço do sistema de transporte integrado ofertado pelo poder público, pois acredita-se que este componente possua relação com a distribuição desigual da acessibilidade, principalmente os baixos níveis observados na periferia.

Visando analisar esta informação, utilizou-se dois indicadores, avaliando a cobertura e a operação relativos ao sistema integrado de transporte de Fortaleza. Inicialmente, examinou-se os mapas Hinge=1.5 para os dois indicadores, conforme Figuras 25 e 26.

Na Figura 25, destaca-se a tendência da redução do valor do indicador de cobertura direção às zonas periféricas, além da presença de outliers representando zonas onde estão localizado os Terminais do Antônio Bezerra, do Papicu e da Parangaba, além do terminal aberto situado na Praça da Estação.

Figura 24: Mapa de Distribuição Espacial da Cobertura do Sistema Integrado de Transportes de Fortaleza

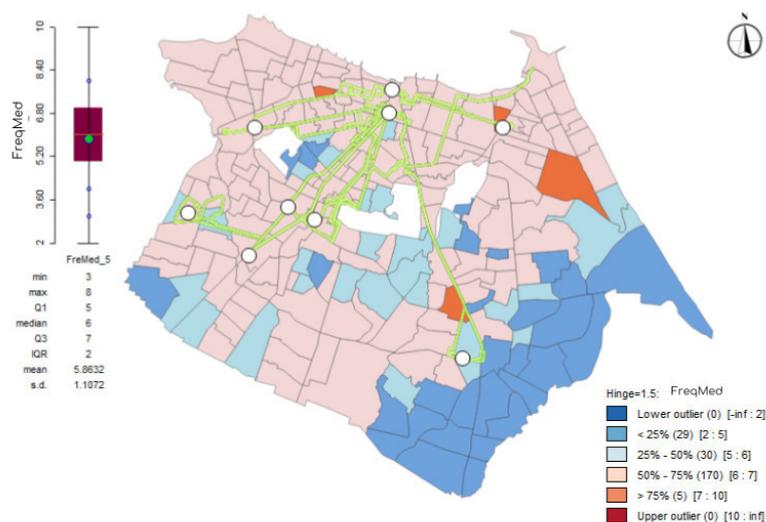


Fonte: Elaborada pela autora

No que diz respeito ao indicador de operação, Figura 25, expresso pela frequência média, observa-se que cerca de 86% dos valores para esse indicador apresentam-se contidos no intervalo interquartil. As zonas que detêm menores valores para frequência são localizadas

na região sudeste da cidade.

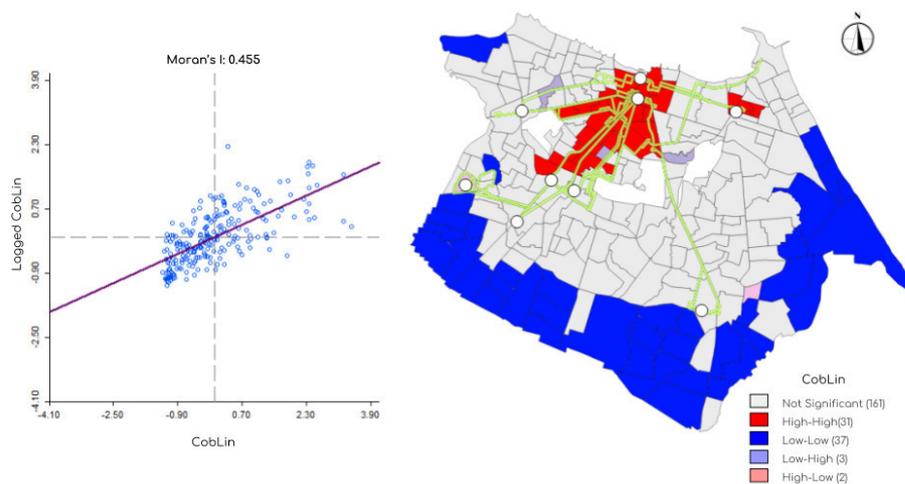
Figura 25: Mapa de Distribuição Espacial da Frequência Média do Sistema Integrado de Transportes de Fortaleza



Fonte: Elaborado pela autora

Após a compreensão do comportamento da distribuição dos valores dos indicadores nas zonas, calculou-se o Índice de correlação, buscando avaliar se as medidas para o componente transporte portam uma distribuição aleatória ou se há indícios para que se possa dizer que os valores possuem alguma relação espacial com os vizinhos. Iniciou-se pelo indicador de cobertura, exposto na Figura 26, o qual exibiu como resultado um valor relevante para indicar a existência de correlação espacial.

