



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

**RENAN MONTEIRO CARIOCA FREIRE**

**AVALIAÇÃO ESTRATÉGICA DOS IMPACTOS DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA  
METROVIÁRIO NA ACESSIBILIDADE AO TRABALHO DA POPULAÇÃO DE  
BAIXA RENDA EM FORTALEZA**

**FORTALEZA**

**2016**

RENAN MONTEIRO CARIOCA FREIRE

AVALIAÇÃO ESTRATÉGICA DOS IMPACTOS DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA  
METROVIÁRIO NA ACESSIBILIDADE AO TRABALHO DA POPULAÇÃO DE BAIXA  
RENDA EM FORTALEZA - CE

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

Orientador: Prof. Carlos Felipe Grangeiro Loureiro, Ph.D.

FORTALEZA

2017

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)

---

- F935a Freire, Renan Monteiro Carioca.  
Avaliação estratégica dos impactos da implantação do sistema metroviário na acessibilidade ao trabalho da população de baixa renda em Fortaleza - CE / Renan Monteiro Carioca Freire. – 2017.  
66 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Civil, Fortaleza, 2017.  
Orientação: Prof. Dr. Carlos Felipe Grangeiro Loureiro.
1. Acessibilidade. 2. Avaliação de Projetos de Transporte. 3. Sistema Metroviário. 4. Modelos de Escolha Discreta. I. Título.

CDD 620

---

RENAN MONTEIRO CARIOCA FREIRE

AVALIAÇÃO ESTRATÉGICA DOS IMPACTOS DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA  
METROVIÁRIO NA ACESSIBILIDADE AO TRABALHO DA POPULAÇÃO DE BAIXA  
RENDA EM FORTALEZA - CE

Monografia submetida ao curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Carlos Felipe Grangeiro Loureiro, Ph.D.

Aprovada em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Carlos Felipe Grangeiro Loureiro, PhD. (Orientador)

Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Francisco Moraes de Oliveira Neto, PhD.

Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Francelino Franco Leite Matos de Sousa, MSc.

Centro Universitário Christus (Unichristus)

## AGRADECIMENTOS

Acima de tudo, aos meus pais, Andréa e Reginaldo, a quem devo agradecer pela dedicação incansável, por todas as lições e exemplos de integridade e bondade.

Aos meus irmãos, Felipe, Lara e Renê, e meus primos-irmãos, em especial, Caio, Maud e Renata.

Aos irmãos que a graduação me deu, Felipe Amon, Lucas Ramos, Pedro Victor, Roberto Torquato e Samir Auad, que foram, em diferentes momentos e por diferentes motivos, portos-seguros ao longo destes últimos 5 anos e que vai muito além do que a graduação abrange.

À Lívia Sydrião, pelo amor e pelas alegrias ao longo dessa jornada, assim como por ter segurado a minha mão nas horas mais ingratas.

Ao professor Felipe Loureiro, pela orientação que vai muito além do projeto de graduação, sendo fonte primária de inspiração para a minha formação como engenheiro e cidadão. Sou muito grato ao senhor pelo aprendizado e crescimento que tive nestes 3 anos de trabalho, que vão muito além da Engenharia de Transportes.

Ao professor Manoel, por ter sido o meu primeiro orientador e ter me apresentado ao mundo da Engenharia de Transportes, assim como pela constante curiosidade científica e empolgação.

Aos amigos do MITUS, em especial ao Franco e à Bia, pelas incansáveis discussões, além do companheirismo nas horas mais complicadas.

Aos amigos do GTTEMA, em especial, Lisel, Helly e Alessandro, pela amizade e por fazerem do ambiente de trabalho um espaço tão agradável.

## RESUMO

O acesso às atividades, como postos de trabalho, é reconhecido como bem de interesse social uma vez que promove intercâmbio cultural e econômico, e, no caso de ser deficitário, contribui para a exclusão social de indivíduos. No contexto da cidade de Fortaleza, estudos anteriores apontam que o problema da baixa acessibilidade aos postos de trabalho afeta, principalmente, a população de baixa renda e que habita na periferia, onde grande parcela deste grupo se localiza. O presente trabalho tem como objetivo os impactos do Sistema Metroviário de Fortaleza (Metrofor), atualmente em fase de implantação e operação parcial, nesta problemática. Para elaborar o método, se realiza uma revisão da literatura em avaliação de intervenções no sistema de transporte, iniciando-se pelo método convencional utilizado pelo *Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID)* e contrapondo-o a uma proposta metodológica orientada a problemas, de modo a possibilitar a construção de um método de análise exploratória que considera os aspectos espaciais e não-espaciais da problemática, que permite o levantamento de hipóteses causais sobre as alterações nos níveis de acessibilidade. Assim, a situação atual da problemática da acessibilidade da população de baixa renda aos postos de trabalho foi caracterizada, assim como a implantação do Metrofor dividida em três diferentes etapas incrementais é avaliada: as melhorias operacionais, onde os *headways* foram reduzidas e a integração tarifária com os outros modos de transporte público; a implantação do Ramal Parangaba-Mucuripe (ou VLT); e a implantação da linha Leste. Os resultados obtidos indicaram que a implantação do Metrofor melhorou de modo generalizado os níveis de acessibilidade aos postos de trabalho para a população de baixa renda, mas que atuou principalmente sobre os indivíduos deste subgrupo que eram mais desfavorecidos na questão do acesso aos empregos, em especial das periferias Oeste e Sudoeste. Dentre as etapas de implantação, destacam-se as melhorias operacionais como promotoras de integração entre ônibus e sistema metroviário, tanto no acesso quanto na difusão das estações, o que constitui parte importante das hipóteses levantadas em todas as etapas de implantação, impactando principalmente no congestionamento das linhas de ônibus utilizadas para estes deslocamentos.

**Palavras-chave:** Acessibilidade, Avaliação de Projetos de Transportes, Sistema Metroviário, Modelos de Escolha Discreta.

## ABSTRACT

Access to activities, such as job, is recognized as a social good, once it provides cultural and economic exchange, and, being insufficient, it can place individuals in a social exclusion condition. Within the context of Fortaleza, previous studies point that the low accessibility to jobs problem affects mainly the poorest share of the population who lives in the city's outskirts, where most of this demographic group is located. Hence, this work aims to assess the impacts of Fortaleza's Metro System (Metrofor), currently in implementation and partial operation, in this problem. To formulate the method, a literature review in transport projects assessment is conducted, in which the conventional method used by the Inter-American Development Bank (IDB) is analysed in opposition to a problem-oriented approach, from which is possible to build an assessment method that explores accessibility's both spatial and non-spatial aspects, and allows to hypothesize causes to explain the solution's impacts. Thus, the problem's baseline situation is characterized and the intervention's different incremental stages are assessed: the operational improvements, which includes an increase in the system's frequency and a fare-integration among the public transportation modes; the insertion of the Parangaba-Mucuripe line (a light rail line); and, finally, the implantation of the East line. The results point to a general increase in accessibility to jobs level within the poorest share of the population due to the metro system, especially among the individuals who presented the lowest levels among that group, mainly in the West and Southwest regions of the outskirts. Among the implementation stages, it is worth notice that de operational improvements promoted the modal integration between the bus and metro system, used in trips to and from subway stations, which constitutes an important point in the hypothesis raised, resulting mainly in bus system congestion.

**Key-words:** Accessibility, Transport Projects Assessment, Subway System, Discrete Choice Models.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa esquemático do sistema metroviário previsto. Em operação, somente as linhas Sul e Oeste.....	12
Figura 2: Ilustração da Determinação dos Excedentes econômicos.....	17
Figura 3: Estrutura do Planejamento da Acessibilidade e Mobilidade segundo Garcia (2016). .....	18
Figura 4: Proposta metodológica de Garcia para a avaliação estratégica de Sistemas Urbanos. .....	19
Figura 5: Tipos de Indicadores e abordagens da análise. ....	20
Figura 6: Ilustração da hierarquia dos custos compósitos dentro de um modelo de escolha discreta aninhado. ....	24
Figura 7: Estruturação dos Cenários de Implantação do Sistema Metroviário de Fortaleza....	25
Figura 8: Sequência da Análise a partir de Cenários. ....	26
Figura 9: Coeficientes técnicos das relações econômicas entre atividades. Em destaque, as relações empregatícias da População de Baixa Renda. ....	28
Figura 10: ilustração da aplicação do indicador proposto por Andrade (2016).....	29
Figura 11: Estrutura Hierárquica do Transus na determinação do custo compósito. ....	30
Figura 12: Ilustração da agregação dos Setores Censitários a partir da porcentagem de domicílios de baixa renda. ....	33
Figura 13: Agregação por Bairros, à esquerda, e proposto por Andrade (2016), à direita. ....	33
Figura 14: Distribuição Espacial da População de Baixa Renda.....	39
Figura 15: Distribuição Espacial dos Postos de Trabalho disponíveis para a População de Baixa Renda. ....	40
Figura 16: Histograma dos indicadores de Acessibilidade baseados no Tempo de Viagem. ...	41
Figura 17: Distribuição Espacial do Indicador de Acessibilidade baseado no Tempo de Deslocamento. ....	42
Figura 18: Distribuição não espacial do indicador de Acessibilidade baseado no custo compósito para a Situação Atual. ....	43
Figura 19: Distribuição Espacial do indicador de Acessibilidade para a Situação Atual. ....	44
Figura 20: Distribuição Espacial dos Benefícios atrelados às Melhorias Operacionais.....	45
Figura 21: Distribuição não-espacial dos Benefícios das Melhorias Operacionais.....	47
Figura 22: Distribuição não-espacial do indicador de Acessibilidade no Cenário A. ....	48
Figura 23: Comparação entre as distribuições não-espaciais da Acessibilidade entre o Cenário A e a Situação Atual. ....	49

Figura 24: Distribuição Espacial do Indicador de Acessibilidade no Cenário A.....	50
Figura 25: Distribuição espacial dos Impactos atrelados à inserção do VLT. ....	51
Figura 26: Distribuição não-espacial dos Impactos da inserção do VLT. ....	53
Figura 27: Distribuição não-espacial do indicador de Acessibilidade no Cenário B. ....	54
Figura 28: Comparação entre as distribuições não-espaciais dos níveis de Acessibilidade entre os Cenários B e A. ....	55
Figura 29: Distribuição Espacial do indicador de Acessibilidade após a inserção do VLT.....	56
Figura 30: Distribuição espacial dos Impactos da implantação da Linha Leste.....	57
Figura 31: Distribuição não-espacial dos Impactos da inserção da Linha Leste.....	59
Figura 32: Distribuição não-espacial dos níveis de Acessibilidade no Cenário C. ....	60
Figura 33: Comparação entre as distribuições não-espaciais do indicador de Acessibilidade entre os Cenário B e C.....	61
Figura 34: Distribuição Espacial do indicador de Acessibilidade após a inserção da Linha Leste. ....	62

## SUMÁRIO

1. Introdução.....	10
1.1. Contextualização .....	10
1.2. Problema.....	12
1.3. Questões Motivadoras .....	13
1.4. Objetivos.....	14
2. análise dos métodos de avaliação de projetos em sistemas de transportes.....	15
2.1. O Método Convencional de Avaliação de Projetos de Transportes .....	15
2.2. A Avaliação dos Impactos alinhada ao Paradigma da Orientação à Problemática .....	18
2.3. O Custo Compósito como medida de impedância ao deslocamento.....	21
3. proposta metodológica para a avaliação dos impactos .....	25
3.1. Estruturação dos Cenários de Análise .....	25
3.2. Definição dos Indicadores de Apoio à Avaliação .....	27
3.3. Aquisição de Dados .....	32
3.4. Método de Análise dos Impactos na Acessibilidade.....	35
4. Caracterização da situação atual.....	39
4.1. Caracterização da Distribuição Espacial da População de Baixa Renda e dos Postos de Trabalho.....	39
4.2. Análise do Indicador de Acessibilidade baseado no Tempo de Viagem .....	40
4.3. Análise do Indicador de Acessibilidade baseado no Custo Compósito.....	42
5. Avaliação dos impactos das intervenções sobre o cenário de Melhorias Operacionais ...	45
5.1. Análise dos Benefícios da Intervenção.....	45
5.2. Avaliação das Condições de Acessibilidade no Cenário A.....	48
6. Avaliação dos impactos da implantação do ramal Parangaba-Mucuripe (VLT) .....	51
6.1. Análise dos Benefícios da Intervenção.....	51
6.2. Análise das Condições de Acessibilidade no Cenário B .....	53
7. Avaliação dos impactos da implantação da Linha Leste .....	57
7.1. Análise dos Benefícios da Intervenção.....	57
7.2. Análise das Condições de Acessibilidade no Cenário C .....	59
8. Conclusões e recomendações técnicas .....	63
REFERÊNCIAS .....	66

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. Contextualização

O termo *ambiente construído*, em Ciência Social, remonta aos espaços modificados pelo ser humano, onde estes realizam atividades (como trabalhar, residir e recrear). A cidade, epítome do espaço modificado, representa a principal forma de organização social no planeta, onde mais da metade da população mundial reside atualmente. A complexidade inata ao meio urbano somada à tendência de crescimento das cidades gera um processo que tende à evolução desordenada, causando desequilíbrios de ordem social, ambiental e econômica, o que impacta negativamente a justiça a qualidade de vida dos habitantes. Da aversão a tais perturbações, nasce a necessidade de gerenciar os impactos causados pelas relações humanas nas cidades, o que motiva o planejamento urbano. Como consequência das complexas relações existentes entre os atores do ambiente urbano, os problemas vividos pelos mesmos têm causas e impactos diversos. Porém, tradicionalmente, a prática do planejamento urbano de modo geral tem sido compartimentalizado a maneira como lida com a problemática que lhe compete, dividindo-se nas disciplinas de *Planejamento do uso do solo* e *Planejamento de transportes*.

Lopes (2015) discute as mudanças de paradigma pelas quais o Planejamento de Transportes passou, sequencialmente: planejamento de transportes; planejamento da mobilidade; e planejamento da acessibilidade. O primeiro, baseado na proposição de soluções visando atingir objetivos predefinidos (como a melhoria nos níveis de serviço), tem foco apenas em aspectos da oferta. O segundo, por sua vez, embasa o planejamento na importância da relação oferta-demanda, guiado por um processo de compreensão da problemática a partir da perspectiva de variados atores que participam do sistema. Já o último paradigma diferencia-se do segundo por considerar a relação intrínseca entre o uso do solo e os transportes, podendo também ser denominado *planejamento integrado*. Em consonância, Bertolini *et al* (2008) e Brömmelstroet *et al* (2011) destacam que o Planejamento de Transportes a transição paradigmática pode ser descrita em quatro aspectos. O primeiro refere-se à postura em relação à problemática, onde paradigmas orientados a soluções e focados em aumento da oferta (principalmente em termos infraestruturais) estão sendo abandonados e em detrimento à aceitação da visão baseada na acessibilidade e na compreensão da problemática urbana em questão. O segundo componente da transição paradigmática refere-se à abordagem holística do sistema urbano, substituindo o foco nos transportes. Outro aspecto da transição em questão é que a abordagem que busca soluções para objetivos definidos dá lugar a um processo de busca de objetivos. O último ponto é o contexto considerado, que passa a levar em conta múltiplos atores e interesses conflitantes.

Considerando o contexto da Região Metropolitana de Fortaleza, que é composta por 19 municípios e possuía, em 2015, em torno de 4 milhões de habitantes (segundo estimativa do IBGE), a capital concentra mais da metade dos habitantes, com donde 2,6 milhões pessoas. A distribuição espacial dos habitantes de Fortaleza se divide por 119 bairros, que totalizam área de 314,93 km<sup>2</sup> e densidade populacional de 8230 habitantes/km<sup>2</sup>, sendo uma das capitais mais densas do País. Socioeconomicamente, seu contexto é de forte desigualdade, apresentando coeficiente de Gini de 0,627 em 2015, o que indica que a capital está em pior situação que a média nacional, segundo relatório do Acompanhamento Brasileiro dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio. Em relação ao seu sistema de transporte público, Fortaleza possui, hoje, sete terminais de transporte integrados e dois abertos, com a instalação de um sistema de *BRT* ocorrendo na Avenida Bezerra de Menezes. Desde 2013, opera com bilhete único e integração temporal e, recentemente, inaugurou um sistema de bicicletas compartilhadas nos terminais.

Em relação ao porvir, o Sistema Metroviário de Fortaleza (ou Metrofor), que teve como seu embrião o consórcio do Trem Metropolitano de Fortaleza em 1987, foi inaugurado em 2012 com a linha Sul e atualmente possui também uma linha Oeste, ambas operando ainda com intervalos de 20 minutos e sem integração tarifária com as linhas de ônibus. No futuro do Metrofor, há planos para o aumento da frequência nas linhas existentes, assim como a integração tarifária com o sistema de transporte público da cidade e a integração física das estações, permitindo melhor acomodar os ciclistas. Há, também, planos de implantação de novas linhas, como a Leste e um ramal Parangaba-Mucuripe (comumente denominado VLT), totalizando o sistema ilustrado na Figura 1.

Figura 1: Mapa esquemático do sistema metroviário previsto. Em operação, somente as linhas Sul e Oeste.



Fonte: UrbanRail.net (R. Schwandl).

## 1.2. Problema

O acesso às atividades é entendido por Macário (2012) como elemento promotor de intercâmbios sociais, econômicos e culturais, sendo fundamental ao desenvolvimento humano, sendo considerada em alguns países como bem público. Assim, a autora argumenta que baixos níveis de acessibilidade podem contribuir para problemas sociais e econômicos, como a exclusão social.

No contexto de Fortaleza, a problemática da acessibilidade se põe como central e com forte tendência de agravação, visto que a forte concentração de renda se reflete na distribuição espacial da população e das atividades, produzindo configurações desfavoráveis de acesso às atividades para a parcela de renda mais baixa. Estudos anteriores para a Cidade, como o de Henrique (2004) e, posteriormente, de Menezes (2015), apontam que a problemática da acessibilidade afeta principalmente o acesso da população de renda mais baixa aos empregos, uma vez que os níveis mais baixos deste fenômeno coincidem espacialmente com os principais núcleos de habitação deste grupo, de modo a atuar como promotor da exclusão social.

Portanto, além de estar historicamente desfavorecida em relação ao acesso aos postos de trabalho, a população de baixa renda compreende a maior parte dos indivíduos dentro do território urbano de Fortaleza, impactando negativamente um grande número de famílias. Desta forma, justifica-se a priorização deste grupo como foco dentro do processo de avaliação dos impactos de intervenções na acessibilidade, de modo que o problema motivador deste trabalho possa ser enunciado como “os baixos níveis de acessibilidade da população de baixa renda em Fortaleza aos postos de trabalho.”

### **1.3. Questões Motivadoras**

Busca-se, então, avaliar os impactos da implantação do Metrofor sobre o problema motivador, dividindo a análise a partir das diferentes etapas da implantação do sistema, posto que cada uma possui prazos de implantação em diferentes horizontes temporais e grandes montantes de custos atrelados a cada uma, de tal forma que seja possível analisar os impactos de cada uma delas.

Portanto, a implantação do sistema metroviário é dividida em três etapas incrementais: as melhorias operacionais, que possuem horizonte de implantação em menor prazo, referentes ao aumento da frequência das linhas Oeste e Sul para 10 carros por hora (ou 6 minutos de *headway*), assim como a integração tarifária entre o sistema metroviário e o de ônibus, além da integração física de todas as estações com os usuários de bicicleta, de modo que estes possam ser usadas no acesso às estações (e não na difusão); a inserção do VLT (ou Ramal Parangaba-Mucuripe), funcionando dentro das especificações previstas no cenário anterior (aumento das frequências, integração física e tarifária), apresentando-se como primeira etapa de expansão física de infraestrutura, da qual se espera maiores custos que aqueles oriundos das melhorias operacionais; e, por fim, a inserção da linha Leste dentro do sistema que já possui o Ramal Parangaba-Mucuripe, também operando sob as especificações de *headway* e integração física e tarifária determinadas na primeira intervenção.

Porém, faz-se necessária a compreensão da problemática no sistema atual, isto é, quais as condições de acessibilidade da população de baixa renda aos postos de trabalho antes das intervenções, de modo que se possa relativizar a análise da problemática após a intervenção, assim como compreender a incidência dos impactos sobre os diferentes níveis de acessibilidade no cenário anterior.

Desta forma, estruturam-se as questões motivadoras a partir da ordem cronológica das intervenções (posto que elas ocorrerão de modo incremental), considerando como prioritária a compreensão da problemática na Situação Atual.

- a) Qual a situação atual da acessibilidade de pessoas de baixa renda aos postos de trabalho em Fortaleza?
- b) Quais os impactos das melhorias operacionais no sistema metroviário de Fortaleza (isto é, aumento da frequência dos veículos e integração tarifária) neste problema?
- c) Quais os impactos das implantações do ramal Parangaba-Mucuripe do sistema metroviário de Fortaleza neste problema?
- d) Quais os impactos das implantações da linha leste do sistema metroviário de Fortaleza neste problema?

#### **1.4. Objetivos**

Face ao problema da baixa acessibilidade de pessoas de baixa renda aos postos de trabalho em Fortaleza e à implantação do Metrofor, objetiva-se analisar os impactos desta intervenção sobre a problemática considerada. Para tal, são estruturados como objetivos específicos:

- a) Caracterizar a situação atual da acessibilidade de pessoas de baixa renda aos postos de trabalho em Fortaleza;
- b) Avaliar os impactos das melhorias operacionais previstas para a rede já existente neste problema;
- c) Avaliar os impactos da implantação do VLT sobre o problema considerado;
- d) Avaliar os impactos da implantação da linha Leste sobre o problema considerado.

##### **1.4.1. Resultados Esperados**

Espera-se, ao final deste trabalho, produzir uma avaliação sobre cada uma das etapas de implantação do Metrofor com base no seus impactos sobre a acessibilidade da população de baixa renda aos postos de trabalho, de tal forma que se possa propor recomendações técnicas a partir da materialização das intervenções, assim como da amenização de eventuais impactos colaterais e da potencialização de seus benefícios.

## 2. ANÁLISE DOS MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE PROJETOS EM SISTEMAS DE TRANSPORTES

Visando apoiar a estruturação do método de avaliação dos impactos da implantação do Metrofor, recorre-se à análise dos métodos e conceitos presentes na literatura especializada. Desta forma, parte-se da revisão do método convencional de avaliação de intervenções de sistemas de transportes, explicitado no Manual de Avaliação Econômica de Projetos de Transporte publicado pelo Departamento de Análise Econômica Aplicada da *Universidad de Las Palmas de Gran Canaria* (Espanha) e apoiado pelo *Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID)*. A partir desta análise, são levantadas os pontos vantajosos deste método, assim como as inadequações do mesmo em relação aos objetivos deste trabalho. Em seguida, é analisada a proposta metodológica de Garcia (2016), que busca auxiliar a avaliação de problemas de acessibilidade e mobilidade em sistemas urbanos. E, por fim, é analisada a base teórica dos modelos de escolha discreta, assim como da medida de *custo composto* originada dela, visando avaliar sua aplicabilidade como indicador de impedância dentro do método de avaliação dos impactos da intervenção proposta. Ao fim, tomam-se diretrizes para a proposição do método de avaliação dos impactos da implantação do sistema metroviário na acessibilidade de pessoas de baixa renda aos postos de trabalho em Fortaleza a partir do que fora analisado como vantajoso ou deficitário na literatura revisada.

### 2.1. O Método Convencional de Avaliação de Projetos de Transportes

O Manual de Avaliação Econômica de Projetos de Transporte é proposto dentro do contexto de apoio à tomada de decisão em financiamento de projetos, tendo como objetivo de contribuir para a concepção e avaliação de projetos de transporte tanto de pessoas quanto de cargas na América Latina e Caribe.

O Manual tem na medida de Valor Presente Líquido o cerne de seu método de avaliação, sendo ela definida pelas diferenças entre os Benefícios Sociais e Custos Sociais, o que demonstra a forte abordagem financeira por parte do método. O conceito de *Custos Sociais* abrange, principalmente, os custos financeiros de instalação e de operação, assim como eventuais externalidades negativas, tal qual impactos negativos no meio ambiente. A parcela de Benefícios, por sua vez, é traduzida através da Disposição a Pagar por parte dos stakeholders envolvidos, nas categorias de usuários e de operadores. Na perspectiva do transporte de pessoas no Brasil, controlado pelo poder público, esta medida é interpretada como a comparação entre os custos atrelados à intervenção no sistema de transportes e à quantidade de dinheiro que os *stakeholders* estão dispostos a pagar, na forma de impostos, medida através dos seus ganhos.

A mensuração destes ganhos, dentro do método proposto, faz uso do conceito microeconômico de Excedente Econômico, ou utilidade líquida total proporcionada por um produto ou serviço, resultado da soma dos Excedentes dos Consumidores e Excedentes dos Produtores. Para o caso dos operadores, o conceito assume a forma de Excedente do Produtor e engloba os ganhos monetários oriundos das tarifas (uma vez que os custos de operação são incluídos nos Custos Sociais). Porém, no caso dos usuários, a atividade de deslocar-se não possui utilidade (assumindo que não há viagens com finalidades de lazer), sendo apenas um meio para atingir uma atividade-fim no destino de viagem (como o local de trabalho ou de estudo), cuja utilidade não se altera com a intervenção no sistema de transportes.

Desta forma, o Excedente do Consumidor é mensurado a partir da variação na desutilidade oriunda do deslocamento, representada por uma medida que busca incorporar os efeitos negativos oriundos do tempo e dos custos monetários relativos à sua realização. Tal indicador é denominado preço generalizado ( $g$ ) e é representado pela Equação (1).

$$g = p + z + vt \quad (1)$$

Onde  $p$  representa o custo marginal da utilização daquele sistema (tarifa ou bilhete) que é cobrado pelo operador,  $z$  representa custos variáveis médios da utilização do sistema ou equipamento (como combustível),  $t$  representa o tempo de viagem e  $v$  representa o valor monetário unitário do tempo.

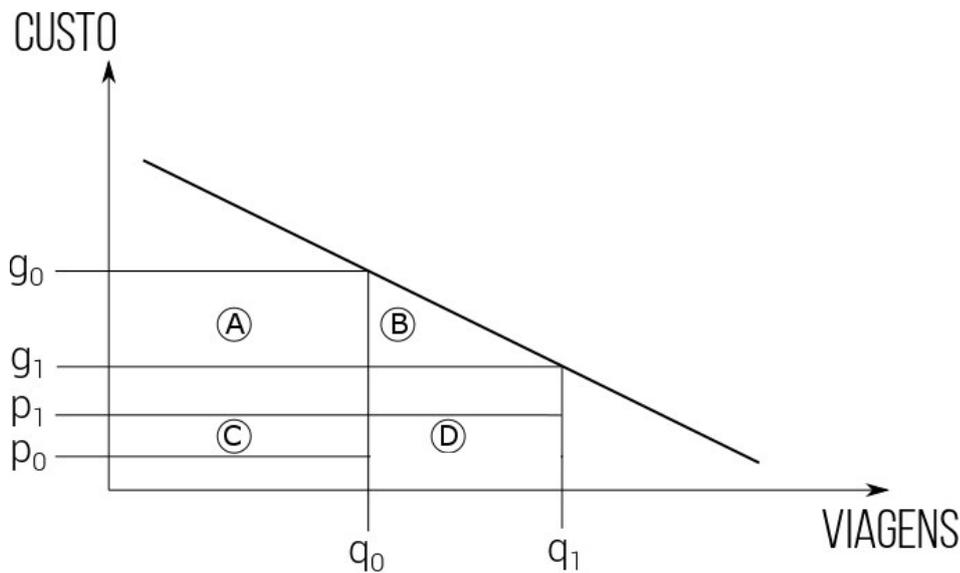
Assim, uma vez que os Benefícios Sociais são comparados aos custos de operação, estes devem estar também em unidades financeiras, assim como os Excedentes que o compõem. Por conseguinte, a parcela da desutilidade oriunda do tempo de deslocamento também encontra-se monetizada, o que ocorre a partir da atribuição de um valor monetário de cada unidade de tempo. Para a atribuição de tal valor, o Manual chega a sugerir a utilização do valor do salário para a unidade de tempo considerada, quando não houver disponibilidade de estudos que abordem a valoração do tempo por meio de modelos de escolha discreta, por exemplo.

Também deve ser destacada a relação inversa entre o preço generalizado e a demanda por deslocamentos no sistema de transportes considerado, de tal sorte que a redução do primeiro pode acarretar um aumento nas viagens no sistema. Esta sensibilidade à impedância por parte dos usuários é denominada elasticidade da demanda e deve ser considerada uma vez que a inclusão ou a exclusão de novos deslocamentos tem impacto direto nos Benefícios Sociais, uma vez que isto representa uma alteração no número de beneficiados, impactando o

Excedente do Consumidor, e também uma mudança no lucro oriundo das tarifas, o que resulta em variações no Excedente dos Produtores.

A determinação dos Excedentes é então ilustrada a partir de uma situação, expressa graficamente pela Figura 2, onde uma intervenção hipotética reduz o preço generalizado de  $g_0$  para  $g_1$ , aumentando, porém, a tarifa de  $p_0$  para  $p_1$ . Esta alteração acarreta um aumento no número de usuários beneficiados, representados a partir da alteração de  $q_0$  para  $q_1$  viagens.

Figura 2: Ilustração da Determinação dos Excedentes econômicos.



Fonte: Figura elaborada pelo autor.

A variação no Excedente dos Produtores, referente aos ganhos dos operadores do sistema, é representada pelo aumento no lucro oriundo das tarifas, representada, desta forma pela soma das áreas C, que traduz os ganhos oriundos aos usuários existentes, e D, que representa os ganhos referentes aos novos deslocamentos.

Os ganhos dos usuários, traduzidos na forma de variação no Excedente dos Consumidores, são determinados a partir da soma das áreas A e B. Também é possível observar, a partir da representação, que somente os usuários que realizam ou passam a realizar deslocamentos são considerados para o cálculo dos excedentes, uma vez que aqueles que não realizam viagens a partir do sistema de transportes considerado não usufruem dos benefícios.

Percebe-se, como principal vantagem deste método, a proposta de avaliação dos benefícios estruturada de maneira que possa ser anterior à materialização da intervenção (ou *ex-ante*), o que deve ser transferido para a proposta metodológica aplicada neste Trabalho. Também é considerado como positivo o esforço de incorporação dos custos monetários como

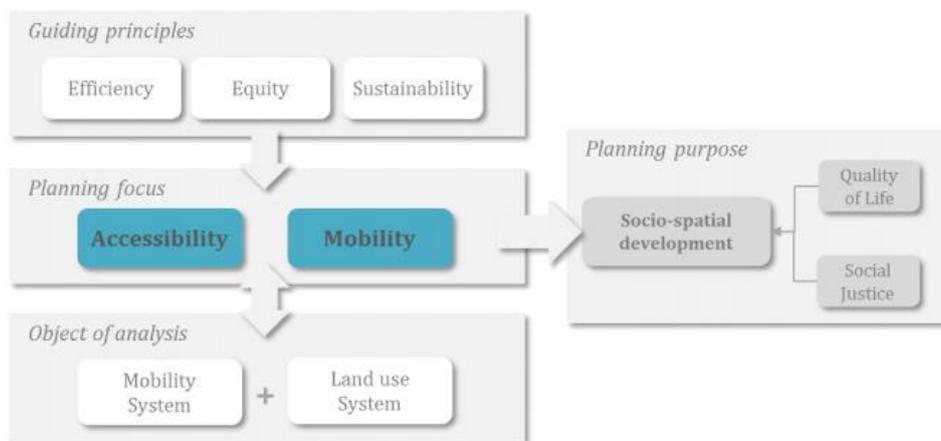
parte da impedância ao deslocamento, na forma de preço generalizado, uma vez que este também pode representar uma forte restrição à realização da viagem.

Como primeiro ponto de inadequação do método convencional em relação ao objetivo deste Trabalho, tem-se a alienação do mesmo em relação à Problemática da Acessibilidade de Pessoas, visto que a mensuração dos benefícios se dá de maneira independente do contexto analisado. Também é fruto de críticas a utilização do preço generalizado como medida de impedância para o âmbito de pessoas, posto que a monetização do tempo a partir da equivalência do salário pode não representar a ponderação realizada pelo usuário durante a decisão de deslocar-se. Por fim, o Manual de Avaliações Econômicas de Projetos de Transporte também aborda aspectos da Modelagem da Demanda por Transportes, posicionando-se a favor da modelagem tradicional da demanda através das quatro etapas sequenciais, além de propor análises da elasticidade da demanda por deslocamentos com relação ao preço generalizado. Tais contribuições não são consideradas como centrais a esta análise, porém devem ser destacadas como parte do contexto da avaliação *ex-ante*.

## 2.2. A Avaliação dos Impactos alinhada ao Paradigma da Orientação à Problemática

Reconhecendo a importância do planejamento baseado na acessibilidade e mobilidade como promotor da qualidade de vida e da justiça social, a partir do norteamento por valores de equidade e sustentabilidade, como ilustrado na Figura 3, Garcia (2016) definiu sua proposta metodológica como orientada à problemática.

Figura 3: Estrutura do planejamento da acessibilidade e mobilidade segundo Garcia (2016).

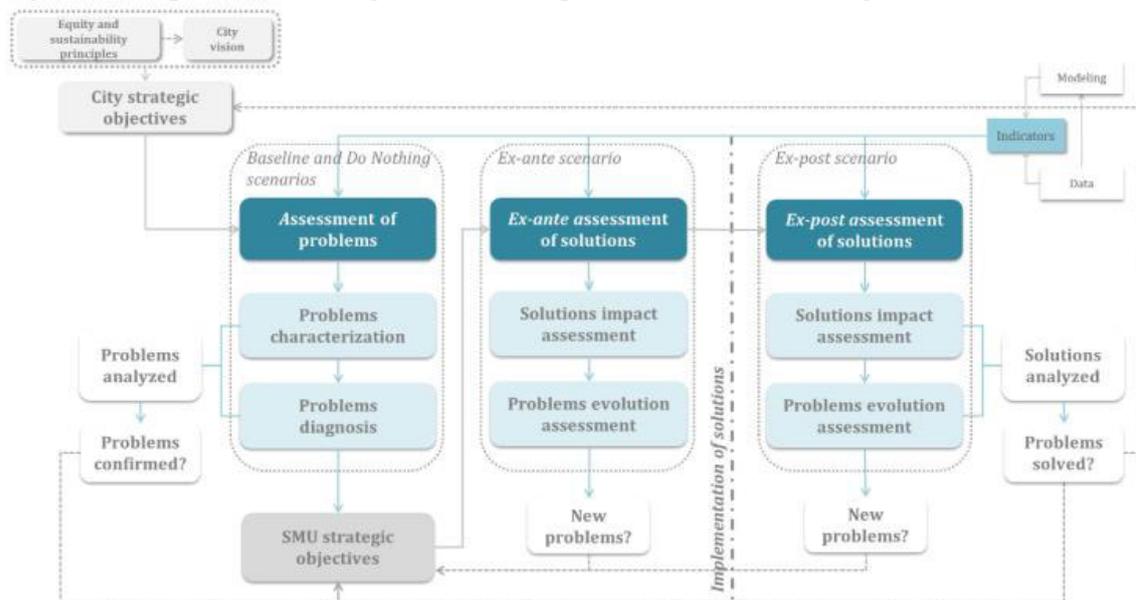


Fonte: Garcia (2016).

Neste contexto, a proposta metodológica de análise da problemática de Garcia (2016) embasa-se na análise do sistema de mobilidade urbano em três momentos, como

ilustrado na Figura 4: (i) a avaliação da Situação Atual, onde os problemas são caracterizados e diagnosticados, valendo-se também de um cenário constituído pela evolução da problemática caso não haja nenhuma intervenção no Sistema; (ii) da avaliação *ex-ante* das alternativas propostas, onde as intervenções e seus impactos sobre a problemática são analisados antes da materialização das mesmas no Sistema, também considerando sua evolução ao longo do tempo; e, por fim, (iii) a avaliação *ex-post* das soluções, onde são analisados os impactos das intervenções já concretizadas sobre a problemática.

Figura 4: Proposta metodológica de Garcia para a avaliação estratégica de Sistemas Urbanos.



Fonte: Garcia (2016).

Esta proposta metodológica se vale de técnicas de análise espacial para a execução da compreensão da problemática em cada cenário, posto que o fenômeno possui forte caráter espacial. Também deve-se ressaltar que a proposta metodológica em questão embasa-se na análise exploratória, onde a problemática é caracterizada, e confirmatória, onde as relações causais são estudadas.

No que se refere ao objetivo geral deste trabalho, observa-se que o método proposto por Garcia (2016) adequa-se melhor à análise dos impactos da implantação do Metrofor sobre a acessibilidade de pessoas de baixa renda aos postos de trabalho, uma vez que o problema motivador deste relatório reside no problema. No entanto, a avaliação *ex-post* das intervenções consideradas foge ao escopo deste Trabalho, assim como o caráter confirmatório da análise.

Deve ressaltar como aspecto fundamental à aplicação deste método, a definição de indicadores para mensurar a acessibilidade de forma adequada nos diferentes cenários. Desta

forma, recorre-se à estrutura classificatória proposta também por Garcia (2016), que parte do esforço prévio de Geurs e van Wee (2004), onde sete tipos de indicador são agrupados a partir de três principais abordagens, ilustrados pela Figura 5. A primeira abordagem refere-se à *baseada em infraestrutura*, que baseia-se nas características do desempenho do sistema de transportes para representar o fenômeno do Acesso às Atividades. Esta abordagem, porém, aborda somente aspectos relativos ao Sistema de Transportes, ignorando, por exemplo, o componente da Acessibilidade referente ao indivíduo. Desta forma, a utilização de indicadores de Acessibilidade alinhados a esta abordagem, apesar de possuírem fácil compreensão, não incorporam aspectos que diferem os grupos da população, tornando-os inadequados ao objetivo deste Trabalho, cujo foco é a população de baixa renda.

Figura 5: Tipos de Indicadores e abordagens da análise.

<b>Approach</b>	<b>Types of indicators</b>	<b>Soundness</b>	<b>Plainness</b>
<b>Infrastructure-based</b>	<i>Infrastructure indicators</i>	-	+
<b>Location-based</b>	<i>Separation indicators</i>	-	+
	<i>Contour indicators</i>	-	+
	<i>Potential indicators</i>	±	±
	<i>Competition indicators</i>	±	±
<b>Person-based</b>	<i>Utility indicators</i>	+	-
	<i>Time-space indicators</i>	+	-

Fonte: Garcia (2016).

A segunda abordagem tratada na classificação analisada refere-se ao grupo de indicadores *baseados na localização* (ou abordagem agregada), que busca representar o fenômeno da Acessibilidade a partir da interação entre atividades espacialmente distribuídas. Em casos específicos, a autora argumenta, é possível captar também aspectos referentes ao grupo de indivíduos, através de sua percepção da impedância. Nesta categoria, encontram-se indicadores do tipo *Potencial*, que buscam balancear as oportunidades de uma zona de destino por uma função de impedância, oriunda do desempenho do Sistema de Transportes.

A última categoria refere-se à abordagem *baseada no Indivíduo*, ou abordagem desagregada, trata a Acessibilidade sob a perspectiva do indivíduo, a partir de indicadores que reflitam a sua percepção da impedância através da *utilidade* ou suas restrições orçamentárias e/ou de tempo. O foco desta abordagem sobre os grupos de indivíduos parece adequada à análise da Acessibilidade focada em uma parcela singular da população, uma vez que permite a

incorporação do componente individual da Acessibilidade, porém não incorpora aspectos da distribuição de oportunidades, como os Postos de Trabalho.

Considerando, então, o alinhamento destas abordagens para com o objetivo deste Trabalho, toma-se o tipo de indicador *Potencial* como mais adequado para a representação do fenômeno, uma vez que este incorpora aspectos da distribuição espacial dos Postos de Trabalho e também permite a incorporação de aspectos individuais, como a parcela de Baixa Renda da População, através da ponderação através da percepção da impedância.

Faz-se necessário, desta forma, traduzir a percepção dos usuários acerca da impedância ao seu deslocamento para incorporá-la ao indicador, isto é, da utilidade do deslocamento (ou *desutilidade*, uma vez que não são considerados deslocamentos como atividade primária, sendo apenas secundários à execução de uma atividade primária). Parte-se, então, da Teoria da Utilidade Aleatória e dos Modelos de Escolha Discreta como base teórica e operacional para a representação da impedância ao deslocamento como uma medida de utilidade.

### 2.3. O Custo Compósito como medida de impedância ao deslocamento

O estado da arte na modelagem de escolha de modo e rota se dá por Modelos de Escolha Discreta, a partir da Teoria de Utilidade Aleatória. Esta teoria pressupõe que um indivíduo tomador de decisão  $i$  perante um conjunto de alternativas, decide por aquela que lhe trará maior utilidade. Porém, devido à variabilidade nas percepções dos atributos e valorações, a Utilidade percebida pelos usuários não pode ser totalmente representada por um modelo, de tal forma que o processo de modelagem pode ser interpretado como a soma da parcela  $V$ , chamada de Utilidade Sistemática, e da parcela de erro  $\varepsilon$  compondo a Utilidade percebida pelo usuário, como ilustrado pela Equação 2.

$$U = V + \varepsilon \quad (2)$$

Assim, a utilidade sistemática de uma alternativa  $n$ , por sua vez, é definida por seus atributos percebidos e como o tomador de decisão os valora, podendo ser modelada por uma equação linear, em sua maneira mais simples, como ilustrado na equação a seguir, onde são incorporados os atributos tempo e custo na função. Desta forma, a função de utilidade especificada pelo modelador deve captar os atributos considerados pelo usuário durante o seu processo decisório, como ilustrado na Equação 3.

$$V_n = \beta_0 + \beta_t t_n + \beta_c c_n \quad (3)$$

Os parâmetros calibrados, podem ser interpretados como estimadores da valoração dos usuários por um dado atributo ou como Taxas de Utilidade Marginal, que indicam a variação na Utilidade a partir da variação do atributo em questão (a exemplo do parâmetro  $\beta_c$ , que é denominado de Taxa de Utilidade Marginal do Custo). Todavia, o intercepto,  $\beta_0$ , capta tudo aquilo que não é especificado nos outros atributos, como conforto e segurança. É possível, também, interpretar as relações entre coeficientes calibrados como indicadores de tradeoff, ou Taxas Marginais de Substituição entre dois atributos. Um exemplo disso é a Taxa Marginal de Substituição entre Custo e Tempo, comumente denominada de Valor do Tempo, que representa a disposição a alternar entre estes atributos e, ainda assim, manter-se com uma Utilidade constante.