Figura 26- Índice de Moran e LISA Cluster Maps da Cobertura



Fonte: Elaborado pela autora

Ademais, nota-se a presença de clusters Low-Low nas zonas limítrofe na direção

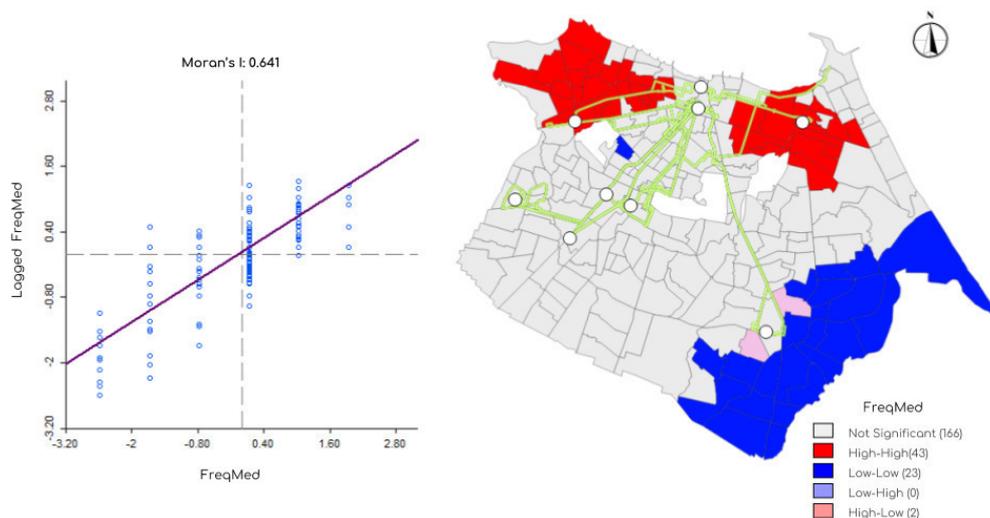
sudeste e sudoeste, indicando que existem poucas linhas ofertadas nestas zonas, pois como esse indicador tem caráter acumulativo, visto que somam-se linhas que passam na mesma via com a finalidade de diferenciar zonas que embora apresente uma ocupação considerada da rede viária por parte do sistema integrado de transportes, possuem poucas opções de linhas.

No agrupamento High-High, observa-se a influência da concentração dos corredores de linhas troncais nos valores de cobertura. As duas zonas de High-Low resultam da presença dos terminais do Conjunto Ceará, zona mais ao oeste, e da Messejana, zona na direção sudeste.

Esse mesmo processo foi realizado no indicador de operação, reproduzido pelo indicador frequência média. De acordo com a Figura 27, destaca-se o valor do Índice de Moran o qual fornece indícios da existência de correlação espacial para o indicador frequência média. Por conseguinte, investigou-se a presença de agrupamentos, entende-se que os clusters Low-Low localizados na extremidade sudeste da cidade ocorrem devido ao número reduzido de linhas que atendem estas zonas e que por se tratarem em sua maioria de linhas alimentadores, contribuem para uma frequência reduzida de ônibus por hora.

No que diz respeito aos clusters High-High, destaca-se a influência dos terminais e dos corredores viários que comportam as linhas troncais nos valores da frequência média. Além disso, questiona-se a ausência das zonas localizadas no centro neste agrupamento, admitindo que essa configuração ocorre devido ao elevado número de linhas alimentadoras, complementares e circulares que se iniciam ou tem parte do trajeto situadas no Centro e nas zonas adjacentes, diminuindo a média da frequência, embora nessas zonas haja uma cobertura consideravelmente alta.