Por definição, o excedente do consumidor de um indivíduo  $n$ ,  $CS_n$ , perante uma situação de decisão é a utilidade percebida na alternativa escolhida, em termos monetários. De tal forma que, matematicamente, pode ser expresso pela Equação 4.

$$CS_n = \frac{1}{\alpha_n} \max_j (U_{nj} \forall j) \quad (4)$$

Onde  $U_{nj}$  é a Utilidade da alternativa  $j$  para o indivíduo  $n$ , e  $\alpha_n$  é a utilidade marginal da renda para o indivíduo  $n$ . Assumindo que as premissas de um modelo *logit* de escolha discreta são satisfeitas, o valor esperado do excedente do consumidor,  $CS_n$ , pode ser calculado pela Equação 5.

$$E(CS_n) = \left( \frac{1}{\alpha_n} \right) E[\max(V_{nj} + \varepsilon_{nj} \forall j)] \quad (5)$$

Sabendo que o componente não observável é condizente com a premissa adotada no modelo *logit* e que a utilidade marginal da renda é linear ( $\alpha_n$  é constante), pode-se calcular a expressão como indica a Equação 6.

$$E(CS_n) = \left( \frac{1}{\alpha_n} \right) \ln \left( \sum_{j=1}^J e^{V_{nj}} \right) + C \quad (6)$$

Onde o termo do somatório é chamado de *logsum* (posto que é o logaritmo natural de um somatório), fazendo-se presente também no denominador do cálculo da probabilidade de escolha de uma alternativa  $j$  pertencente ao conjunto de escolhas.

A variação do excedente do consumidor, por sua vez, pode ser dada pela diferença entre os valores esperados do excedente do consumidor em duas situações, notada pela Equação 7.

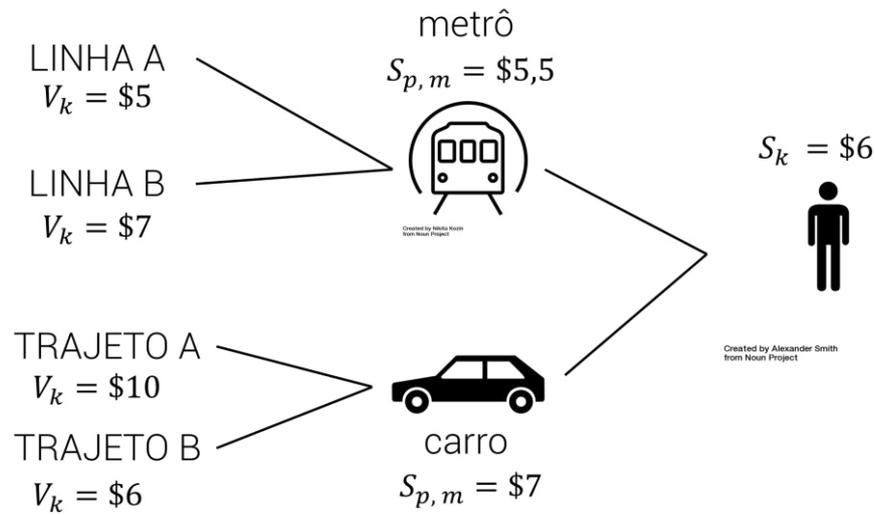
$$\Delta E(CS_n) = \left(\frac{1}{\alpha_n}\right) \left( \ln \left( \sum_{j=1}^{J^1} e^{V_{nj^1}} \right) - \ln \left( \sum_{j=1}^{J^0} e^{V_{nj^0}} \right) \right) \quad (7)$$

Assim, o cálculo do *logsum*, como um processo de estimação do valor esperado da alternativa escolhida para um conjunto de alternativas, é interpretado como um *Custo Compósito* dentro de modelos *Nested* (ou Aninhados) de Escolha Discreta.

Confrontando-o, então, com o indicador de impedância presente no Manual de Avaliação Econômica de Projetos de Transporte, como representante do método de avaliação convencional, é possível perceber que o custo composto (ou *logsum*) consegue contornar o ponto negativo da valoração arbitrária do tempo. Neste indicador, a monetização do tempo pode ocorrer a partir do peso que o usuário atribui a ele a partir da Taxa Marginal de Substituição entre os dois atributos, que estima o Valor do Tempo.

Outro ponto positivo a ser considerado é a possibilidade de agregação deste indicador para situações decisórias. Assim, considerando a escolha de modo como um processo racional, é possível determinar a impedância ao deslocamento percebida pelo usuário a partir da interação entre suas alternativas, de maneira a ser possível analisar a Acessibilidade no nível do indivíduo e não mais do modo de transporte considerado. Esta aplicação é ilustrada numericamente pela Figura 6, onde é atribuída unidade monetária ao indicador, de modo que simplifique a análise.

Figura 6: Ilustração da hierarquia dos custos compósitos dentro de um modelo de escolha discreta aninhado.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Este aspecto é considerado positivo dentro do contexto deste Trabalho, posto que a rede multimodal de Fortaleza possui competição entre os modos de transportes, de tal sorte que uma intervenção no Sistema Metroviário pode reduzir a impedância do modo motorizado individual de um grupo de indivíduos, ao redirecionar a demanda para si.

### 3. PROPOSTA METODOLÓGICA PARA A AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS

Considerando, então, a discussão desenvolvida no capítulo anterior, propõe-se um método que visa avaliar os impactos dos avanços da implantação do sistema metroviário orientado à problemática dos baixos níveis de acessibilidade da população de baixa renda, como objetiva explicitar este capítulo, dividido em quatro seções. A primeira refere-se à divisão da implantação do sistema metroviário em diferentes etapas e como a sua avaliação ocorre por meio de diferentes cenários incrementais. Em seguida, é discutido o indicador de acessibilidade utilizado para apoiar as análises, assim como a medida de impactos das diferentes etapas da implantação. O terceiro tópico busca explicitar o processo de aquisição de dados, abordando a divisão da cidade em zonas e a utilização de modelos de simulação da rede de transportes. Por fim, é explicitado o método de análise utilizado para se avaliar os impactos de cada etapa da implantação do Metrofor.

#### 3.1. Estruturação dos Cenários de Análise

A implantação do sistema metroviário consiste em melhorias operacionais, executáveis a curto prazo, e em expansões de sua infraestrutura a partir das linhas Leste e do VLT (ou Ramal Parangaba-Mucuripe), em um horizonte de tempo mais longínquo. Desta forma, a avaliação da implantação do sistema metroviário estrutura-se em diferentes momentos, referente a cada um destes horizontes temporais, como ilustrado pela Figura 7. A decisão de analisar separadamente a implantação do VLT e da linha Leste é justificada pelo fato de o primeiro estar mais próximo da materialização que a segunda.

Figura 7: Estruturação dos Cenários de Implantação do Sistema Metroviário de Fortaleza



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na situação atual, onde operam as linhas Oeste e Sul, ilustradas na Figura 7, ambas com frequência de 3 composições por hora (isto é, headways de 20 minutos) e sem integração tarifária com nenhum outro sistema de transportes público (urbanos, metropolitanos ou

regionais), busca-se caracterizar a problemática considerada na Cidade segundo as condições atuais, de tal modo que se possa melhor compreender a problemática, assim como dar suporte à compreensão dos impactos das intervenções na acessibilidade de pessoas de baixa renda aos postos de trabalho.

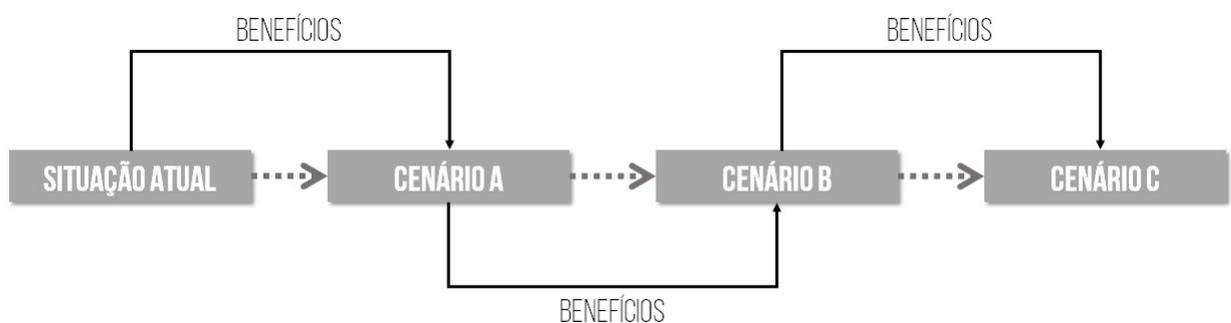
No primeiro momento da implantação, referente às melhorias na operação do sistema, não há expansão das linhas do Metrofor, de modo que elas operam na mesma configuração física que na situação atual. Porém, as melhorias operacionais previstas englobam: aumento da frequência, saindo de 3 para 10 composições por hora (ou 6 minutos de headway); inclusão do sistema metroviário na integração tarifária já existente; e bicicletários nas estações do Metrofor, possibilitando a integração física dos usuários de bicicleta que se destinam às estações, porém não o transporte da bicicleta ao longo das linhas.

O cenário seguinte refere-se à instalação do VLT, que no presente momento, apresenta conclusão mais próxima. Deve-se ressaltar o caráter incremental e sequencial das melhorias operacionais, de tal forma que este ramal já opera sob estas especificações.

Por fim, a expansão final do sistema metroviário propõe a criação da linha Leste, também ilustrada na Figura 1, e também operando sob as especificações propostas pela melhoria operacional, assim como em conjunto com o Ramal Parangaba-Mucuripe.

O caráter incremental das intervenções no sistema metroviário reflete-se na sequência da análise, de tal sorte que o impacto na acessibilidade oriundo das melhorias operacionais das linhas é definido a partir da comparação entre seu cenário e a situação atual, enquanto é cenário base para avaliação da instalação do ramal Parangaba-Mucuripe, que, por conseguinte, serve como base de referência para o cenário final, como ilustra a Figura 8.

Figura 8: Sequência da Análise a partir de Cenários.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Embora se reconheça que a implantação do sistema metroviário afetará a demanda por deslocamentos, a estimação das alterações requer estudos longitudinais desta interação.

Desta forma, parte-se da premissa que a demanda por deslocamentos permanece inalterada em relação à situação atual, asserção sustentável somente caso a implantação ocorra em um pequeno período de tempo.

Também é importante ressaltar que as únicas alterações na oferta de transporte se referem ao Metrofor, onde todo o restante (principalmente no que se refere aos *headways* e capacidades das linhas de ônibus) se mantém inalterado. Desta forma, é possível analisar a interação entre o sistema metroviário e o sistema atual, fornecendo informações principalmente para a readequação da oferta de transporte público.

### **3.2. Definição dos Indicadores de Apoio à Avaliação**

A tomada de decisão dentro de um processo de planejamento orientado a problemas necessita, fundamentalmente, da aquisição de conhecimento do fenômeno por parte dos tomadores de decisão. Desta forma, a utilização de indicadores, medidas que sintetizam e representam um fenômeno, se demonstra intrínseca ao processo sistematizado de planejamento em transportes. Estes indicadores, porém, devem estar orientados ao problema que se deseja caracterizar, assim como a medida de benefícios deve estar conceitualmente alinhada com os impacto das intervenções que se desejam avaliar. Assim, este tópico é composto pela *Definição do indicador de acessibilidade* e *Definição do indicador de impactos*.

#### **3.2.1. Definição do Indicador de Acessibilidade**

O indicador, em sua função de modelo, deve incorporar os aspectos mais importantes que compõem o fenômeno da acessibilidade da população de baixa renda aos postos de trabalho. Parte-se, então, do indicador de acessibilidade proposto por Andrade (2016), que incorpora os componentes do uso do solo e do sistema de transportes, sendo categorizado dentro da estrutura classificatória proposta por Garcia (2016) como um indicador do tipo *Potencial*, pertencente à abordagem baseada na Localização.

Em sua aplicação a Fortaleza, Andrade (2016) toma os empregos como fatores atrativos das zonas de destino, incorporando características da população de baixa renda a partir da ponderação por coeficientes técnicos que representam a relação empregatícia entre este grupo da população e os setores econômicos. A partir desta ponderação, é mensurada a quantidade de empregos ocupados pela população de baixa renda em cada setor. Para Fortaleza, estes coeficientes são calibrados a partir de dados de relações econômicas de emprego oriundas do IBGE e do Ministério do Trabalho e Emprego, e são ilustradas na Figura 9.

Figura 9: Coeficientes técnicos das relações econômicas entre atividades. Em destaque, as relações empregatícias da População de Baixa Renda.

	 SETOR PRIMÁRIO	 SETOR INDUSTRIAL	 ADM PÚBLICA	 COMERCIAL	 SERVIÇOS	BAIXA RENDA	MÉDIA RENDA	ALTA RENDA
SETOR PRIMÁRIO								
SETOR INDUSTRIAL								
ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA								
COMERCIAL						0.273426	0.635938	0.902235
PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS						0.338199	1.202162	3.450338
RESIDIR BAIXA RENDA	0.305399	0.359436	0.157062	0.401974	0.338557			
RESIDIR MÉDIA RENDA	0.113857	0.069615	0.382722	0.057816	0.103626			
RESIDIR ALTA RENDA	0.127886	0.032859	0.229271	0.014516	0.067370			

Fonte: Adaptado de Andrade.

Como fator de impedância do Sistema de Transportes, a autora elege os tempos de viagem entre as zonas, separados por Conjunto de Modos (individuais, coletivos e não-motorizados). Este indicador busca, então, expressar a Acessibilidade da População de Baixa Renda que reside na zona  $i$  aos empregos localizados em todas as outras zonas utilizando o conjunto de modos  $m$ , sendo calculado separadamente para cada um deles a partir da média dos seus tempos de viagem, ponderados pelo número de empregos ocupados pela população de baixa renda, como ilustrado abaixo. Também lhe é adicionado o sinal negativo, de modo a reforçar seu caráter de impedância, que aumenta no sentido inverso à Acessibilidade.

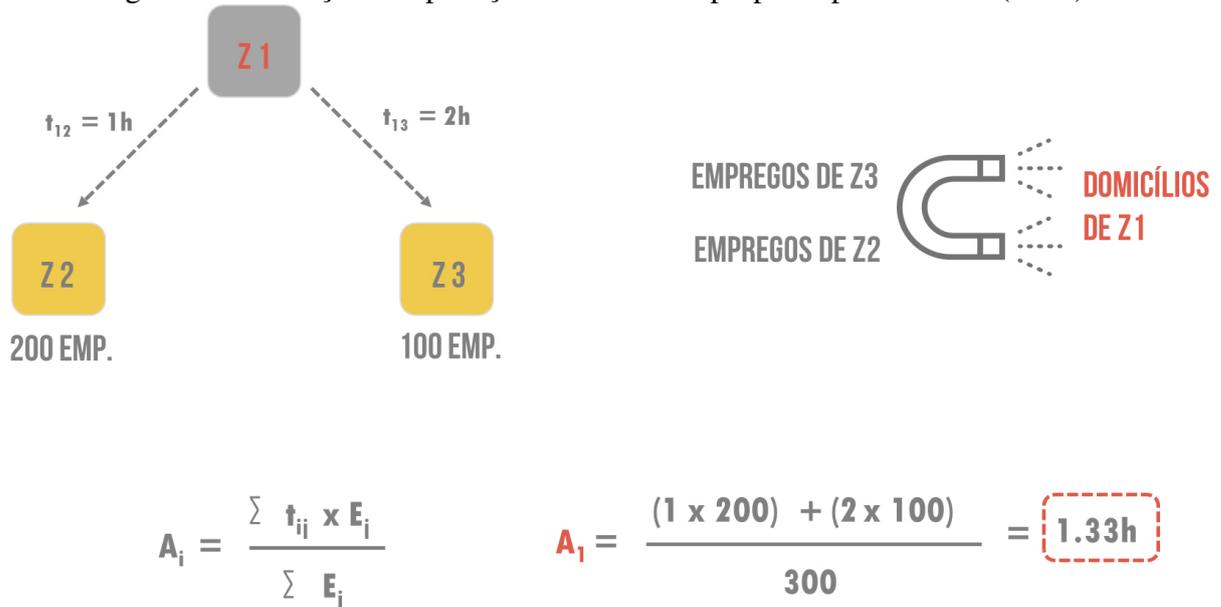
$$A_{i,m} = - \frac{\sum_j (t_{ij,m} \times \sum_n (E_{j,n} \times a^{br-n}))}{\sum_j \sum_n (E_{j,n} \times a^{br-n})} \quad (8)$$

Onde:

- $A_{i,m}$ : Acessibilidade da População residente na zona  $i$  aos postos de trabalho por um modo  $m$ ;
- $t_{ij,m}$ : Tempo de Deslocamento entre as zonas  $i$  e  $j$  utilizando o modo  $m$ ;
- $E_{j,n}$ : Empregos do setor econômico  $n$  que localizam-se na zona  $j$ ;
- $a^{br-n}$ : Coeficiente técnico que representa a relação empregatícia (ou de consumo de força de trabalho) da população de baixa renda por parte do setor  $n$ .

A autora também exemplifica a aplicação deste indicador, ilustrado na Figura 10, para análise da Acessibilidade de uma população que habita em uma zona aos empregos de comércio e de serviços, os únicos setores presentes, localizados nas outras duas. Os coeficientes técnicos para a relação empregatícia entre estes setores econômicos e a população de baixa renda são, respectivamente, de 0,2 e 0,1 domicílios por posto de emprego.

Figura 10: ilustração da aplicação do indicador proposto por Andrade (2016).



Fonte: adaptado de Andrade (2016).

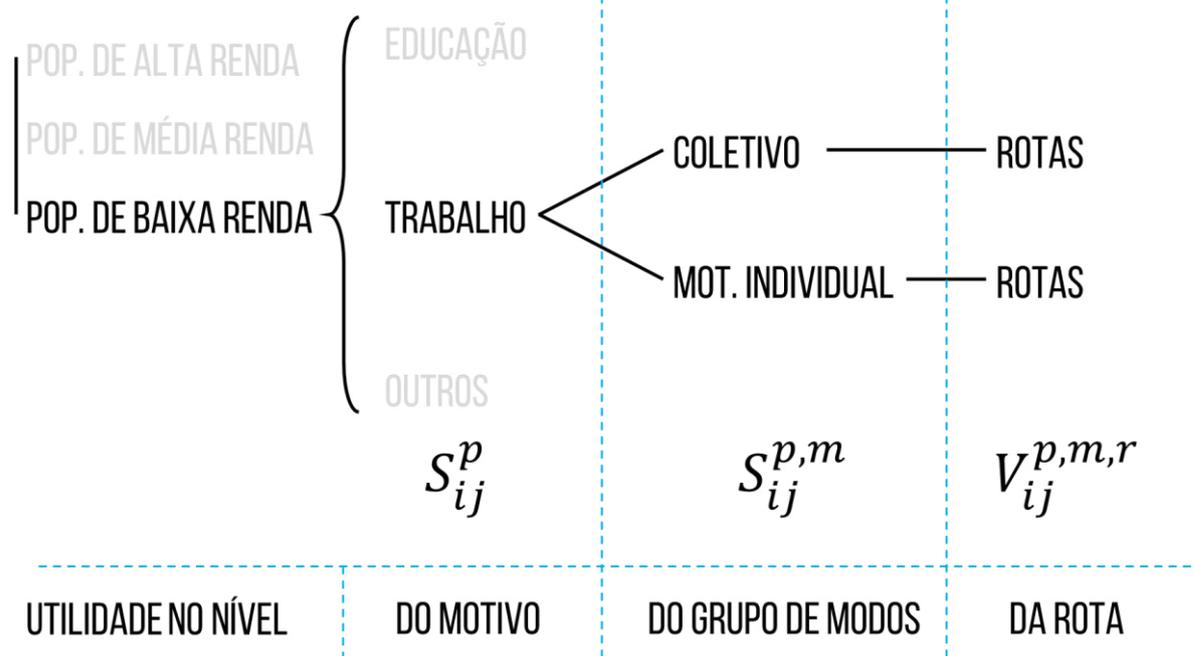
Observa-se, porém, uma fragilidade em como este indicador representa as impedâncias oriundas do Sistema de Transportes, uma vez que incorpora apenas o tempo de deslocamento, ignorando os outros aspectos, como o custo monetário da viagem. Esta premissa pode comprometer a representação do fenômeno, especialmente em se tratando da população de baixa renda, posto que pressupõe-se a renda deste grupo como fator fortemente restritivo. Também se reconhece como deficiência a imiscibilidade do indicador de Acessibilidade entre os grupos de modo, de tal modo que não é possível avaliar a Acessibilidade aos Postos de Trabalho a partir de uma única medida, possibilitando explorar o problema apenas a partir da perspectiva das categorias modais e não em sua completude.

Assim, opta-se por uma adaptação do indicador proposto por Andrade (2016), substituindo o tempo de deslocamento por uma medida que satisfaça as falhas identificadas. Então, apoiando-se na premissa de que os usuários fazem suas escolhas de modo e rota racionalmente com base nos atributos percebidos, propõe-se a interpretação da impedância ao

deslocamento como uma desutilidade, substituindo o tempo de viagem pelo custo compósito calculado a partir de um modelo *logit* aninhado.

A utilização desta medida como representante da impedância do Sistema de Transportes sana os pontos negativos observados no indicador anterior, isto é, a ausência de fatores além do tempo como restritores da Acessibilidade e a imiscibilidade dos diferentes conjunto de modos. A primeira vantagem pode ser explicitada a partir de uma função de Utilidade genérica que contemple o atributo de custo monetário, de tal forma que este fator seja incluído na representação da Acessibilidade durante a caracterização da Situação Atual e seja também refletido a partir de alterações nos cenários alternativos. O segundo ponto positivo da utilização do indicador de Acessibilidade baseado no custo compósito é que este considera a competição entre as diferentes opções de rotas e de modos para gerar um valor único a partir do valor esperado da alternativa escolhida. Desta forma, então, ilustra-se através da Figura 11 como a plataforma utilizada para a simulação do Sistema de Transportes determina a utilidade agregada a partir de um processo de custo compósito.

Figura 11: Estrutura Hierárquica do Transus na determinação do custo compósito.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O indicador proposto para a Acessibilidade da População de Baixa Renda (definida como os indivíduos que possuem renda domiciliar mensal igual ou inferior a 3 salários mínimos) aos Postos de Trabalho é, então, constituído pela inserção do custo compósito para

este grupo da população entre as zonas  $i$  e  $j$  na hora de pico da manhã ( $S_{ij}$ ) como fator de impedância relativo ao Sistema de Transportes, como ilustrado pela Equação (9).

$$A_{i,m} = - \frac{\sum_j (S_{ij} \times \sum_n (E_{j,n} \times a^{br-n}))}{\sum_n (E_{j,n} \times a^{br-n})} \quad (9)$$

Como principal ponto negativo deste indicador elenca-se a incapacidade de interpretar seu valor absoluto, mesmo que ele possua unidades monetárias, uma vez que não é possível lhe atribuir uma escala de valores, incorrendo em duas maiores consequências para a análise: a primeira refere-se à dificuldade de atribuir-se um valor de referência ou mesmo uma faixa de valores absolutos, de tal sorte que seja necessário recorrer a análises relativas e comparativas entre cenários; a segunda diz respeito às dificuldades de comunicação com os atores (não-técnicos) acerca dos resultados das análises a partir deste indicador, posto que, além da escala de valores, este é de difícil compreensão conceitual.

### 3.2.2. Definição da Medida de Impactos

Interpreta-se que os impactos das intervenções referem-se à redução da impedância do Sistema de Transportes como restrição de Acesso da População de Baixa Renda às suas atividades empregatícias. Assim, a mensuração dos benefícios na Acessibilidade da População de Baixa Renda aos Postos de Trabalho a partir da *Disposição a Pagar*, como presente no Manual de Avaliações do BID, é conceitualmente *inadequada* para esta finalidade, pois esta é alienada à Problemática motivadora deste trabalho, além de não incorporar os componentes de uso do solo e individual.

Propõe-se, então, que a Medida de Impactos seja mensurada como a simples variação no indicador de Acessibilidade para cada zona  $i$  entre os cenários  $C$  e  $C-1$ , como ilustrado na Equação 9.

$$B_i^C = A_i^C - A_i^{C-1} \quad (10)$$

Esta métrica traz como vantagem, além de ser alinhada à Problemática, a possibilidade de comparação entre diferentes regiões impactadas, facilitando o levantamento de hipóteses causais de impactos positivos e negativos. Em complemento, este indicador pode ser aplicado tanto em análises que abordam o aspecto espacial quanto não espacial, ao partir da

premissa que todos os indivíduos que residem na zona considerada são beneficiados homogeneamente.

### **3.3. Aquisição de Dados**

Uma vez que o indicador de acessibilidade incorpora variáveis do sistema urbano, é variada também a gama de dados necessários para o seu cálculo. Este tópico, então, tem por finalidade discutir a aquisição destes dados. Inicialmente, é apresentado o zoneamento utilizado, assim como aspectos relativos à coleta de dados de uso do solo e demografia. Em seguida, é discutida a modelagem do sistema de transportes a partir da plataforma Transus e seu papel dentro do processo de avaliação dos impactos.

#### **3.3.1. Zoneamento e dados de Uso do Solo e Transportes**

O zoneamento utilizado na análise é definido através da proposta de Andrade (2016), que busca adequar-se ao fenômeno da acessibilidade de pessoas de baixa renda, de modo a valer-se de divisões espaciais mais adequadas à análise. Para tal, a autora considera três principais fatores: o conceito de áreas sociais, presente em Córrea (2013), como forma de lidar com o Problema das Unidades Modificáveis de Análise (MAUP), tratado por Fotheringham e Martin (2002); o segundo, refere-se à adequação em relação aos dados disponíveis, como aqueles referentes ao uso do solo, empregos e demografia; e, por fim, adequações ao modelo de simulação da rede de transportes.

Assim, o zoneamento proposto é criado a partir da agregação de setores censitários a partir da porcentagem de domicílios de baixa renda que residem nele, de tal forma que a formar regiões que possuem baixa dispersão desta variável, com a finalidade de gerar zonas com a maior homogeneidade possível. Esta aplicação é exemplificada pela autora, como ilustrado na Figura 12.

Figura 12: Ilustração da agregação dos Setores Censitários a partir da porcentagem de domicílios de baixa renda.



Fonte: Andrade (2016).

O zoneamento é, então, apresentado na Figura 13, onde é comparado com a agregação no nível de bairros a partir do coeficiente de variação da variável “porcentagem de domicílios de baixa renda no setor censitário”. Percebe-se, no zoneamento menos agregado, menor dispersão de unidades de agregação em zonas periféricas, em especial a Oeste e Sul da Cidade, onde concentram-se maior parte da população de baixa renda. Também há um ganho na representação dos deslocamentos em relação a níveis mais agregados, posto que, no processo de desagregação da análise, viagens que antes seriam ignoradas pelo modelo por serem intrazonais são, então, consideradas.

Figura 13: Agregação por Bairros, à esquerda, e proposto por Andrade (2016), à direita.



Fonte: Andrade (2016).

Em relação à compatibilização com outras fontes de dados, os empregos, como principais informações de Atividades necessárias para o cálculo do indicador, são obtidos através da base do Ministério do Trabalho e Emprego, e, embora estejam agregados no nível de bairros, é possível estimar suas quantidades por setor no nível da zona a partir do uso do solo, que é determinado a no nível dos lotes a partir da base de dados da Secretaria Municipal de Finanças de Fortaleza (SEFIN).

### **3.3.2. Modelagem do Sistema de Transportes**

Dentro do processo de aquisição de dados, a modelagem do sistema de transportes serve a dois diferentes propósitos: na situação atual do sistema, onde os fluxos não podem ser completamente coletados, a reconstrução do padrão de deslocamentos se dá através da utilização de um modelo de transportes para complementar as informações coletadas em campo; e nos cenários alternativos, para se estimar o desempenho do sistema, uma vez que este possui restrições de capacidade. Utiliza-se, então, os modelos de transportes que compõem a plataforma Tranus.

A discussão da modelagem do sistema de transportes estruturada no estudo de dois principais pontos: do modelo de oferta na plataforma Tranus e de como este relaciona-se com o contexto de Fortaleza; e de seu modelo de demanda por deslocamentos, discutindo sua relação com o cálculo dos indicadores.

#### **3.3.2.1. Modelagem da Oferta**

O modelo de oferta do sistema de transportes no Tranus caracteriza-se por ser multimodal, onde os modos motorizados coletivos e individuais podem disputar espaço nas mesmas vias, de modo a contribuírem conjuntamente para o congestionamento das vias; outro aspecto a ser ressaltado é a possibilidade de integração entre modos que são classificados dentro do mesmo conjunto (no caso deste trabalho, coletivo e individual), adicionando a possibilidade de compor rotas utilizando-se da combinação entre linhas de ônibus e/ou diferentes modos.

O desempenho do sistema de transportes, dentro desta rede viária, se dá a partir da relação entre volume e capacidade. Assim, o custo generalizado dos deslocamentos é determinado a partir das velocidades nos links, assim como da saturação das linhas de transporte público.

Na codificação da rede viária, foi impedido que os deslocamentos pudessem fazer uso da integração entre veículos motorizados individuais e modos coletivos, uma vez que este tipo de deslocamento não ocorre de modo significativo em Fortaleza. Também foi impedido, na situação atual, a integração entre linhas de ônibus e do metrô, posto que estes deslocamentos também não ocorrem de maneira significativa no território urbano, uma vez que não há integração tarifária. Esta impedância, porém, fora excluída nos cenários alternativos, posto que a restrição referente às tarifas é retirada.

### 3.3.2.2. *Modelagem da Demanda*

A interface demanda-oferta pode ser interpretada como a materialização dos deslocamentos desejados na rede viária, ou alocação das viagens. No Tranus, esta interação se dá a partir da agregação hierarquizada, ilustrada na Figura 11, entre as escolhas dos modos e da rota, uma vez que o modelo de oferta permite a intermodalidade, onde são definidas diferentes rotas para cada conjunto de modos (coletivo ou individual).

Assim, alocação da demanda por deslocamentos entre duas zonas na rede viária pode ser interpretada como duas decisões sequenciais: a primeira sendo aquela onde o usuário decide se utilizará, por exemplo, de seu veículo particular ou do sistema de transporte público; e, em tomada a primeira decisão, o usuário deve determinar por qual rota se materializa o deslocamento. A segunda decisão ocorre por meio da comparação entre as utilidades de cada rota construída, uma vez que cada rota possui atributos, como tempo e custo monetário. Todavia, isto não ocorre na escolha do conjunto de modos, posto que estes não possuem atributos, onde as utilidades são determinadas a partir dos valores esperados da utilidade da alternativa escolhida para cada conjunto, estimados por processos de agregação de custo composto como o *logsum*.

Deste modo, a interação entre a demanda por deslocamentos e a oferta do sistema de transportes é executada de modo iterativo até que o equilíbrio seja atingido, uma vez que os atributos de cada rota alteram-se a partir da demanda que as ocupa (por meio de congestionamentos na malha viária ou do aumento nos tempos de espera por meio da saturação de linhas de ônibus). Assim, a demanda é realocada em diferentes rotas dos diferentes grupos modais até que as utilidades atinjam o equilíbrio estático.

## 3.4. **Método de Análise dos Impactos na Acessibilidade**

O método de análise dos impactos na acessibilidade aproxima-se da proposta de Garcia (2016), onde a problemática é analisada na situação atual, assim como nos cenários onde

a intervenção atua, considerando seus aspectos espaciais e não-espaciais. Porém, escolhe-se não fazer uso da formalização do estado desejado do sistema a partir de valores de referência, uma vez que seria possível somente adotá-los de maneira arbitrária, visto que não houve consulta aos atores envolvidos. Outro fator que contribui para a não-adoção de valores arbitrários é que o indicador não possui significado de fácil compreensão, de tal forma que o parâmetro de referência se daria por meio da análise da distribuição, o que torna conclusões geradas a partir da análise comparativa podem ser tiradas a partir da análise comparativa entre as distribuições.

Também se ressalta que o método proposto para a análise dos impactos da implantação do Sistema Metroviário sobre a problemática considerada tem caráter apenas exploratório e não busca analisar as relações de causalidade e nem confirmar hipóteses.

O método é estruturado, então, na *Caracterização da Situação Atual*, onde a Problemática é caracterizada visando gerar informações sobre as presentes condições de Acessibilidade, assim como dar apoio à compreensão dos Impactos das Intervenções; e na *Avaliação dos Impactos das Intervenções*, onde os impactos das diferentes etapas da implantação do Metrofor são explorados, assim como os resultados dos mesmos sobre a Problemática analisada.

#### **3.4.1. Caracterização da Situação Atual**

Uma vez que se reconhece a importância da distribuição espacial das atividades na problemática, a compreensão dos padrões relativos à população de baixa renda, assim como dos postos de empregos, entra como suporte à compreensão da acessibilidade na situação atual e nos cenários alternativos, assim como dos impactos das intervenções. Desta forma, propõe-se a análise espacial da quantidade de domicílios de baixa renda por zona, de maneira a auxiliar a compreensão da localização deste grupo da população, assim como o estudo da distribuição espacial dos postos de trabalho, ponderados a partir dos coeficientes, tal qual utilizado para o cálculo dos indicadores.

Em seguida, analisa-se o indicador de acessibilidade baseado na ponderação do tempo de viagem a partir dos postos de trabalho, com a finalidade de caracterizar a problemática a partir de uma medida mais usual e de mais fácil compreensão. Também espera-se, com esta etapa, que sejam mais bem explicitadas as limitações deste tipo de indicador. Inicialmente, a distribuição não-espacial do indicador de acessibilidade para cada conjunto de modos considerado (coletivos e individuais) é explorada, de tal forma a analisar a sua dispersão dentro da parcela de baixa renda da população, assim como a tendência central e dispersão de cada uma (uma vez que, no caso deste indicador, é possível interpretar o seu valor absoluto). Em

seguida, analisa-se a distribuição espacial da acessibilidade para cada conjunto de modos a partir de um *box map*, onde é possível interpretar a distribuição relativa das regiões de diferentes níveis do indicador e compará-la com a distribuição espacial dos domicílios de baixa renda, de tal sorte a compreender a relação entre estes padrões.

Por fim, faz-se uso do indicador de acessibilidade baseado no custo compósito para caracterizar a problemática, abordando inicialmente a análise da distribuição dos níveis de acessibilidade nos domicílios, ignorando o caráter espacial, buscando produzir conhecimento a partir da análise de sua dispersão, assim como de sua forma. O valor absoluto da tendência central, por não possuir significado, é ignorado durante esta etapa. A posterior comparação desta com as distribuições não-espaciais dos indicadores baseados no tempo de viagem permite a compreensão da dispersão e da forma do indicador baseado no custo compósito, também de como este agrega as informações de ambos os modos, considerando também o custo monetário. Em relação ao seu caráter espacial, analisa-se sua distribuição a partir de um *box map*, explorando a distribuição espacial da acessibilidade segundo o novo indicador e como ela se difere das distribuições do primeiro caso, onde eventuais diferenças são atribuídas à incorporação do custo monetário.

#### **3.4.2. Análise dos Impactos de Etapas da Implantação do Metrofor**

A avaliação dos cenários alternativos inicia-se pela abordagem do aspecto espacial dos impactos oriundos da intervenção que se quer analisar, de tal modo que sejam levantadas hipóteses causais para a sua ocorrência e explorada a sua incidência sobre os diferentes níveis de acessibilidade anteriores a ela, assim como de sua incidência sobre a população de baixa renda.

Desta forma, visando levantar hipóteses causais, as regiões impactadas são classificadas em 4 diferentes grupos: as mais prejudicadas, onde a medida de Impactos observada possui valor menor que um desvio padrão negativo; as ligeiramente prejudicadas, onde a medida possui valor entre um desvio padrão negativo e zero; as ligeiramente beneficiadas, onde os benefícios mensurados possuem valor menor que um desvio padrão, porém maiores que zero; e as zonas mais beneficiadas, cuja medida de impacto possui valor positivo maior do que zero. Como principal causa de benefícios entre as zonas, elenca-se a redução no congestionamento por meio da redução do número de veículos, responsável principalmente pelos benefícios mais leves; e a redução nos custos monetários e do tempo, a partir da utilização do sistema metroviário, atribuída aos benefícios mais intensos, onde este passa a apresentar-se como alternativa competitiva para os habitantes destas regiões. Em

contrapartida, os impactos negativos são atrelados ao congestionamento das linhas de ônibus, mais solicitadas como acesso ou difusão, uma vez que tão logo busca-se a integração tarifária dentro do sistema e não há nenhuma alteração na oferta das outras linhas, mantendo-se a configuração atual.

Em seguida, analisa-se a incidência dos impactos sobre a acessibilidade das zonas antes da intervenção, buscando avaliar se estes atuam como mitigadores onde os problemas são mais críticos, de forma a reduzir desigualdades na acessibilidade aos postos de trabalho dentro da população de baixa renda. Assim, caso os benefícios mais intensos atuem sobre zonas que possuíam anteriormente níveis mais baixos de acessibilidade, tem-se indícios que a intervenção analisada fora eficaz segundo este critério. Em complemento, analisa-se a incidência dos benefícios sobre a quantidade de domicílios a partir da comparação entre a sua distribuição e a da população de baixa renda, visando avaliar a quantidade de pessoas que são impactadas, positivamente ou não, pela intervenção analisada. Idealmente, os maiores benefícios devem ocorrer em zonas populosas que possuíam níveis de acessibilidade mais baixos antes da intervenção, de forma a mitigar este problema para o maior número de indivíduos o possível.

Posteriormente, analisa-se a distribuição não-espacial do indicador de acessibilidade para o cenário após a intervenção, de modo a investigar se a intervenção promoveu o aumento da homogeneidade dos níveis de acessibilidade (ou a redução das desigualdades), refletido através das medidas de dispersão (média e mediana), e se ela promoveu concentração nos níveis de acessibilidade em valores extremos, verificado a partir de sua simetria. Em seguida, a análise comparativa entre as distribuições não-espaciais do indicador de Acessibilidade antes e depois da intervenção entra como apoio à compreensão da incidência dos benefícios, de tal forma a incorporar os níveis de Acessibilidade antes da intervenção e o número de domicílios impactados na mesma análise. Assim, comparando tanto as alterações na forma da distribuição quanto os valores da mediana, do 25º e do 75º percentil, busca-se analisar se a intervenção teve impacto na parcela da população que possuía níveis mais baixos de Acessibilidade.

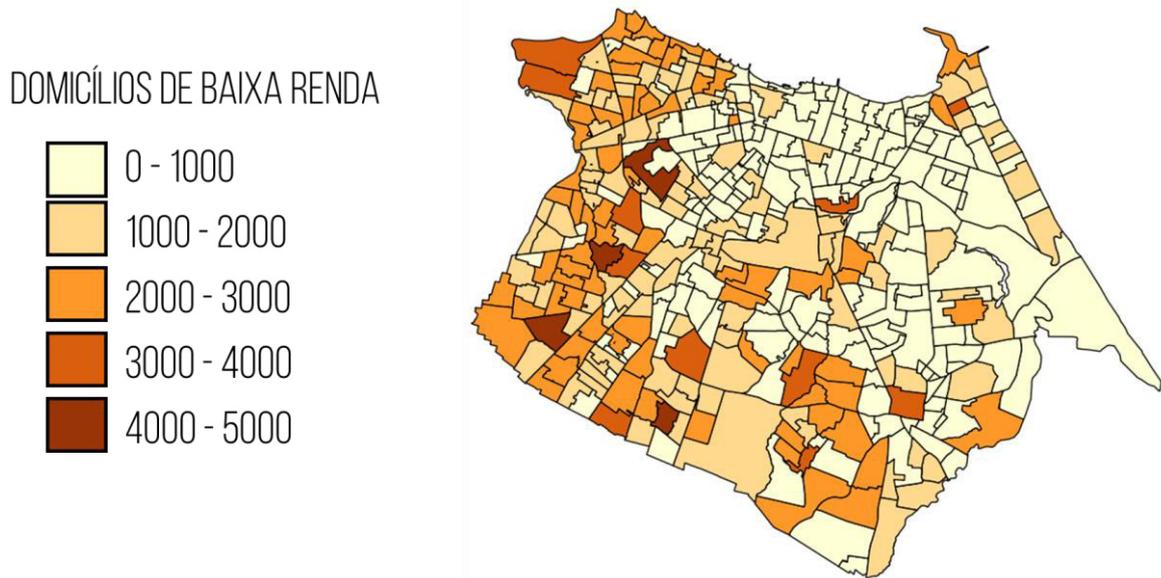
Por fim, a distribuição espacial do indicador de acessibilidade é analisada a partir de dois pontos: a comparação da distribuição em um nível macro, visando investigar se a intervenção promoveu alterações principalmente sobre as regiões de níveis extremos mais homogêneos de Acessibilidade; e da análise das zonas que mudaram de quartil dentro do *box map*, de tal forma a evidenciar mudanças relativas em menor grau causadas pela intervenção.

## 4. CARACTERIZAÇÃO DA SITUAÇÃO ATUAL

### 4.1. Caracterização da Distribuição Espacial da População de Baixa Renda e dos Postos de Trabalho

A distribuição espacial da população de baixa renda, como ilustrada na Figura 14, revela que os domicílios que enquadram-se nesta categoria localizam-se principalmente ao longo da periferia Oeste e Sudoeste da Cidade. Também em parcela considerável, encontram-se na região de extremo Sul da Cidade, porém de modo menos homogêneo, posto que esta possui também muitos vazios urbanos.

Figura 14: Distribuição Espacial da População de Baixa Renda.