Figura 27- Índice de Moran e LISA Cluster Maps da Frequência Média

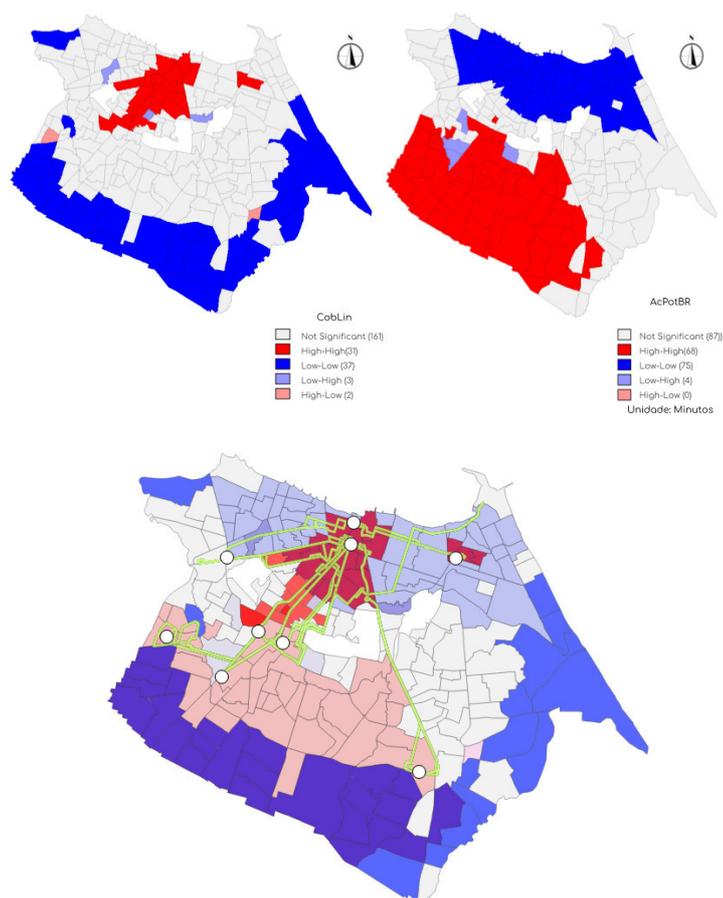


Fonte: Elaborado pela autora

Após a discussão dos resultados da análise espacial dos indicadores que representam o componente transportes, fez-se a sobreposição dos mapas de agrupamentos (LISA Cluster Maps), empenhando-se na formulação das hipóteses de relação entre os estes indicadores e o indicador da acessibilidade, a fim de explicar os diferentes valores para a acessibilidade.

Na figura 28, ilustram-se os mapas LISA Cluster para o indicador de cobertura e o indicador de acessibilidade, de forma a possibilitar a compreensão do mapa de sobreposição destes, apresentado logo abaixo. Entende-se que há uma relação inversa entre o indicador de cobertura e o indicador de acessibilidade, indicando que quanto maior for a cobertura do sistema integrado na zona, menor será o tempo de viagem e maior será o nível de acessibilidade.

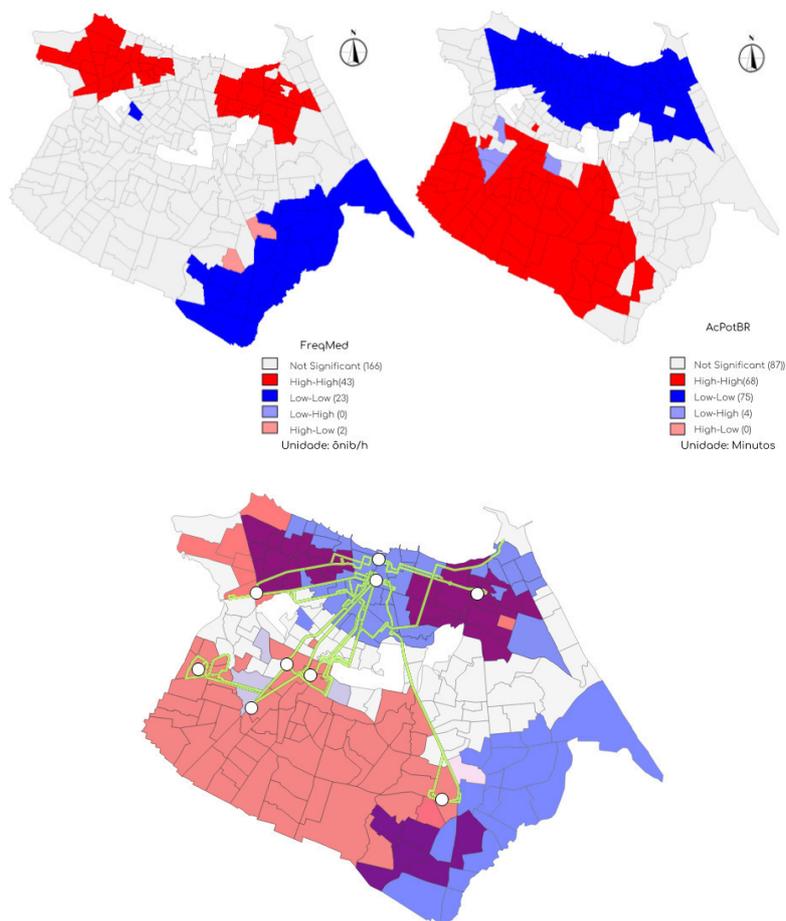
Figura 28 - LISA Cluster Maps da Cobertura e da Acessibilidade aos Postos de Trabalho e a sobreposição destes