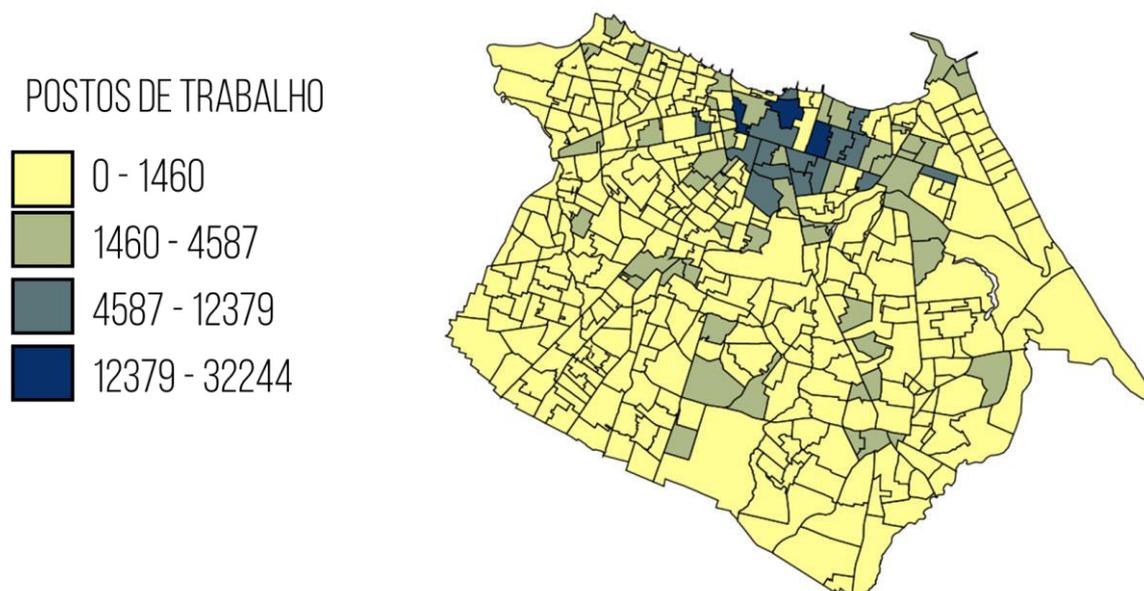


Fonte: Elaborado pelo autor.

Em contrapartida, observa-se que as regiões Norte e Nordeste da Cidade, que contempla desde o Centro até o Manuel Dias Branco, não compreende muitos domicílios de Baixa Renda, à exceção das zonas que localizam-se nas proximidades do Porto do Mucuripe e do bairro Vicente Pinzon, onde encontram-se núcleos de habitação como a favela do Serviluz.

A partir da análise da localização dos postos de trabalho, ilustrada na Figura 15, percebe-se que estes ocorrem principalmente nas proximidades do Centro-Norte, na região que compreende a Aldeota, Meireles, José Bonifácio, Benfica e Centro, onde o último possui cerca de 70 mil empregos, sendo o principal foco da zona. Também é possível observar que, na periferia da Cidade, há homogeneamente poucos empregos, com pequenos focos como a Messejana, Parque Iracema e Cidade dos Funcionários, na região Sul da Cidade; a Parangaba, a Sudoeste da Cidade; e o Antônio Bezerra, a Oeste da Cidade.

Figura 15: Distribuição Espacial dos Postos de Trabalho disponíveis para a População de Baixa Renda.



Fonte: Elaborado pelo autor.

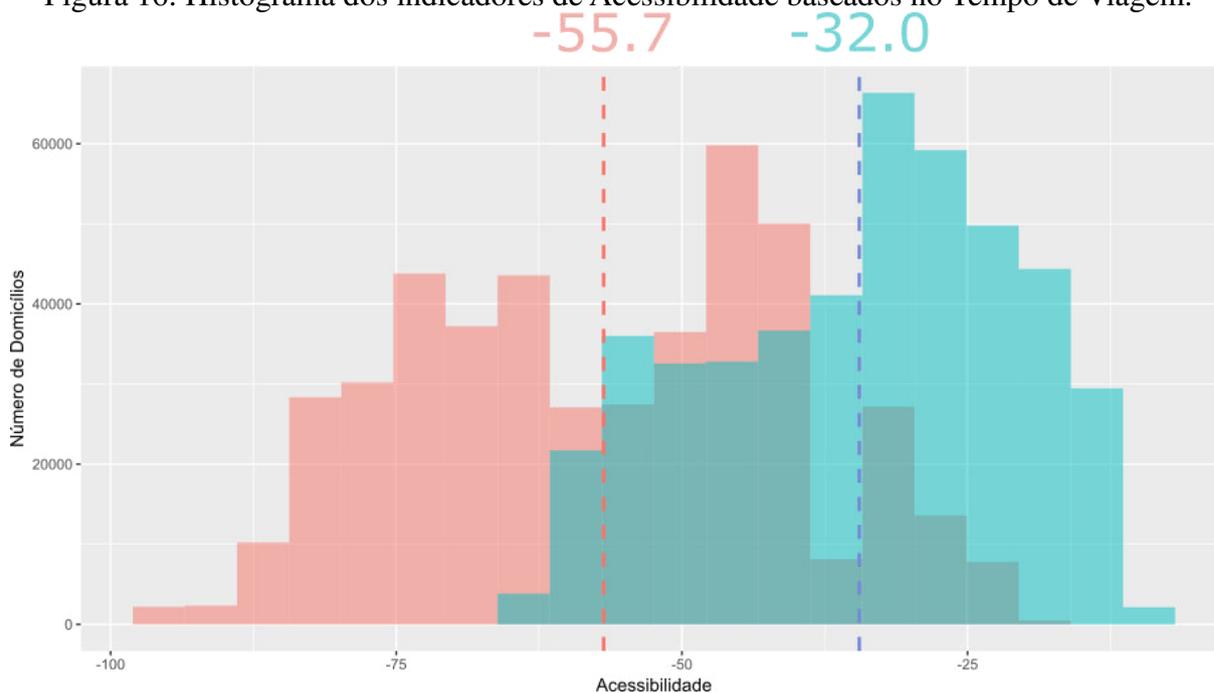
Pela análise comparativa das duas distribuições, é possível ver que a população de baixa renda localiza-se, no geral, geograficamente distante dos postos de trabalho, uma vez que a primeira concentra-se principalmente nas periferias, enquanto os últimos, no entorno do bairro Centro. Como exceção a esta regra, destaca-se a região próxima ao Porto, que concentra postos de trabalho principalmente do setor industrial (que possui forte relação empregatícia com a população de baixa renda), enquanto também possui forte presença do grupo de interesse da população.

Esta conclusão embasa a hipótese de que a população de baixa renda necessita deslocar-se por maiores distâncias para chegar aos postos de trabalho, de modo a fazer uso principalmente dos modos motorizados, individual e coletivo.

#### 4.2. Análise do Indicador de Acessibilidade baseado no Tempo de Viagem

A partir das distribuições não-espaciais do indicador de acessibilidade considerando o tempo de viagem como impedância, ilustrado na Figura 16, é possível observar que, no caso de ambos os grupos de modos, os níveis de acessibilidade se distribuem de maneira simétrica em torno do centro, de tal maneira que não há concentração de domicílios mais ou menos contemplados neste aspecto.

Figura 16: Histograma dos indicadores de Acessibilidade baseados no Tempo de Viagem.



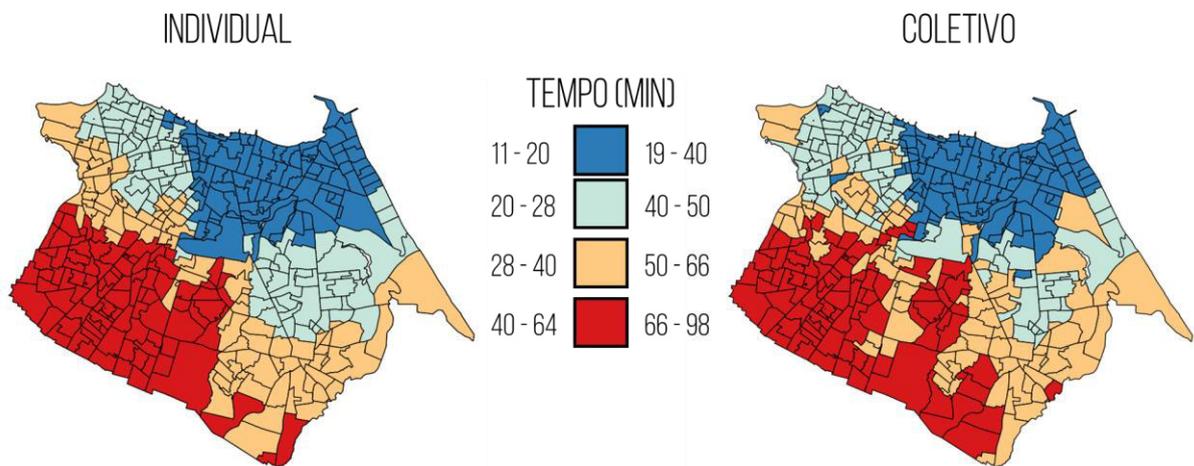
Fonte: Elaborado pelo autor.

Também é possível notar que ambos possuem dispersões consideráveis, possuindo coeficientes de dispersão de 29,5% e 38,8% para os grupos de modos individual e coletivo, respectivamente. Tal métrica indica pouca homogeneidade na distribuição da acessibilidade para ambos os grupos, onde o coletivo é ainda mais heterogêneo, o que é consistente com as características da cobertura do sistema de transporte coletivo em Fortaleza. Este fator também pode ser atribuído como causa da diferença de amplitudes que, no transporte coletivo, é de aproximadamente 80 minutos, enquanto no transporte individual motorizado é da ordem de 50 minutos.

Ao comparar as tendências centrais das distribuições dos grupos de modos, observa-se que o modo individual possui um nível de acessibilidade médio melhor que o modo coletivo, com médias de -34,5 e -56,8 minutos, respectivamente. Esta diferença considerável indica que, para este indicador, o conjunto de modos individual possui melhores níveis de acessibilidade, no geral. Em complemento, ao analisar de modo pareado os valores do indicador de acessibilidade, é possível ver que os melhores níveis de acesso aos postos de trabalho é, em todos os casos, melhor para o modo individual. Esta diferença pode ser atribuída ao fato da rede viária ser compartilhada entre os diferentes modos, onde os deslocamentos que fazem uso do grupo coletivo, além de possuírem menor velocidade e sujeição a congestionamentos, são dotados também de tempos de espera nas paradas.

Analisando a distribuição espacial da acessibilidade, retratada na Figura 17, é possível observar que, para ambos os grupos de modos, a periferia a Sudoeste da Cidade, onde concentra-se boa parte dos domicílios da população de baixa renda, apresenta-se dentro do grupo de zonas com mais baixos níveis de acessibilidade. Em oposição, também é possível observar que, em ambos os casos, a região Central que compreende bairros como Aldeota e Meireles possui uma concentração de altos níveis de acessibilidade, por concentrarem também grande quantidade dos empregos da Cidade.

Figura 17: Distribuição espacial do indicador de acessibilidade baseado no tempo de deslocamento.



Fonte: Elaborado pelo autor.

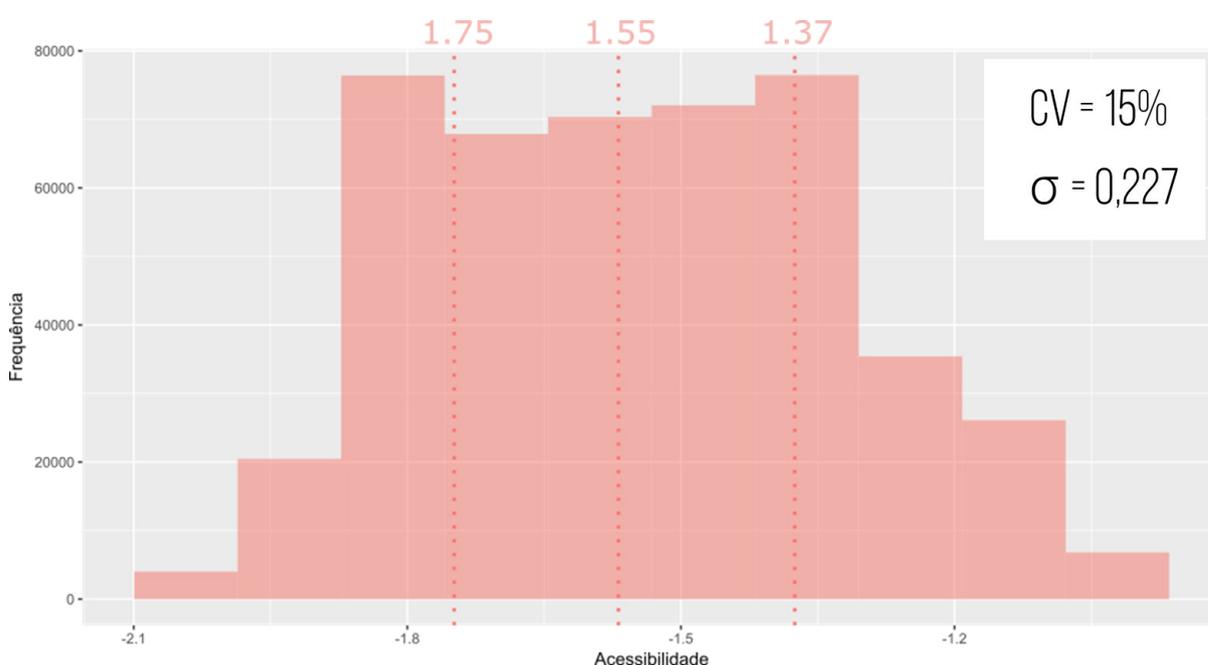
A região Leste da Cidade, por sua vez, possui níveis relativos de acessibilidade melhores quando considerado o modo individual, levanta-se a hipótese, então, que a causa deste padrão de distribuição reside em dois principais motivos: o primeiro relativo à fraca oferta de linhas de ônibus nesta região da Cidade; o segundo refere-se à presença de vias de grande capacidade que ligam esta região ao foco de empregos, como a BR-116 e a Av. Washington Soares. Por fim, ressalta-se a importância do corredor de ônibus da Av. Bezerra de Menezes, atribuído como a principal causa para as zonas que se localizam em sua proximidade possuírem bons níveis relativos de acessibilidade, quando considerado o conjunto de modos coletivos.

#### 4.3. Análise do Indicador de Acessibilidade baseado no Custo Compósito

A análise da distribuição não-espacial do indicador de acessibilidade baseado no custo compósito, ilustrada na Figura 18, também aponta pouca heterogeneidade na distribuição dos níveis de acessibilidade dentro da parcela de população de renda mais baixa, refletido pela

baixa dispersão dos valores, cujo coeficiente de variação é ainda menor que aqueles observados para o indicador de acessibilidade baseado no tempo no mesmo período. Também a partir da análise da forma, é possível observar simetria nos níveis de acesso aos postos de trabalho para o grupo de indivíduos considerado, não havendo, assim, concentração de beneficiados ou prejudicados. Por fim, não se realiza análise sobre a tendência central deste conjunto, uma vez que não é possível a interpretação dos valores absolutos deste indicador como já discutido.

Figura 18: Distribuição não espacial do indicador de Acessibilidade baseado no custo compósito para a Situação Atual.

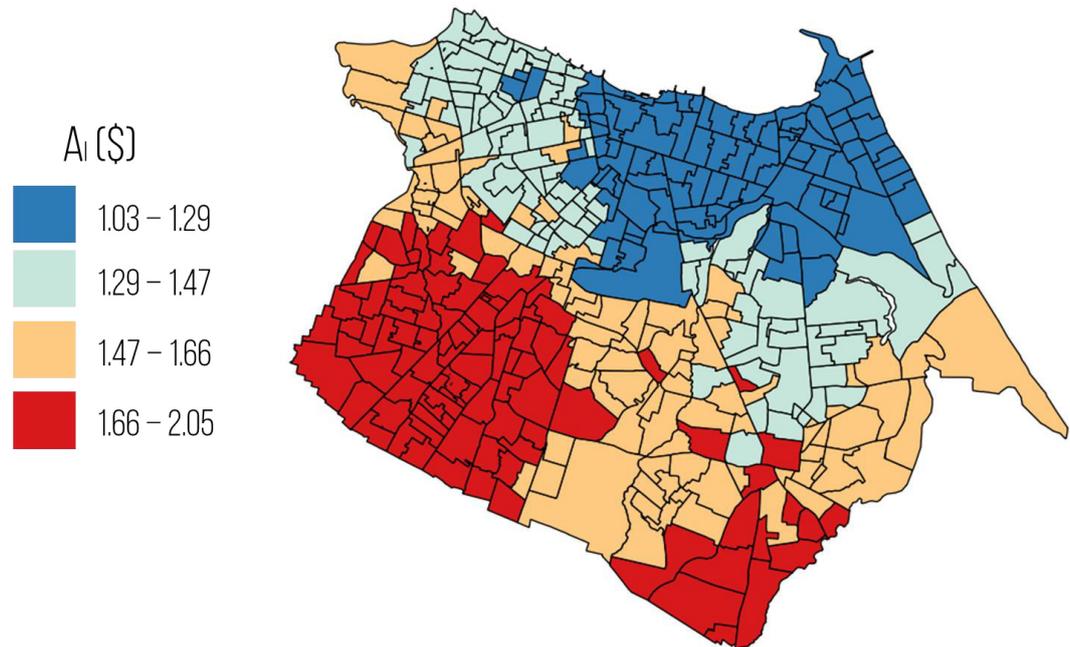


Fonte: Elaborado pelo autor.

Além da dispersão ligeiramente menor para o indicador baseado no custo compósito, não é possível observar grandes diferenças entre as distribuições não-espaciais para as três diferentes medidas, o que aponta consistência por parte da utilização da proposta menos usual.

A análise da distribuição espacial da acessibilidade a partir do indicador baseado no custo compósito, ilustrada na Figura 19, indica as regiões que localizam-se a Oeste e a Sul da Cidade como zonas de menores níveis de acesso às atividades consideradas. Observa-se, também, que a concentração dos níveis mais altos de acessibilidade se dá na região que abrange do Centro ao Papicu, com gradação dos níveis até a periferia da Cidade.

Figura 19: Distribuição espacial do indicador de acessibilidade para a situação atual.



Fonte: Elaborado pelo autor.

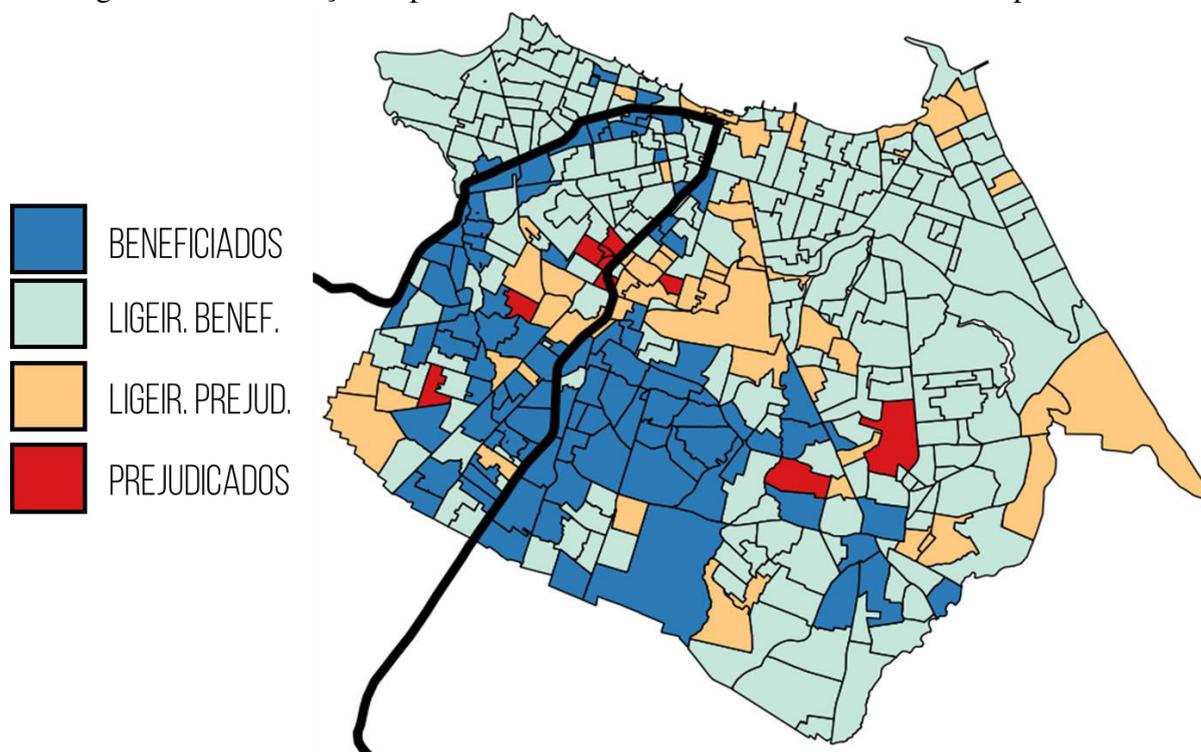
Este padrão também aproxima-se daquilo que é observado a partir dos indicadores baseados no tempo de viagem, à exceção da região ao sul da Messejana que, para este indicador, é considerada problemática, enquanto que, para ambos os indicadores que utilizam o tempo de viagem, isto não ocorre. Levanta-se, como hipótese, que a principal causa desta diferença é a resultado do alto custo nos modos individuais, uma vez, no transporte público, a tarifa é constante. Desta forma, é possível notar, também, a vantagem de considerar este atributo como restritor da acessibilidade por parte do indicador que considera o custo compósito.