Fonte: Elaborado pelo autora

No caso do indicador de operação, frequência média, realizou-se o mesmo processo, o qual originou o mapa de sobreposição, Figura 29. Nota-se que a relação da frequência sobre o indicador de acessibilidade é semelhante ao indicador de cobertura, ou seja, eles são inversamente relacionados. A partir disto, tem-se a hipótese que zonas com maiores valores de frequência possuem menores valores para o indicador de acessibilidade, ou seja, maiores níveis de acessibilidade.

Figura 29 - LISA Cluster Maps da Frequência Média e da Acessibilidade aos Postos de Trabalho e a sobreposição destes



Fonte: Elaborado pelo autora

Após expressas as hipóteses, expostas no Tabela 2, buscou-se averiguar a validade destas e quantificá-las, de forma a comprovar a influência dos componentes transporte e uso do solo na distribuição espacial dos níveis de acessibilidade. Essa investigação foi produzida por meio de modelos de regressão, o qual os resultados são apresentados na próxima seção.

Tabela 2 - Hipótese estabelecidas a partir da análise exploratória dos indicadores

Componente	Indicador	Hipótese
Uso do Solo	Entropia (Entro7)	Os indicadores de entropia, de cobertura e de serviço possuem relação positiva nos níveis de acessibilidade e negativa com o indicador de acessibilidade.
Transporte	Cobertura (CobLin)	
	Serviço (FreqMed)	

Fonte: Elaborado pelo autora

4.2.3 Análise das Relações Causais

Antes da aplicação do modelo de regressão, fez necessário averiguar se as variáveis estão relacionadas com a variável dependente acessibilidade. Essa análise torna-se necessária pois caso haja covariância entre as variáveis dependentes e a dependente, de forma a analisar o quanto cada variável independente influencia na acessibilidade, pois caso estas não apresentam relação, não se poderia realizar a adoção de um modelo entre elas, visto a possível independência entre os valores das variáveis. Dessa forma, calculou-se o coeficiente de correlação de Pearson (r) e fez-se o teste de significância para rejeitar ou não a hipótese nula que representa a não correlação entre as variáveis.

Os resultados para essa análise estão no Quadro 2, utilizou-se como nível de significância 5%. Observa-se que rejeita-se a hipótese nula de não correlação entre as variáveis.

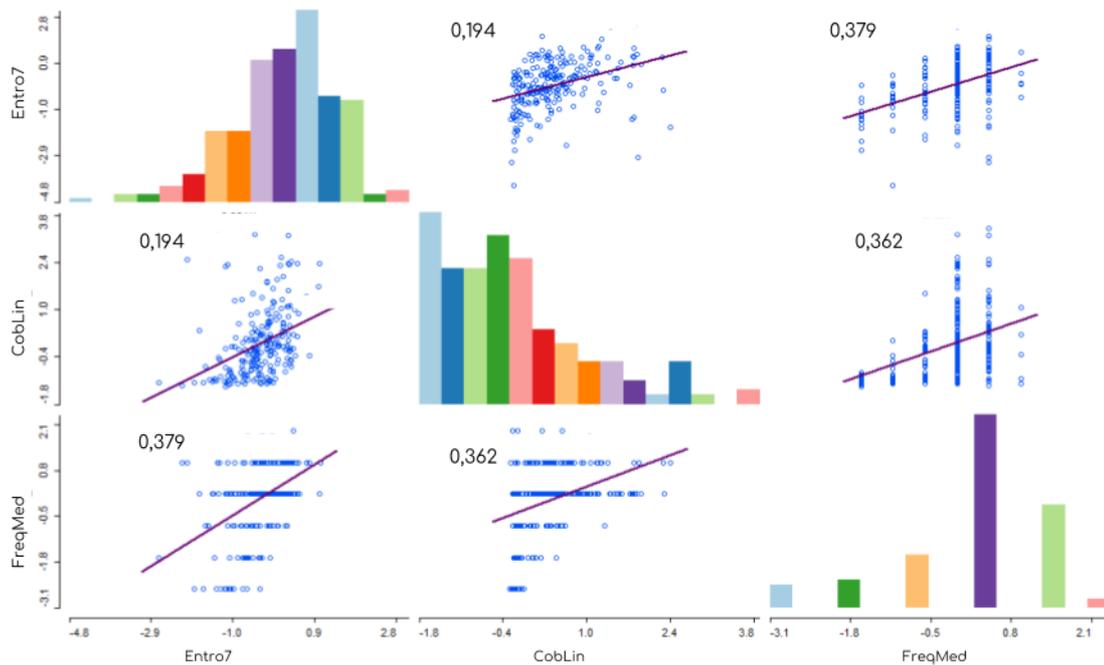
Tabela 3: Resultados da análise de correlação das variáveis independentes