## 5. AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DAS INTERVENÇÕES SOBRE O CENÁRIO DE MELHORIAS OPERACIONAIS

### 5.1. Análise dos Benefícios da Intervenção

A partir da distribuição espacial dos benefícios, representados na Figura 20, é possível observar que as regiões mais beneficiadas dividem-se em três diferentes focos: ao longo da linha Oeste; na periferia a Sudoeste da Cidade; e, por fim, na zona Sul. No primeiro caso, estas melhorias podem ser interpretadas de maneira mais simples, sendo, principalmente, oriundas do acesso direto dos indivíduos que habitam nas proximidades da linha Oeste ao sistema metroviário. Estas pessoas, além de terem seu tempo de espera reduzido, têm custo monetário reduzido na difusão em direção à região onde concentram-se os empregos utilizando do ônibus, posto que há integração tarifária. No segundo caso, é possível observar que somente a população que localiza-se na região mais periférica a Sudoeste é fortemente beneficiada. Como causa, levanta-se o congestionamento da linha após o Montese, de tal modo que apenas os usuários embarcam antes dele conseguem usufruir. Por fim, toma-se como motivo para fortes benefícios positivos na zona Sul a realocação da demanda por deslocamentos daquela população à Linha Sul, posto que a oferta de linhas de ônibus naquela região é fraca.

Figura 20: Distribuição Espacial dos Benefícios atrelados às Melhorias Operacionais.



Fonte: Elaborado pelo autor.

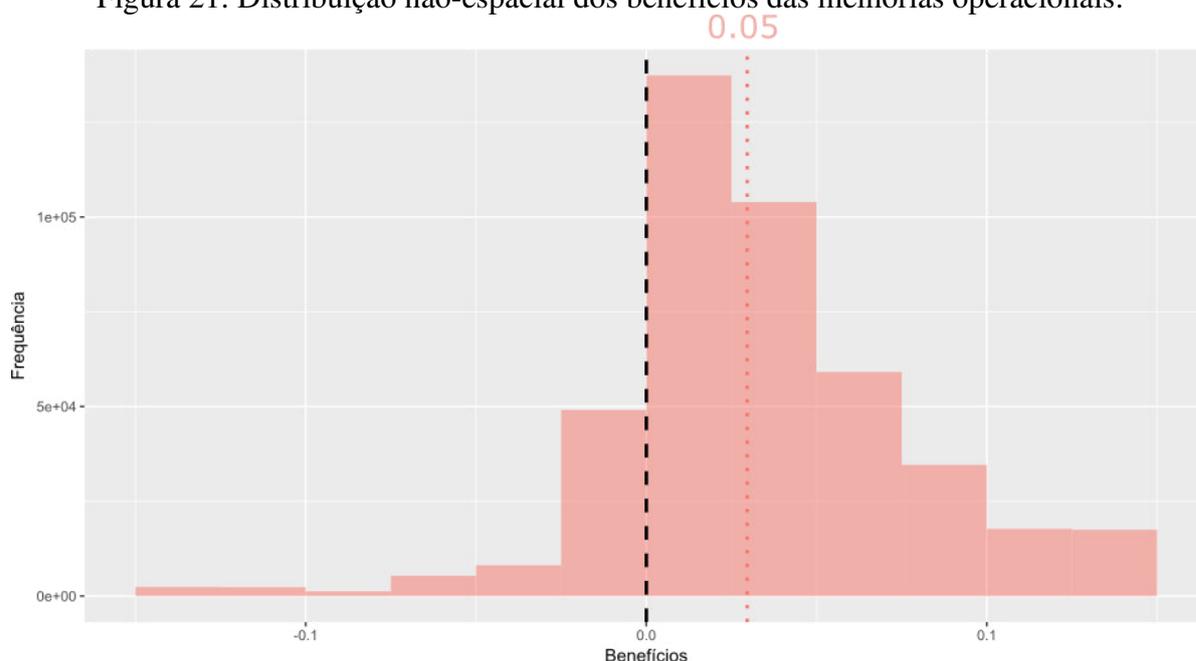
Em relação às zonas ligeiramente beneficiadas, é possível perceber que estas ocupam o território da Cidade de maneira homogênea, de tal forma que boa parte da população usufrui dos impactos positivos, mesmo que de maneira sutil. Como hipótese causal desta melhoria, considera-se a redução no número de veículos motorizados individuais nas regiões de maior concentração de empregos, favorecendo usuários que fazem uso tanto deste conjunto de modos quanto dos modos coletivos.

No caso das zonas que são prejudicadas, toma-se como o congestionamento nas linhas de transporte público, em especial de ônibus, como principal causa para os impactos negativos na acessibilidade de pessoas de baixa renda. Assim, em relação às zonas que sofreram leves impactos negativos, percebem-se dois principais padrões: um relativo às zonas que estão próximas às linhas do Metrofor e outro, às mais distantes. No primeiro caso, como ocorre principalmente ao longo da linha Sul, que atraiu parte da demanda na forma de acesso e difusão por meio dos ônibus, de modo que as linhas perdem potencial de servir aos usuários que habitam em suas proximidades. No caso das zonas mais distantes, levanta-se como hipótese que seus moradores são impactados negativamente pois, como o uso das linhas de ônibus que servem de acesso para o centro dos empregos foi aumentado, estes sofrem com o congestionamento na hora da integração. Por fim, no caso particular das zonas que são fortemente prejudicadas, observa-se que estas sempre se localizam na proximidade de zonas que foram muito beneficiadas, de tal forma que a hipótese de que seus moradores foram impactados negativamente pelo congestionamento das linhas de ônibus parece, também consistente.

Quando analisada a incidência dos benefícios sobre os níveis de acessibilidade das zonas antes da intervenção, percebe-se que as zonas mais beneficiadas encontram-se na periferia da Cidade, superpondo parte considerável das regiões que possuíam condições mais críticas de acesso aos postos de trabalho por parte da população de baixa renda, a Sudoeste da Cidade e nas proximidades da Messejana, na região Sul. Em relação às zonas ligeiramente beneficiadas, não é possível distinguir uma área de incidência específica, uma vez que esta se distribui homogeneamente ao longo do mapa. As zonas impactadas negativamente, por sua vez, são principalmente aquelas que possuíam níveis de acessibilidade antes da intervenção classificados como ligeiramente inferiores à mediana da Cidade. Por fim, as zonas mais prejudicadas são quase que exclusivamente as que possuíam níveis intermediários (2º e 3º quartis) de acessibilidade, à exceção de uma zona a Sudoeste da Cidade. Desta forma, é possível observar que os impactos oriundos das melhorias operacionais foram, em sua maioria, bem alocados, posto que seus impactos mais benéficos concentram-se em zonas que possuíam níveis baixos de acessibilidade antes da intervenção, com poucos prejuízos a esta categoria.

Em última comparação, é possível observar que os benefícios incidentes nas regiões Sudoeste e Oeste da Cidade coincidem, espacialmente, com grandes concentrações de domicílios que são categorizados como baixa renda. O mesmo ocorre na região Sul da Cidade, porém, em menor grau, visto que ali encontram-se maiores vazios urbanos. Em contrapartida, as zonas mais prejudicadas, por se concentrarem na proximidade das mais beneficiadas, também estão presentes em regiões de grande concentração da parcela da população considerada, mas em menor quantidade. Assim, percebe-se, também, que as melhorias operacionais, além de incidirem sobre zonas que possuíam níveis mais baixos de acessibilidade, também incidem sobre regiões que possuem grande quantidade de domicílios, o que pode ser observado a partir da distribuição não-espacial dos impactos da intervenção analisada, como é ilustrado a partir da Figura 21.

Figura 21: Distribuição não-espacial dos benefícios das melhorias operacionais.

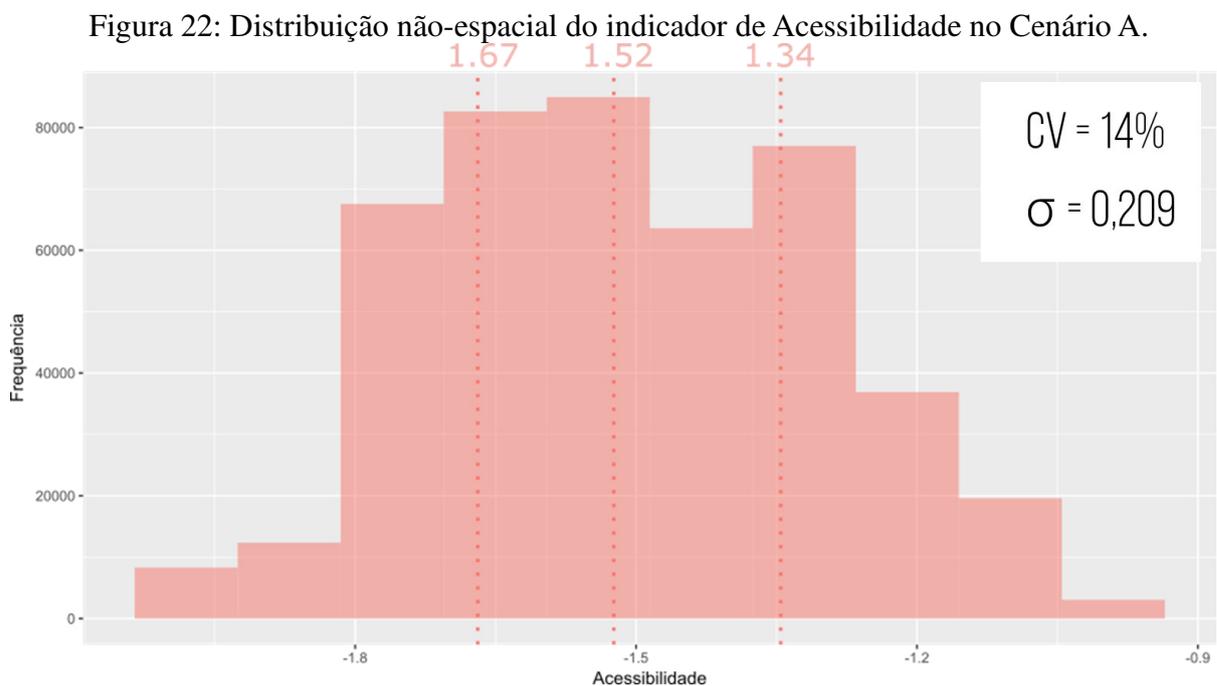


Fonte: Elaborado pelo autor.

A distribuição não-espacial dos benefícios corrobora com o que fora concluído a partir da análise de incidência dos impactos sobre a população, demonstrando que a maior parte dos domicílios de baixa renda na Cidade fora beneficiado (84,8% dos domicílios), havendo também heterogeneidade dentro deste subgrupo. Também é possível observar que as zonas mais prejudicadas encontram-se em número consideravelmente inferior em relação às que foram mais beneficiadas, porém com valores de impacto dentro da mesma ordem de grandeza.

## 5.2. Avaliação das Condições de Acessibilidade no Cenário A

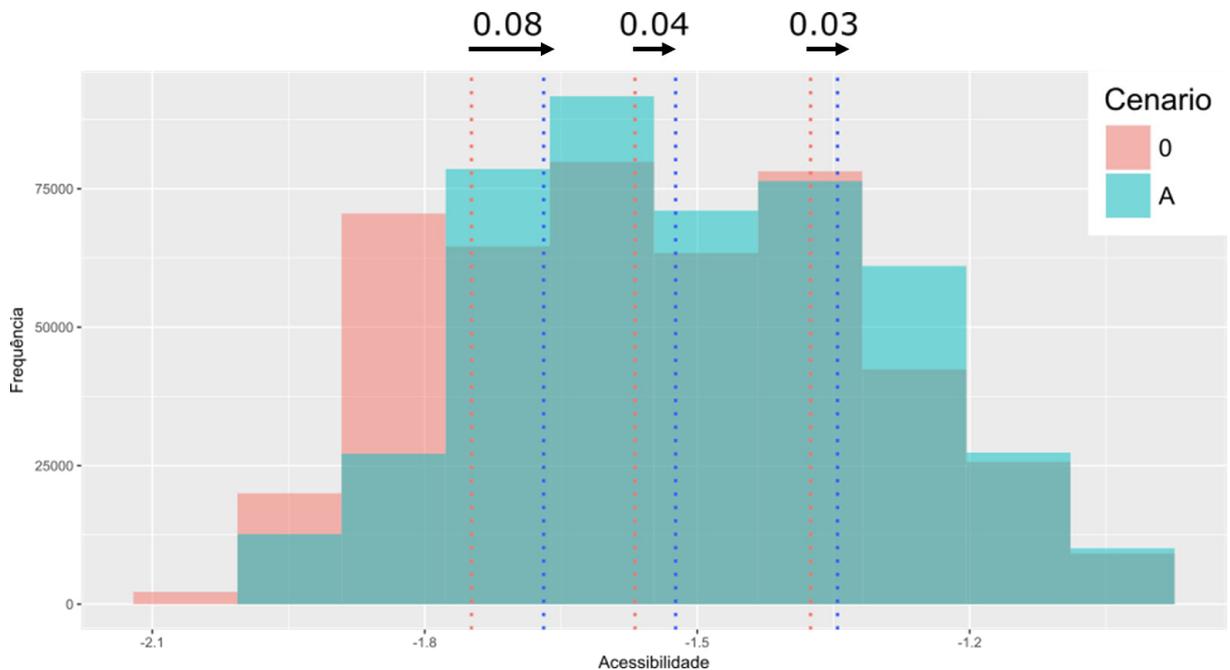
A análise da distribuição não-espacial do indicador de acessibilidade no Cenário A, ilustrado na Figura 22, permite observar que o acesso às atividades neste grupo da população tornou-se mais homogêneo, o que é refletido em reduções das medidas de dispersão consideradas. Também é possível notar que o indicador ainda distribui-se de forma simétrica, não havendo concentração de níveis extremos de acessibilidade aos postos de trabalho dentro da parcela de baixa renda da população.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Através da comparação das distribuições não-espaciais do indicador de acessibilidade, ilustrado na Figura 23, é possível identificar que a medida de tendência central do Cenário após a intervenção é maior que no Cenário anterior, de tal forma a ser possível concluir que, de forma global, houve melhoria. O maior avanço, porém, refere-se ao valor do quartil de mais baixa acessibilidade, sendo quase duas vezes maior que o avanço da mediana e quase três vezes maior que o valor do quartil de maior acessibilidade, o que corrobora os resultados análises anteriores, que apontam que a intervenção trouxe benefícios, principalmente, para os indivíduos que possuíam menores níveis de acesso às atividades. Esta conclusão também é corroborada a partir da análise da mudança de forma do histograma, onde a cauda esquerda possui a maior mudança em relação a todo o resto, aproximando-se dos valores médios da população.

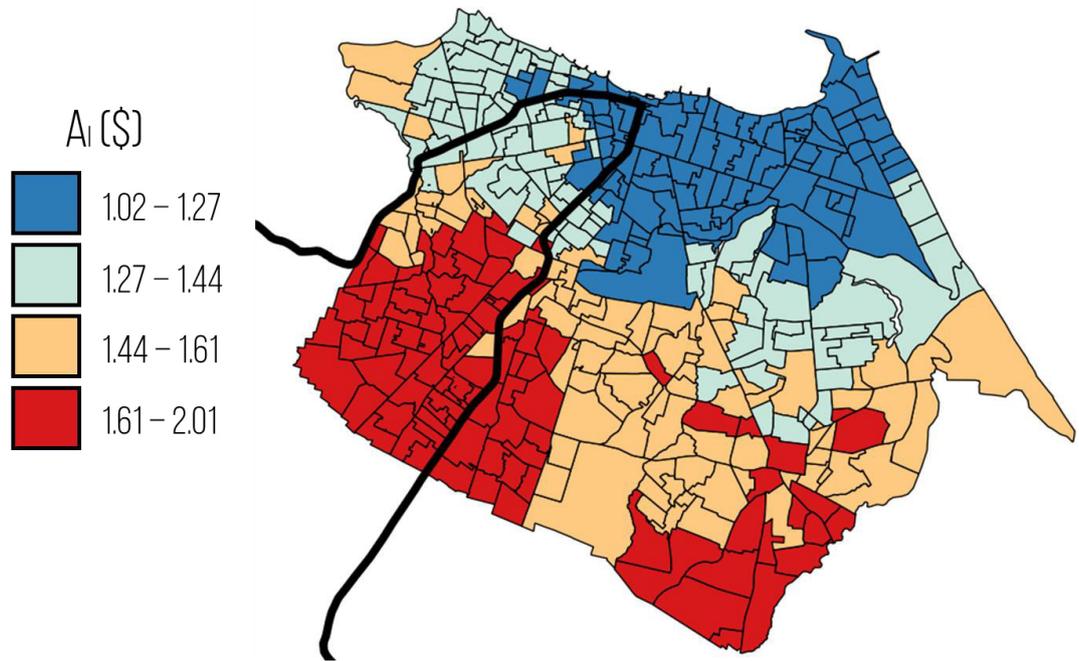
Figura 23: Comparação entre as distribuições não-espaciais da acessibilidade entre o Cenário A e a Situação Atual.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao se analisar a distribuição espacial da acessibilidade no Cenário A, ilustrado na Figura 24, é possível ver que o padrão geral se manteve em relação à Situação Atual: as regiões periféricas a Sudoeste e Sul da Cidade ainda possuem níveis homogeneamente baixos de acesso aos postos de trabalho por parte da população de baixa renda, enquanto os níveis mais altos do indicador concentram-se na mesma região, próxima ao centro dos empregos. A manutenção deste padrão se deve, principalmente, ao fato de que a maioria das regiões é beneficiada, mesmo que em pequeno grau, de tal forma que os valores absolutos todos se transladam, com pouca alteração nos níveis relativos.

Figura 24: Distribuição Espacial do Indicador de Acessibilidade no Cenário A.



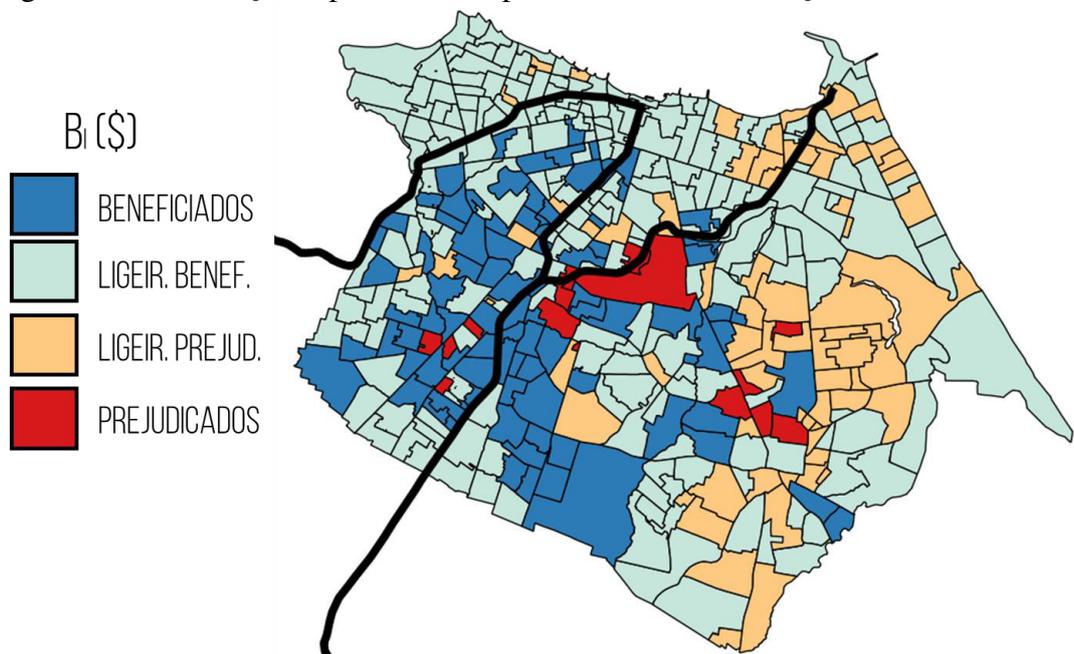
Fonte: Elaborado pelo autor.

## 6. AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DA IMPLANTAÇÃO DO RAMAL PARANGABA-MUCURIPE (VLT)

### 6.1. Análise dos Benefícios da Intervenção

A distribuição espacial das regiões mais beneficiadas pela implantação do VLT, como pode ser observado a partir da Figura 25, revela a dispersão das zonas mais beneficiadas ao longo do lado Oeste da Cidade, assim como nas proximidades do Aeroporto e no entorno da Messejana. Na primeira região, os impactos positivos são atribuídos à possibilidade de integração entre a linha Sul e o VLT, que aproxima-se da região onde os empregos concentram-se, sendo uma alternativa mais rápida que a difusão por ônibus a partir da Estação Chico da Silva. Nas proximidades do Aeroporto, é possível levantar a hipótese causal de que o acesso direto ao VLT, não necessariamente por meio de ônibus, apresenta-se como uma hipótese fortemente competitiva, em relação aos modos anteriores. A última região, por sua vez, é mais esparsa e pode ser interpretada como a inserção do VLT, por meio do acesso direto ou pela integração com a linha Sul, reduzindo a necessidade de difusão em direção aos empregos.

Figura 25: Distribuição espacial dos Impactos atrelados à inserção do VLT.



Fonte: Elaborado pelo autor.