Variáveis		r	t _{cal}	t _{tab}	Hipótese
Acessibilidade	Entropia	-0,50	-8,70	1,97	t _{ca} > t _{tab} - H ₀ : Rejeitada, p≠0
	Frequência	-0,34	-6,54	1,97	t _{ca} > t _{tab} - H ₀ : Rejeitada, p≠0
	Cobertura	-0,39	-6,24	1,97	t _{ca} > t _{tab} - H ₀ : Rejeitada, p≠0

Fonte: Elaborado pelo autora

Na Figura 30, evidencia-se a ausência de relação linear entre as variáveis independentes, o que torna o valor do coeficiente de correlação de Pearson (r) não confiável, possibilitando a utilização dessas variáveis no modelo de regressão clássica múltipla.

Figura 30: Matriz de correlação com os gráficos de dispersão e histogramas para variáveis independentes



Fonte: Elaborado pela autora

Aplicando a regressão clássica múltipla, tem-se que as variáveis escolhidas explicam em 31,2 % o valor da acessibilidade e que todas são significativas com valor-p menor que 0,05 logo, aceita-se a influência delas no modelo. Ademais, a partir dos dados relacionados ao teste f (análise de variância), rejeita-se a hipótese nula, permitindo inferir que existe pelo menos uma variável explicativa x útil na predição do valor da variável dependente. Sobre a existência de relação linear exata entre as variáveis independentes, multicolinearidade, observou-se se os valores dos coeficientes modificaram consideravelmente ao reorganizar a regressão, inserindo duas variáveis por vez no modelo, além do valor apresentado pelo Geoda, para o qual valores maiores que 30 indicam algum problema de multicolinearidade, como neste caso, o valor foi inferior a 30, logo não se considerou problema deste tipo. No que concerne aos dados obtidos dos coeficientes, observa-se que o indicador de entropia apresentam maior influência no modelo e que em todos os casos, há uma relação inversa entre os indicadores dos componentes transporte e uso do solo e o indicador de acessibilidade, confirmando as hipóteses exposta no Tabela 2.

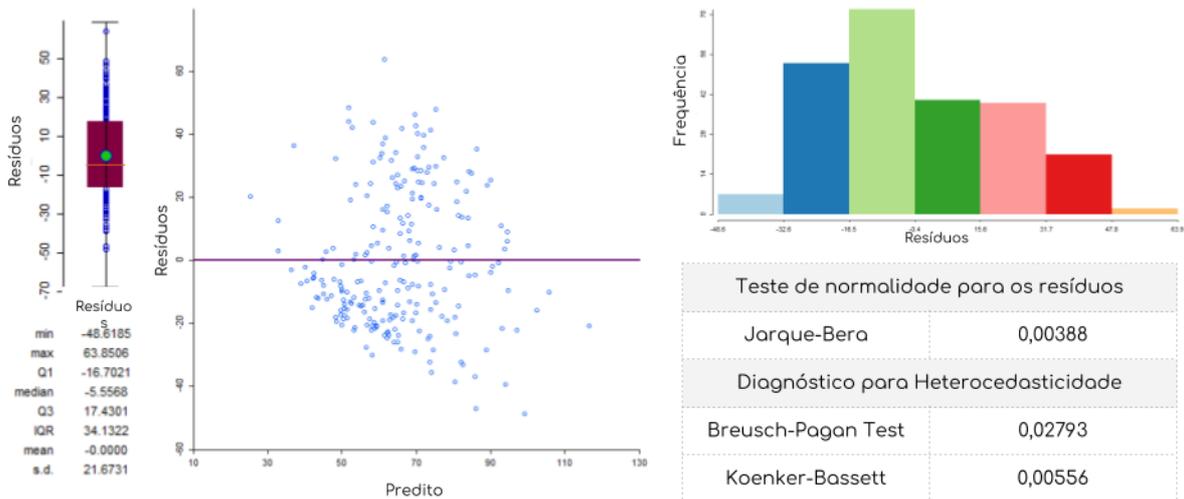
Tabela 4: Resultados da Regressão Clássica Múltipla