No que se refere às zonas ligeiramente beneficiadas, é possível perceber um padrão mais definido que na intervenção anterior, onde o lado Oeste da Cidade parece ter impactos de forma mais homogêneas que o lado Leste, que concentra a maioria das regiões ligeiramente prejudicadas. Como causa deste padrão, levanta-se a hipótese de que o lado Leste é mais afetado

pelos impactos da difusão dos passageiros VLT em direção aos empregos, visto que a sua oferta de linhas de ônibus é mais fraca.

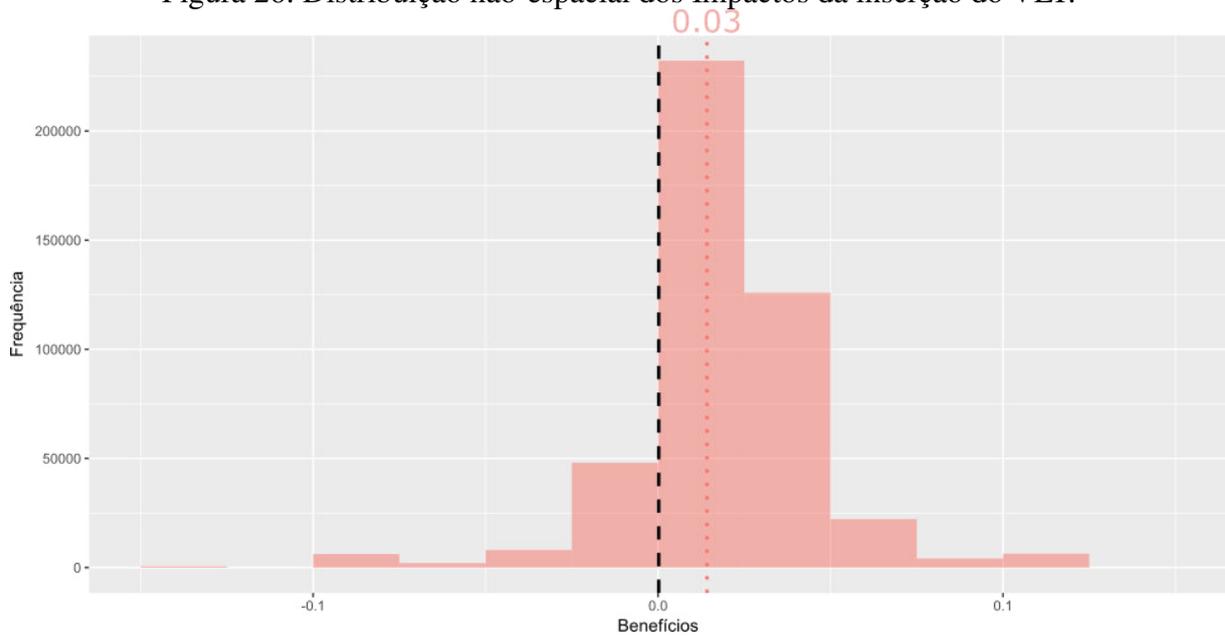
Por fim, as zonas mais prejudicadas, assim como na análise anterior, localizam-se próximas às zonas mais beneficiadas, o que também pode ser interpretado como congestionamento nas linhas de ônibus, causados pela nova movimentação de difusão ou acesso do VLT. Em complemento, interpreta-se que os indivíduos de baixa renda que habitam nas zonas localizadas próximas ao VLT e que foram fortemente prejudicados pela sua inserção não conseguem acessá-lo devido à sua lotação, de modo que ambas as opções são prejudicadas.

Analisando a incidência dos impactos na acessibilidade das zonas antes da inserção do VLT, é possível observar que os benefícios mais significativos incidem parcialmente sobre a região Sudoeste e no extremo Sul, onde o indicador apresenta níveis mais críticos. Porém, parcela considerável de sua incidência ocorre nas regiões Oeste (nas proximidades da Av. Bezerra de Menezes) e em toda a área a Sul do Aeroporto, onde os níveis de acessibilidade variam entre os dois quartis intermediários. Em sequência, as regiões ligeiramente beneficiadas, por abrangerem de forma mais homogênea o lado Oeste da Cidade, mitigam o restante da periferia a Sudoeste da Cidade. Em contrapartida, a região a extremo Sul da Cidade é levemente prejudicada pela inserção do VLT, de tal sorte a agravar seu problema de baixa acessibilidade relativa. No mesmo sentido, os maiores malefícios afetam quase que somente zonas que possuíam níveis de acessibilidade inferiores à mediana do grupo de valores, à exceção da região próxima ao Aeroporto, que encontrava-se no grupo mais alto do indicador.

Em relação ao número de impactados, observa-se que os maiores benefícios atuam, em sua maioria, sobre regiões que possuem muitos domicílios de baixa renda, como na periferia Sudoeste da Cidade e ao Sul do Aeroporto. O mesmo ocorre com os benefícios ligeiramente menores, uma vez que estes atuam majoritariamente sobre o lado Oeste da Cidade. Os impactos negativos, porém, atuam sobre regiões onde habitam bastantes famílias de baixa renda, como nas proximidades dos bairros Paupina, Ancuri, Parque Dois Irmãos e Praia do Futuro, e, em maior intensidade, na Aerolândia e Mondubim.

A distribuição não-espacial dos benefícios, ilustrada na Figura 26, corrobora o que se conclui das análises espaciais, onde é possível observar que a maioria dos usuários fora beneficiada (85,7%, totalizando cerca de 387 mil domicílios), onde também é possível observar que a maior parte dos domicílios encontra-se em situação de benefícios leves. Em relação à amplitude da distribuição, tem-se um grupo de indivíduos mais fortemente prejudicado que os indivíduos mais beneficiados.

Figura 26: Distribuição não-espacial dos Impactos da inserção do VLT.

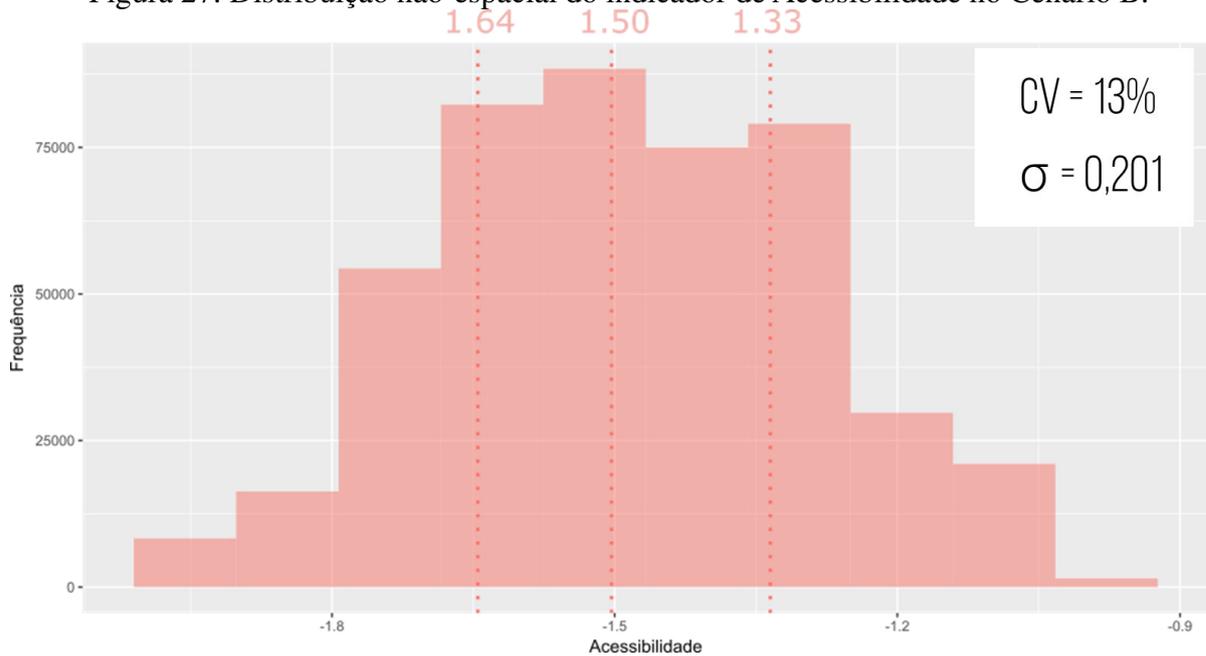


Fonte: Elaborado pelo autor.

## 6.2. Análise das Condições de Acessibilidade no Cenário B

A distribuição não-espacial do indicador de acessibilidade no Cenário B, ilustrado na Figura 27, demonstra-se ainda simétrica, de forma que não há concentração de níveis de acessibilidade em valores extremos neste cenário. Também é possível notar, a partir das suas medidas de dispersão, que a distribuição tornou-se um pouco menos dispersa, o que indica que a intervenção considerada promove, mesmo que em pouca escala, igualdade nos níveis de acesso aos postos de trabalho para esta parcela da população.

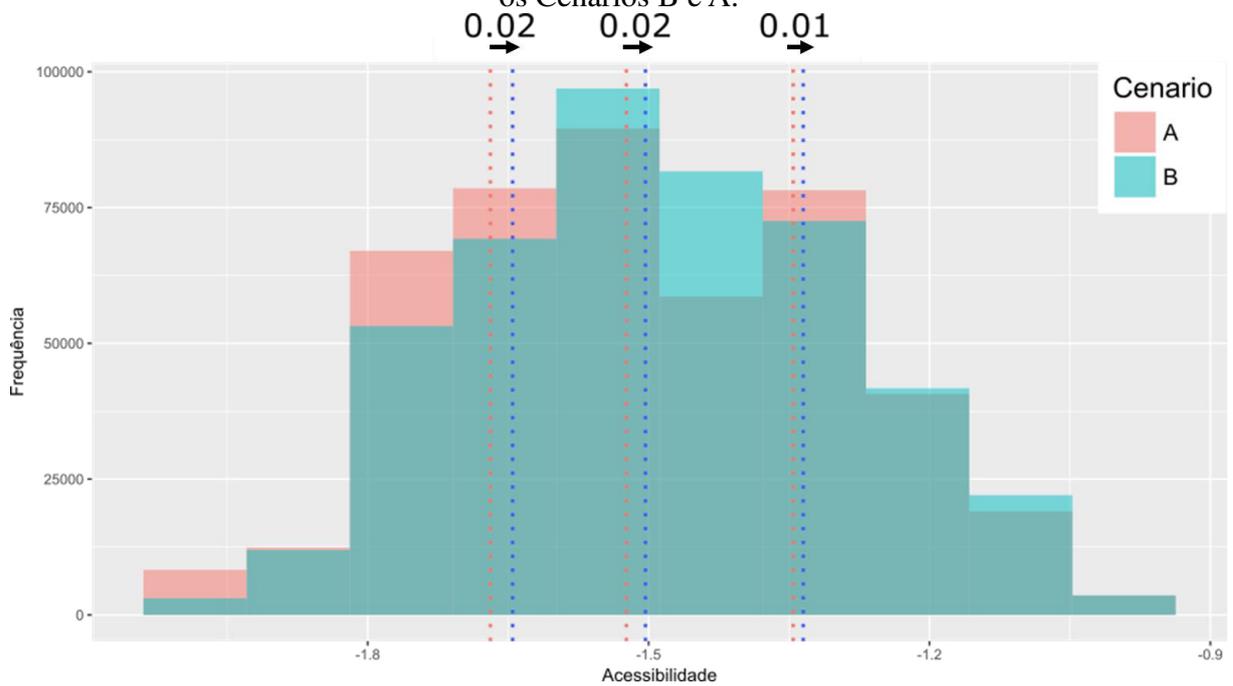
Figura 27: Distribuição não-espacial do indicador de Acessibilidade no Cenário B.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Quando comparado com a distribuição não-espacial dos níveis de acessibilidade no Cenário A, observável a partir da Figura 28, é possível identificar que novamente houve avanço da mediana, o que remete ao avanço agregado dos níveis de acessibilidade. Também de modo consistente com o cenário anterior, é possível observar o avanço diferenciado dos valores de quartis, de tal forma que o grupo da população que possui menores níveis de Acessibilidade é mais beneficiado que aquele que possui níveis relativamente mais altos. Assim, corrobora-se a conclusão de que a implantação do Ramal Parangaba-Mucuripe (ou VLT) atua de forma a reduzir desigualdades nos níveis de Acessibilidade dentro da população de baixa renda.

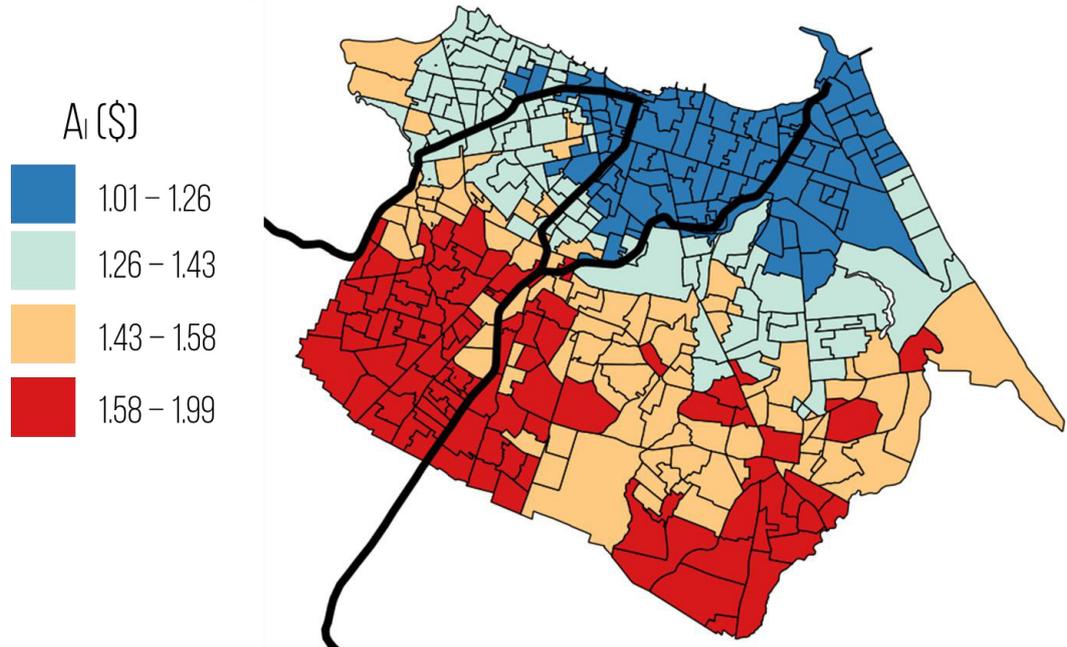
Figura 28: Comparação entre as distribuições não-espaciais dos níveis de Acessibilidade entre os Cenários B e A.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Por fim, em analisando a distribuição espacial da acessibilidade no Cenário B a partir da Figura 29, é possível ver que a distribuição nos níveis de acessibilidade, de maneira geral, não se alterou em relação ao cenário anterior, onde as concentrações dos níveis mais altos e mais baixos do indicador não mudam de posição. Novamente, atribui-se a quase homogeneidade espacial dos benefícios de menor grau como causa desta manutenção do padrão. Porém, é possível observar que houve melhoria relativa de zonas ao longo da linha Sul do Metrofor, em detrimento de algumas zonas do lado Leste, que tiveram piora. Também é possível notar que as regiões próximas ao extremo sul do VLT tiveram piora relativa, saindo do quartil de melhor acessibilidade.

Figura 29: Distribuição Espacial do indicador de Acessibilidade após a inserção do VLT.



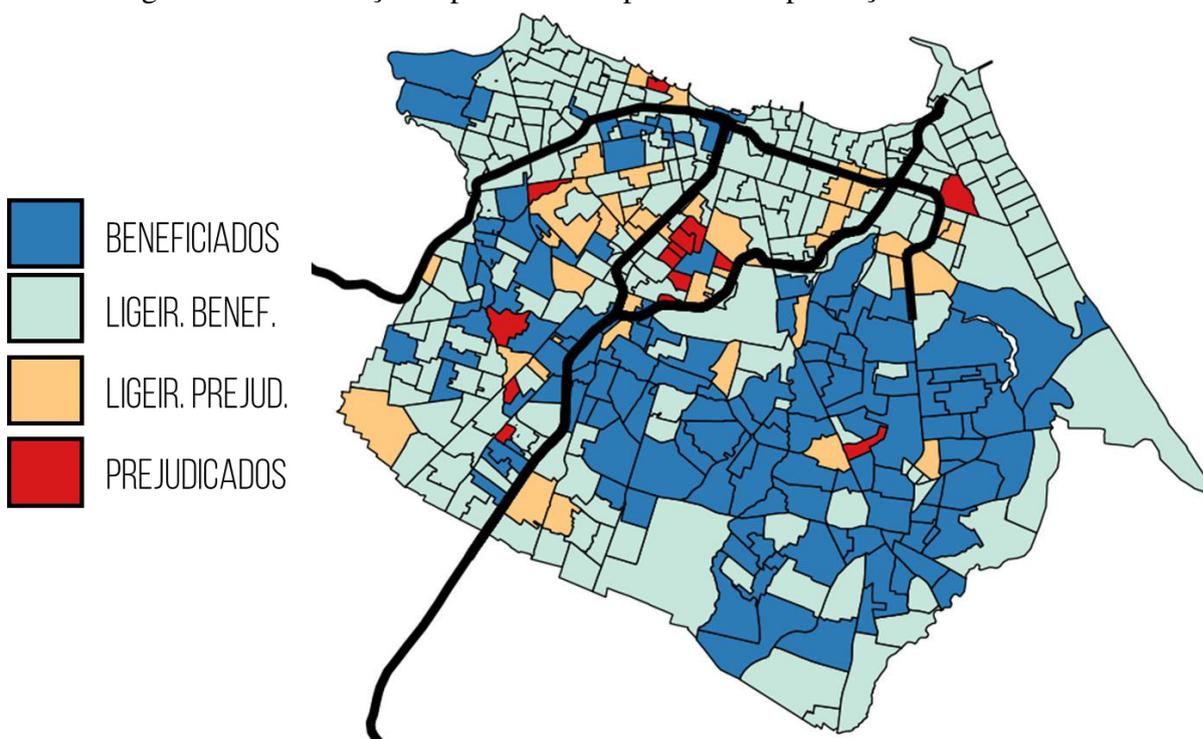
Fonte: Elaborado pelo autor.

## 7. AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DA IMPLANTAÇÃO DA LINHA LESTE

### 7.1. Análise dos Benefícios da Intervenção

A espacialização dos impactos oriundos da inserção da linha Leste no sistema de transportes de Fortaleza, como ilustrado na Figura 30, permite observar que as regiões mais beneficiadas encontram-se, em sua grande maioria, na região de periferia a Leste e a Sul da Cidade, onde a outra parcela encontra-se no entorno das Linhas Sul e Oeste. No primeiro aglomerado espacial, as melhorias são interpretadas como oriundas da utilização da nova linha para o acesso ao principal núcleo de empregos, por meio do acesso direto ou a partir da utilização de integração com o ônibus. Em relação aos maiores benefícios observados no lado Oeste da Cidade, é possível atribuí-los ao uso da linha Leste como alternativa aos ônibus no acesso aos empregos.

Figura 30: Distribuição espacial dos Impactos da implantação da Linha Leste.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os benefícios em menor grau, em consonância com as outras intervenções analisadas, são observados de maneira mais homogênea no mapa, sendo atribuídos também à redução do número de veículos motorizados individuais, principalmente próximos aos empregos, onde naturalmente ocorrem mais congestionamentos. As zonas ligeiramente prejudicadas, por sua vez, podem ser observadas em maior quantidade nas proximidades das

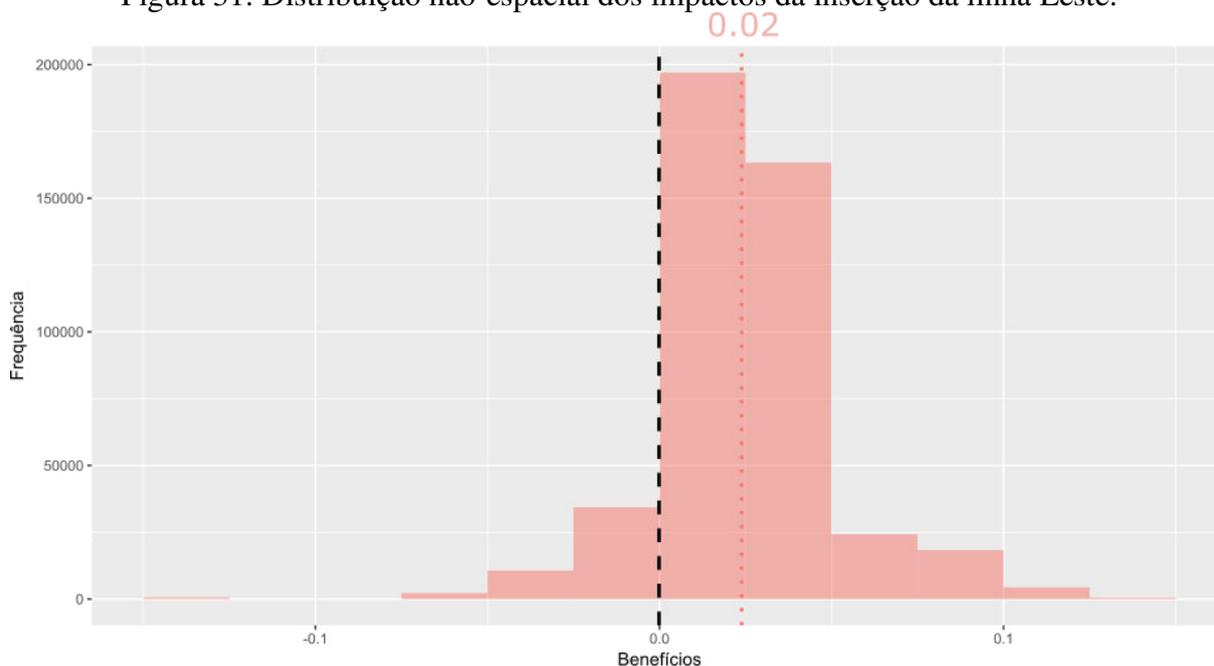
linhas do sistema metroviário e lhes é atribuído como causa o congestionamento das linhas de ônibus utilizado para o acesso e difusão, uma vez que, caso fossem ligadas ao congestionamento das vias nas proximidades dos empregos, ocorreriam de forma mais homogênea nas zonas de origem. O mesmo pode ser considerado para as zonas que possuem impactos negativos mais significativos, uma vez que mantém-se dentro do padrão observado nos outros cenários, ocorrendo sempre nas proximidades das zonas que foram mais beneficiadas.