Regressão Clássica					
R ²	Log-likelihood	Akaike	p(F-statistic)	Moran's I test	Multicolinearidade
0,312	-1051,330	2110,660	1.34547e ⁻¹⁸	0,659	15,109
	β	β std	t-stat	p-value	
Constante	128,948	8,403	15,346	0,000	
Entro7	-73,2256	12,697	-5,767	0,000	
CobLin	-2,9732	1,477	-2,010	0,045	
FreqMed	-0,317	0,087	-3,652	0,000	

Fonte: Elaborado pela autora

Com a finalidade de compreender melhor o modelo, investigou-se os resíduos e as suas premissas. Para que um modelo seja adequado, torna-se imprescindível avaliar as premissas esperadas, logo espera-se que os resíduos apresentem independência, normalidade e homocedasticidade. Na Figura 31, nota-se que apesar do histograma aparentar reproduzir uma distribuição normal, tem-se no teste de normalidade um valor-p abaixo de 0,05, rejeitando a hipótese de normalidade dos erros do modelo de regressão. Verificando novamente para a Figura 32, nota-se por meio do gráfico de dispersão dos resíduos que estes apresentam uma configuração não homogênea, fato que se confirma com o teste de heterocedasticidade, onde tem-se valores p inferior a 0,05, rejeitando a hipótese nula de homocedasticidade, admitindo-se que os erros possuem heterocedasticidade. No que diz respeito a independência, destaca-se no gráfico de dispersão aglomerados com valores próximos para o erro, indicando que os erros não são aleatórios, entendendo que a premissa de independência não é confirmada neste modelo.

Figura 31 - Box Plot, Gráfico de Dispersão, Histograma e Resultados dos testes dos resíduos



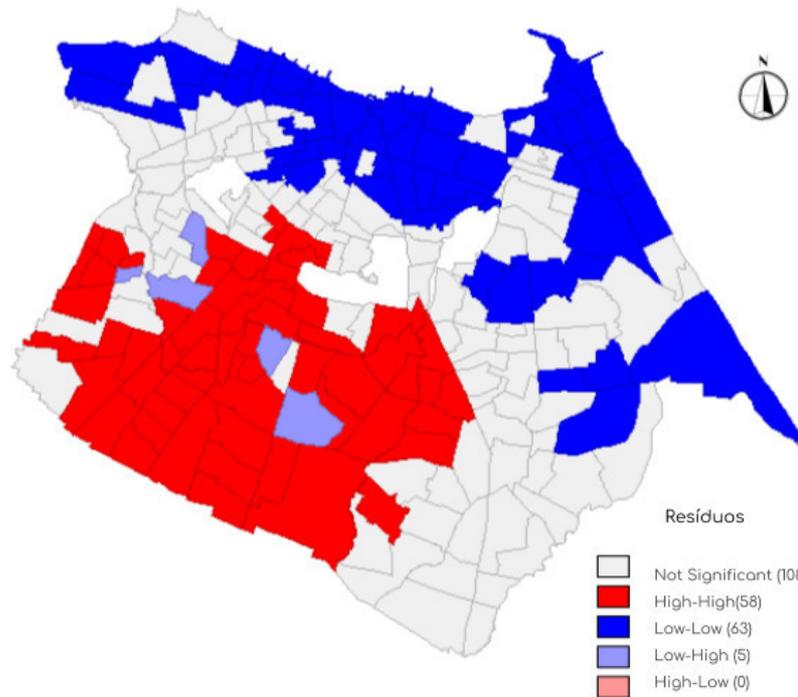
Fonte: Elaborado pela autora

Ainda sobre os resultados do modelo, destaca-se que os resíduos apresentam um valor considerado para o Índice de Moran, 0.659, logo supõe-se a existência de agrupamentos. Plotou-se o LISA Cluster Map, para que fosse possível avaliar a configuração destes.

Na Figura 32, destaca-se a presença de agrupamentos High-High, onde o modelo está subestimando, nas zonas limítrofes de Fortaleza ao sudoeste e Low-Low, onde o modelo está subestimando, se estendendo pelo litoral e concentrados próximos dos bairros Centro, Aldeota e Meireles, indicando que a existência de outros aspectos nestas zonas que não foram incluídos no modelo.

Com base em todas as informações levantadas a partir dos resultados do modelo de regressão espacial, considera-se que o modelo não é confiável, pois apesar das variáveis explicarem parte do valor da acessibilidade, a análise dos resíduos deste modelo mostrou que estes não respeitaram estas premissas, constatando-se que o modelo não é adequado para representar a variável, sugerindo a existência de outras variáveis que não foram adicionados no modelo.