A partir da análise da incidência dos impactos sobre a acessibilidade das zonas antes da intervenção, é possível ver que os benefícios mais significativos ocorrem, em parcela considerável, na região onde os níveis de acessibilidade são mais críticos a Sudoeste da Cidade; também ocorrem, com pouco impacto, sobre a região de mais baixa acessibilidade na região Sul; sua principal incidência se dá sobre as zonas que possuem níveis de acessibilidade intermediários, principalmente ao Sul do Aeroporto e a Leste da Cidade. Os impactos negativos, por sua vez, seguem o mesmo padrão, incidindo por poucas vezes sobre zonas que possuíam acessibilidade em níveis críticos. Desta forma, interpreta-se que os impactos atrelados à inserção da linha Leste possuem menor caráter de promoção da igualdade dos níveis de acessibilidade dentro do grupo de indivíduos de baixa renda, posto que possuem pouca participação dentro das regiões mais críticas da Cidade.

Considerando a coincidência espacial entre os impactos e o número de domicílios de cada zona, nota-se que os benefícios causados pela inserção da linha Leste concentram-se, principalmente, dentro de uma zonas que possuem muitos indivíduos de baixa renda, de tal forma a ser eficaz na mitigação desta problemática. Em contrapartida, os benefícios que ocorrem em maior grau para a população que possuía níveis inferiores de acessibilidade, por ocorrer de forma homogênea no mapa, possuindo pouca incidência de malefícios em forte intensidade.

A partir da Figura 31, é possível confirmar a eficácia observada a partir da análise da coincidência espacial entre os benefícios e os domicílios de baixa renda é corroborada a partir da análise não-espacial dos impactos, onde, apesar do valor médio dos impactos ser maior que o seu equivalente no cenário anterior, há um maior número de domicílios beneficiados (89,5%, totalizando cerca de 410 mil), os benefícios possuem uma menor dispersão, atuando de forma mais homogênea.

Figura 31: Distribuição não-espacial dos impactos da inserção da linha Leste.

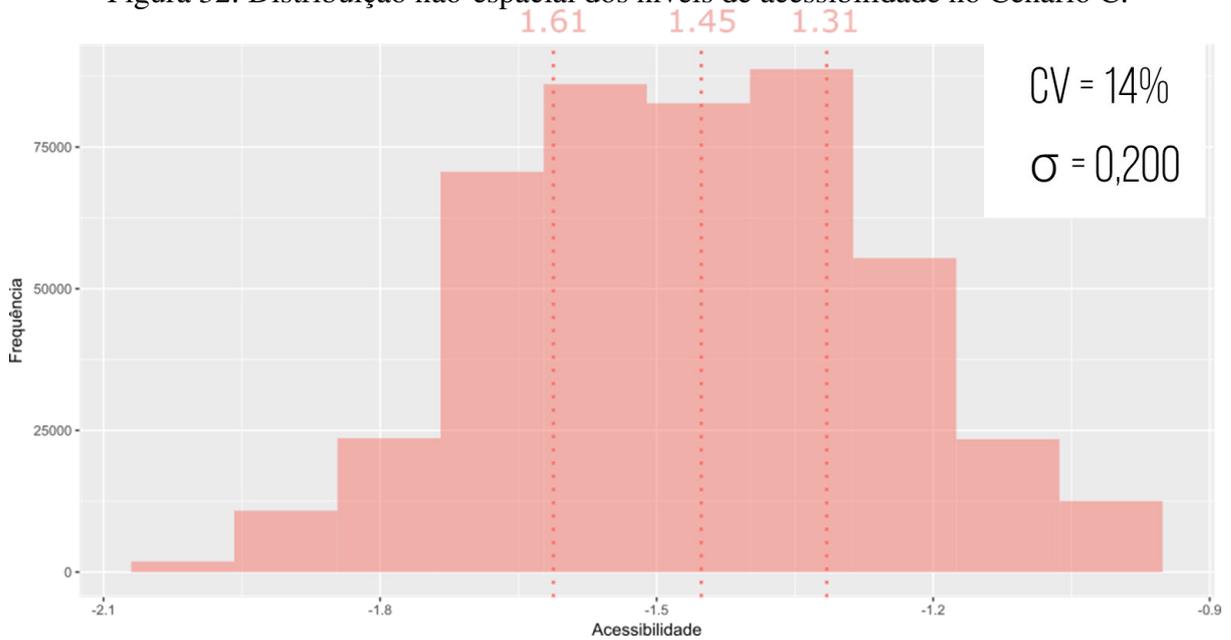


Fonte: Elaborado pelo autor.

## 7.2. Análise das Condições de Acessibilidade no Cenário C

A análise da distribuição não-espacial do indicador de acessibilidade no Cenário C, ilustrado na Figura 32, indica que não há concentração de indivíduos com níveis extremos, bons ou ruins, de acessibilidade dentro do grupo da população que é enquadrada como baixa renda. Em complemento, observa-se que os níveis de acesso às atividades continuam homogêneos dentro deste grupo, o que se reflete nas medidas de dispersão da amostra, que, em relação ao cenário anterior, demonstram ligeira redução. Assim, interpreta-se que a intervenção atua como mitigatória na desigualdade dos níveis de acessibilidade dentro deste grupo populacional.

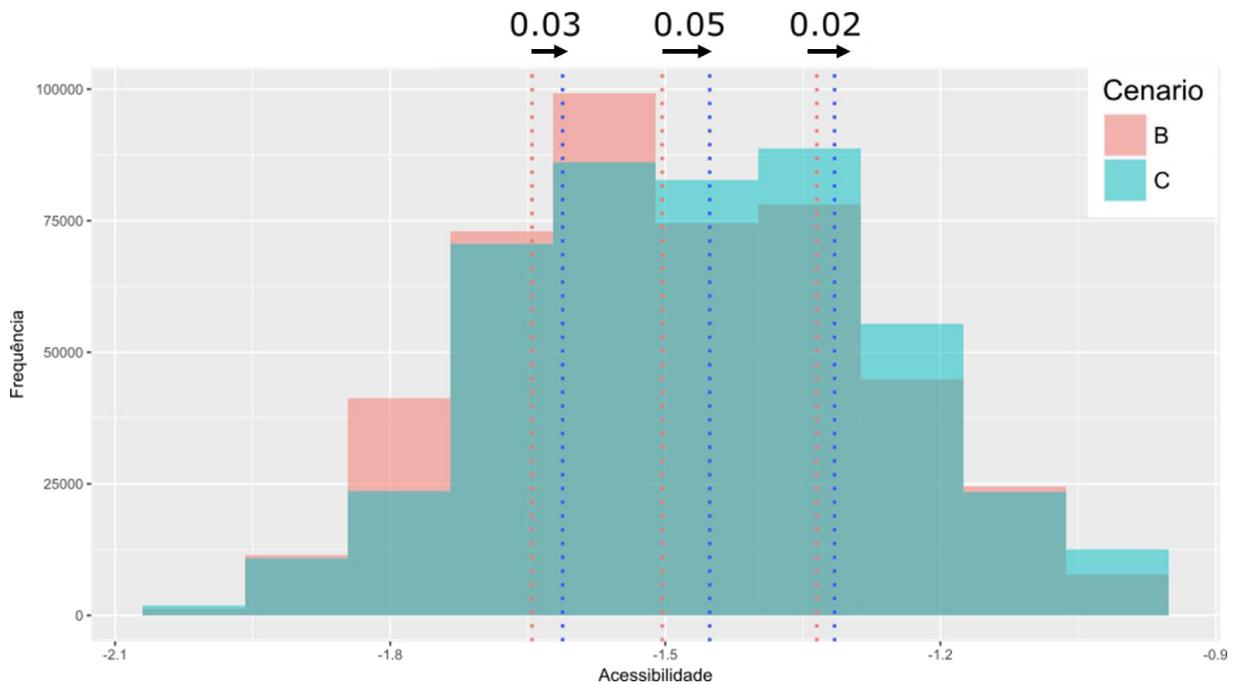
Figura 32: Distribuição não-espacial dos níveis de acessibilidade no Cenário C.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Em comparação com os níveis de acessibilidade no Cenário A considerando o aspecto não-espacial, ilustrado a partir da Figura 33, observa-se que os principais beneficiados, em relação ao cenário anterior, encontram-se mais próximos da mediana e menos na cauda. Desta forma, é possível concluir que os benefícios da intervenção, embora reduzam a desigualdade nos níveis de acessibilidade, não atuam de modo tão impactante quanto as anteriores sobre o grupo de indivíduos que encontram-se em situação mais crítica, o que confirma as hipóteses levantadas a partir da análise espacial da incidência dos benefícios. Esta interpretação pode ser corroborada também pela análise das alterações dos valores dos quartis, onde a mediana possui avanço maior que o limite referente aos quarto dos domicílios que possuem níveis de acessibilidade mais críticos.

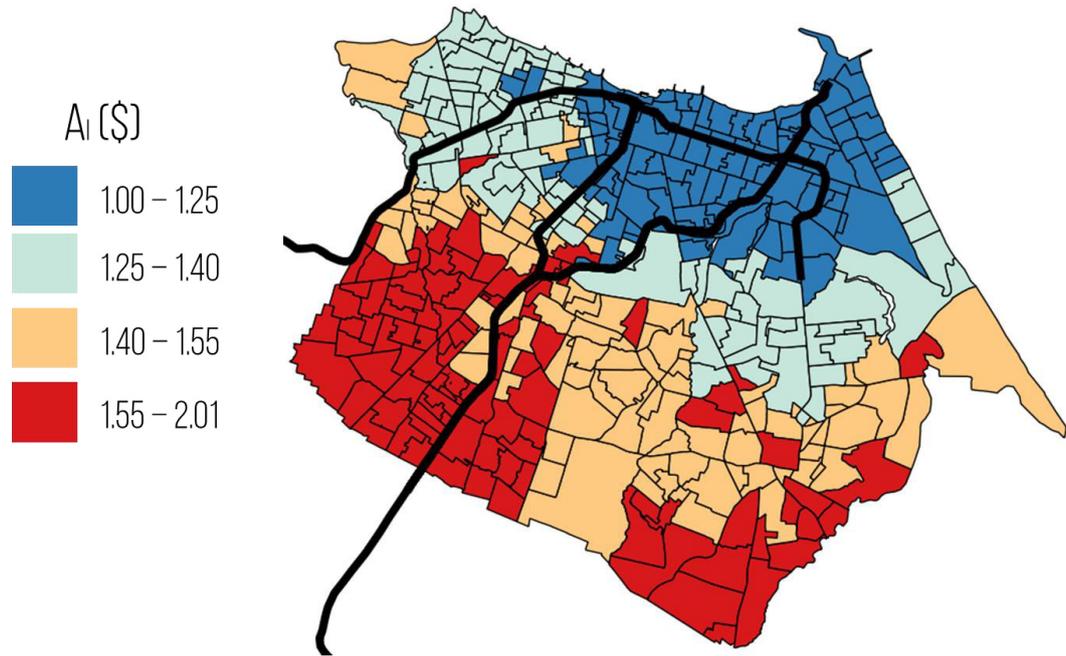
Figura 33: Comparação entre as distribuições não-espaciais do indicador de Acessibilidade entre os Cenário B e C.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O padrão de distribuição espacial da acessibilidade após a inserção da linha Leste, ilustrado na Figura 34, permite concluir que os melhores níveis do indicador continuam concentrados na região central da Cidade, com relativa expansão na direção Leste da Cidade, em detrimento de sua redução nas proximidades da linha Oeste. Também é possível observar avanço relativo dos níveis de acessibilidade no entorno do trecho da linha Leste que aproxima-se da região Sul da Cidade, nas proximidades dos bairros Cidade dos Funcionários, Messejana, Lagoa Redonda e Paupina. Em contrapartida, é possível observar que a acessibilidade da população de baixa renda aos postos de trabalho foi reduzida em algumas regiões próximas aos bairros do Parreão e Montese.

Figura 34: Distribuição Espacial do indicador de Acessibilidade após a inserção da Linha Leste.



Fonte: Elaborado pelo autor.

## 8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS

As melhorias operacionais do sistema metroviário demonstram trazer grandes benefícios à população de baixa renda em termos de acessibilidade aos postos de trabalho, pois que seus impactos positivos atuam principalmente sobre a periferia a Oeste (ao longo da linha homônima) e Sudoeste da Cidade, região de grande concentração deste grupo da população e que encontravam-se em situação crítica antes da intervenção. Esta intervenção também possui efeito mitigatório, porém em menor grau, sobre regiões localizados no Sul da Cidade, no entorno dos bairros Barroso, Ancuri e Messejana, onde também localizam-se muitos domicílios de baixa renda. Estes impactos positivos, porém, não alteram de forma significativa a distribuição espacial da acessibilidade da população de baixa renda aos postos de trabalho na Cidade, onde as regiões na periferia a Sudoeste e a extremo Sul ainda se caracterizam como homogêneas e com os piores níveis do indicador. Em contrapartida, esta intervenção causa saturação das linhas de ônibus utilizadas no acesso às estações ou na difusão, impactando negativamente algumas regiões tanto centrais (como Montese, Vila União, Itaoca, parte da Parangaba e, de modo mais icônico, nas proximidades da estação central Chico da Silva) quanto em regiões periféricas (como Granja Lisboa, Siqueira, Sabiaguaba). Todavia, a intervenção é considerada majoritariamente benéfica por si só, sendo eficaz na mitigação do problemática considerada.

Em relação à inserção do VLT (ou Ramal Parangaba-Mucuripe), percebe-se que os impactos positivos, por atuarem também sobre a periferia a Sudoeste da Cidade, possuem caráter mitigatório dos níveis homogeneamente baixos desta região, incidindo também sobre a região Sul nas proximidades dos bairros Coaçu, Cambeba e Cidade dos Funcionários, assim como sobre regiões cujos níveis de acessibilidade da população de baixa renda aos postos de trabalho encontravam-se ligeiramente inferiores à média. Como impactos negativos, percebe-se que a maioria incide sobre a região Leste, indicando impactos sobretudo sobre as linhas de ônibus utilizadas como acesso ao principal núcleo por meio de integração. Porém, é possível também observar impactos negativos nas proximidades dos bairros Aldeota e Meireles, causados pela saturação das linhas utilizadas agora como difusão a partir das estações do VLT. Deste modo, é possível caracterizar a expansão física por meio da inserção do Ramal Parangaba-Mucuripe como uma intervenção benéfica, mas com impactos positivos de menor intensidade que aqueles observados após as melhorias operacionais.

Finalmente, no que se refere à expansão física da rede do Metrofor por meio da adição da linha Leste, observa-se que os benefícios mais intensos atuam de modo homogêneo no lado Leste da Cidade, abrangendo desde o bairro do Passaré até o Edson Queiroz,

contemplando áreas importantes como o Ancuri, a Messejana, o Barroso e parte do Jangurussu, visto que os domicílios de Baixa Renda desta região possuem, em sua maioria, níveis relativamente baixos de Acessibilidade aos Postos de Trabalho. Também é possível observar benefícios intensos, porém mais esparsos, na região Oeste da Cidade, nas proximidades das linhas Sul e Oeste do Metrô e nas proximidades do bairro Vila Velha, atribuídos principalmente à utilização da linha Leste como meio de acesso aos núcleos de emprego, em competição direta com os ônibus. Observa-se, também, que as regiões próximas ao núcleo de empregos da Cidade não são fortemente beneficiadas, posto que as suas opções anteriores de transporte utilizando o modo público e individual já eram satisfatórias, tendo seus benefícios baseados na redução do número de veículos motorizados, descongestionando as vias. Em relação à interação com as linhas de ônibus, observa-se problemas ligados especialmente ao acesso às estações do Metrofor, uma vez que a linha Leste atrai parte a demanda por difusão em direção ao núcleo de empregos. Interpreta-se, portanto, que a inserção da linha Leste (dentro do Sistema que já possuía as melhorias operacionais e o VLT) contribui de maneira majoritariamente positiva, especialmente para o grupo da população de baixa renda que possui níveis de acessibilidade ao trabalho ligeiramente inferiores à média. Porém, é possível observar também benefícios significativos para o grupo de domicílios de baixa renda que possuía níveis mais baixos do indicador, de forma que esta intervenção atue como mitigatório da problemática, melhorando o acesso aos postos de trabalho.

Em complemento, ressalta-se que esta análise embasa-se em três principais premissas: a de que, ao longo da implantação do Metrofor, a distribuição espacial da população de baixa renda e dos postos de trabalho não se altera significativamente, que é fragilizada caso o processo de concretização da intervenção se prolongue o suficiente para que as interações dentro do meio urbano produzam novos padrões espaciais; como consequência da primeira, têm-se a hipótese de que a demanda por deslocamentos, representada no formato de uma matriz de origens e destinos, mantém-se aproximadamente constante durante a implantação do Metrofor; e, por fim, a premissa de que as etapas de implantação ocorrerão de acordo com a sequência inicialmente proposta, uma vez que a análise retratada neste trabalho se dá de maneira incremental.

Visando embasar as recomendações técnicas, observa-se que todas as etapas de implantação do Metrofor atuam de forma a mitigar o problemática da acessibilidade da população de baixa renda, promovendo aumento global nos níveis do indicador e reduzindo as desigualdades dentro deste grupo da população. Em contrapartida, percebe-se que, em todas as etapas de implantação, as linhas de ônibus são saturadas principalmente na sua utilização como

acesso às estações do Metrofor, atuando como principal fonte de impactos negativos em zonas periféricas. Como principal fonte de redução na acessibilidade nas zonas centrais, percebe-se que a saturação das linhas de ônibus como forma de difusão a partir das estações do Metrofor, mas que são mitigadas a partir da instalação da linha Leste. Desta forma, recomenda-se que, junto a implantação do sistema metroviário, sejam readequadas as linhas de ônibus principalmente da periferia, de forma que os benefícios da implantação do Metrofor nesta região sejam potencializados, assim como a redução de impactos negativos. Também devem ser ajustadas as linhas de ônibus na região central, aumentando o potencial de difusão a partir das estações do sistema metroviário e reduzindo os impactos da saturação das mesmas sobre os habitantes destas regiões.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, B. R. **Compreensão da Problemática da Periferização por Segregação Involuntária no Planejamento da Acessibilidade e Mobilidade em Fortaleza.** Universidade Federal do Ceará, 2016.

BERTOLINI, L.; CLERCQ, F. Le; STRAATEMEIER, T. Urban transportation planning in transition. **Transport policy**, 2008. v. 15, n. 2, p. 69–72.

BRÖMMELSTROET, M. Te; BERTOLINI, L. The role of transport- related models in urban planning practice. **Transport reviews**, 2011. v. 31, n. 2, p. 139–143.

CORRÊA. R. L. (1989) **O espaço urbano.** São Paulo: Ática.

DE RUS, G., BETANCOR, O., Y CAMPOS, J. (2006), **Manual de evaluación económica de proyectos de transporte.** Banco Interamericano de Desarrollo. Washington D.C. [http://www.iadb.org/sds/publication/publication\\_4536\\_s.htm](http://www.iadb.org/sds/publication/publication_4536_s.htm).

FOTHERINGHAM A. S.; BRUNSDON C.; CHARLTON, M. (2002). **Geographically Weighted Regression: The Analysis of Spatially Varying Relationships.** Londres: Wiley

GARCIA, C. S. H. F. **Strategic Assessment of Accessibility on Urban Mobility Networks.** Universidade de Lisboa, Instituto Superior Técnico, 2016.

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

HENRIQUE, C. S. **Diagnóstico Espacial da Mobilidade e da Acessibilidade dos Usuários do Sistema Integrado de Transporte de Fortaleza.** Universidade Federal do Ceará, 2004.

LOPES, A. S. **Transportes, uso do solo e atividades - modelagem conceitual para o planejamento da acessibilidade urbana.** Universidade Federal do Ceará, 2015.

MACÁRIO, R. (2012). **Access as a social good and as an economic good: is there a need of paradigm shift?**

MENEZES, E. D. A. G. **Metodologia para Avaliação Estratégica da Problemática da Acessibilidade Urbana sob o Princípio da Equidade.** Universidade Federal do Ceará, 2015.