Figura 32: LISA Cluster Map para os Resíduos da Regressão Clássica



Fonte: Elaborado pela autora

5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A análise da distribuição espacial dos níveis de acessibilidade do transporte motorizado coletivo (ônibus) representa um tema recorrente nos trabalhos que abordam o planejamento de transportes. Em trabalhos mais recentes como os de Garcia (2016), Andrade (2016) e Lima (2017), observa-se a aplicação do novo paradigma de planejamento da acessibilidade, denominado planejamento urbano integrado. Esta combina os aspectos do uso do solo e do transporte que afetam os problemas de acessibilidade, como também os problemas de mobilidade.

Com a finalidade de compreender melhor a conceituação de acessibilidade dentro da abordagem planejamento urbano integrado, realizou-se um levantamento teórico, a partir do trabalho de Geurs and Van Wee (2004), esclarecendo as definições de componentes, medidas e critérios, que foram importantes no entendimento da dinamicidade do problema analisado.

Neste trabalho, buscou-se contextualizar o problema da acessibilidade a partir de um levantamento bibliográfico de trabalhos dentro dessa temática, resultando na compreensão do fenômeno da periferização como importante fator negativo nos níveis de acessibilidade para a população baixa renda. Ademais, por meio da abordagem realizada por Garcia et al (2018), elaborou-se uma árvore de problemas norteando o estudo das relações causais dos componentes uso do solo e transporte nos níveis de acessibilidade que serviu como base para a elaboração das hipóteses que nortearam as etapas posteriores a identificação da problemática.

Com instrumento para analisar essas hipóteses, estabeleceu-se indicadores baseados nos conceitos estudados sobre a acessibilidade, de forma que definiu-se indicadores referentes aos componentes uso do solo e transporte, para avaliar a ocupação setorializada e a ineficiência do serviço do transporte público coletivo.

Os resultados da análise mostraram a confirmação da primeira hipótese que considera que a população de baixa renda é afetada negativamente pela distribuição desigual dos níveis de acessibilidade. Em um segundo momento, analisou-se as hipóteses relacionadas às causas desse arranjo desigual dos níveis de acessibilidade. Verificou-se por meio da análise exploratória indícios para acreditar que há relação desses componentes nos níveis de acessibilidade. A partir dessa análise definiu-se que quanto mais diversificado for o uso do

solo, os níveis de acessibilidade apresentam melhores valores e que quanto maior forem os valores dos indicadores de cobertura e operação, melhores são os níveis de acessibilidade.

Após estabelecidas estas hipóteses, aplicou-se um modelo não espacial, com finalidade de validar essas hipóteses, obtendo-se como resultado a ausência de fatores que não foram abordados, o desenho da rede e a capacidade do sistema. No trabalho de Garcia and al (2018), ela fez uso de um indicador que se relaciona a sintaxe espacial de integração dos nós da rede de transportes, o qual avalia o desenho da rede, aspecto que não foi abordado neste trabalho. Este indicador proposto por Garcia et al (2018), obteve alta correlação.

Dessa forma, compreende-se como dificuldades neste trabalho, a baixa diversidade de dados disponíveis, embora haja o ferramental da modelagem integrada que bastante ajudou na coleta de dados.

Outra dificuldade corresponde a seleção de indicadores, devido a muitas vezes o indicador não expressar o fator que se busca caracterizar, dificultando a análise não enviesada do modelo que se pretende avaliar. Por exemplo, o indicador utilizado para avaliar o serviço do transporte público, frequência média, a partir dele buscou-se analisar a eficiência do sistema de transporte público para cada zona, todavia, talvez a utilização de um outro indicador como tempo de espera médio nas paradas dentro de uma zona, possa ser mais útil para esta análise.

Como trabalhos futuros, pensa-se na inclusão de um indicador que representa o problema da inadequação da topologia de rede e a revisão dos indicadores de transporte, incluindo outros fatores que podem afetar os níveis de acessibilidade como a microacessibilidade e a integração da rede.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, B. R. **Compreensão da Problemática da Periferização por Segregação Involuntária no Planejamento da Acessibilidade e Mobilidade em Fortaleza.** Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes da UFC, Fortaleza, CE, 2016.

BOARETO, R. **A mobilidade urbana sustentável**, 10º Congresso da ANTP, Anais, 1995.

CHALLURI, S. **Analysis of public transit accessibility the distance constrained p-median problem approach: Bus Stop consolidation for the capital area transit system of east Baton Rouge parish, Lousiana.** 110 f. (Master) The Department of Geography and Anthropology, Visvesvaraya Technological University, Visvesvaraya, 2006

EWING R, CERVERO R (2010) **Travel and the Built Environment.** J Am Plan Assoc 76:265–294. <https://doi.org/10.1080/01944361003766766>

FERRAZ, A. C. P. e TORRES, I. G. E. **Transporte Público Urbano**, Ed. Rima, São Carlos, SP, 2001

GARCIA, C. S. H. F. (2016) **Strategic Assessment of Accessibility on Urban Mobility Networks.** Tese de Doutorado, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal.

GARCIA, C. S. H. F. et al. **Strategic assessment of Lisbon's accessibility and mobility problems from an equity perspective**, Netw. Spat. Econ, v. 18, n. 1, mar. 2018.

GEURS KT, VAN WEE B. **Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions.** J Transp Geogr 12:127-140 doi:DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2003.10.005, 2004

GOMIDE, A. A. **Mobilidade Urbana e Inclusão Social: desafios para o transporte urbano no Brasil.** *Revista dos Transportes Públicos - ANTP*, nº 100, pp. 57-64, 2003

HENRIQUE, C. S. . **Diagnóstico Espacial da Mobilidade e da Acessibilidade dos Usuários do Sistema Integrado de Transporte de Fortaleza.** Dissertação de Mestrado, Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 165 fl., 2004

JONES, S. R. **Accessibility measures: a literature review.** *Transport and Road Research Laboratory Report* 967, 1981

LIMA, L. S. **Espraiamento urbano por autossegregação e seus impactos na acessibilidade urbana.** Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes da UFC, Fortaleza, CE, 2017.

LITMAN, T. **Measuring transportation: traffic, mobility and accessibility.** *ITE J.*, v.73, n.10, p.28-32, 2003

MACÁRIO, R. **Access as a social good and as an economic good: is there a need of paradigm shift?** In: Sclar, E. et al. (ed) *Urban Access for the 21 st Century, Finance and Governance Models for Transport Infrastructures.* New York, NY, pp 87- 115, 2014.

MENEZES, E. D. A. G. **Metodologia para avaliação estratégica da problemática da acessibilidade urbana sob o princípio da equidade.** Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes da UFC, Fortaleza, CE, 2015.

MEYER, M. D. e E. J. Miller **Urban Transportation Planning: A Decision-Oriented Approach.** (2ª ed.). McGraw-Hill, Incorporated, New York, USA, 2001

MODELÍSTICA. (2014) **TRANUS** User Guide.

PARTHASARATHI P, Hoschmair H, Levison D (2009) **The Influence of Network Structure on Travel Distance**. SSRN. doi:<https://doi.org/10.2139/ssrn.1736326>

PEREIRA, .Márcia de Andrade. **Apostila de Sistema de Transportes**, Universidade Federal do Paraná, 2013.

PIANUCCIMN, M. N. **Análise da acessibilidade do sistema de transporte público urbano. Estudo de caso na cidade de São Carlos - SP**. Dissertação de Mestrado Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2011

RAMOS, Lucas Alves. **Modelagem da Rede Multimodal Integrada do Transporte Público de Fortaleza** / Lucas Alves Ramos..63 f. : il. color., 2017

SOARES, F. D. P. (2014). **Metodologia de Diagnóstico das Relações entre Uso do Solo e Transportes na Problemática do Planejamento Urbano Integrado**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes - UFC, Fortaleza, CE.

SCOTT, L. M., & JANIKAS, M. V. (2010). Spatial statistics in ArcGIS. Handbook of applied spatial analysis: software tools, methods and applications, M. M. Fischer & A. Getis (eds.), Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany, p. 27-41.

SOUSA, F. F. L. M. **Metodologia de calibração para modelos integrados dos transportes e uso do solo**. Dissertação de Mestrado Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Transportes Universidade Federal do Ceará Mestrado em Engenharia de Transportes, Fortaleza, CE, 2016

SULLIVAN, D. e UNWIN, D. (2010). **Geographic Information Analysis**, 2nd Edition.

Londres: Wiley.

SUN, X.; WILMOT, C. G.; KASTURI, T. **Household Travel, Household Characteristics, and LandUse: An Empirical Study from the 1994 Portland Activity-Based Travel Survey.** Transportation Research Record, v. 1617, p. 10-17, 1998.

WILSON, A.G., 1970. **Entropy in Urban and Regional Modelling.** PION, London.