



UNIVERSIDADE D  
**COIMBRA**

Cláudia Maria Guedes Alcoforado

**ANÁLISE TERRITORIAL DA OFERTA DE  
TRANSPORTES PÚBLICOS**  
ESTUDO SOBRE A CIDADE DO RECIFE

Tese no âmbito do Doutoramento no Programa Doutoral em Planeamento do Território, orientada pela Senhora Professora Anabela Salgueiro Narciso Ribeiro e apresentada ao Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

dezembro de 2020



Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

# Análise Territorial da Oferta de Transportes Públicos

Estudo sobre a cidade do Recife

Cláudia Maria Guedes Alcoforado

Tese no âmbito do Doutoramento no Programa Doutoral em Planeamento do Território, orientada pela Senhora Professora Anabela Salgueiro Narciso Ribeiro e apresentada ao Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Dezembro de 2020



UNIVERSIDADE D  
COIMBRA

## Dedicatória

---

Aos meus pais, Ayrton e Maria de Lourdes, por me tornarem a pessoa que sou, por me fazerem perseguir meus objetivos por mais árduos que sejam, por acreditarem em mim durante toda a minha vida até mesmo quando nem eu própria acreditei, por me amarem sempre e por me aconchegarem em seus braços quaisquer que sejam os momentos bons ou ruins. Agradeço por me incentivarem a fazer este doutoramento e cuidarem para que eu pudesse pagar todos os seus custos. Agradeço por toda uma vida de dedicação a mim, aos meus irmãos e aos nossos filhos. Muito obrigada, meu pai e minha mãe.

À minha filha muito querida e amada, Roberta Maria. Por me fazer uma pessoa mais forte, quase invencível. Por me fazer feliz quando lhe abraço. Por me dar dias e noites de serenidade por saber de sua presença. Por me incentivar sempre em todas as minhas ideias de crescimento pessoal e profissional, por mais que sejam em lugares longínquos. Por estar sempre por perto. Agradeço, minha filha querida, por poder usar nesta tese, as horas que de direito seriam suas. Muito obrigada, Roberta, meu amor.



UNIVERSIDADE D  
COIMBRA

## Agradecimentos

---

Tendo terminado de escrever a minha tese de doutoramento, quero agradecer a todos que tornaram possível a sua realização.

Em primeiro agradeço a Deus, que na sua misericórdia e bondade, me deu forças e coragem para realizar esta tese em condições adversas e inesperadas.

Agradeço à minha orientadora científica Professora Doutora Anabela Salgueiro Narciso Ribeiro, pela forma como sempre me tratou e motivou no estudo de um tema novo e que nos últimos anos vem ganhando destaque nos estudos do planeamento dos transportes e do planeamento do território, além das ciências sociais aplicadas. Agradeço-lhe o permanente incentivo para que buscasse novas técnicas e investigasse tudo com muito rigor. Este incentivo me permitiu encontrar os resultados que esperava e sempre me manteve num rendimento que fosse possível a conclusão de meu trabalho no tempo devido. Meus mais sinceros agradecimentos pela valiosa ajuda, dedicação e segura orientação, demonstrados ao longo de todo o desenvolvimento desta tese de doutoramento.

Agradeço ao Professor Doutor António Pais Antunes, pela cordial receção de boas vindas no início do doutoramento, quando da minha chegada à Universidade de Coimbra, como também pela sua atenção nas demandas enquanto coordenador do programa Doutoral em Planeamento do Território.

Agradeço particularmente ao meu genro, engenheiro e cientista Igor Chiasso Marques. Foram as suas sugestões, incentivos, ajuda e comentários quanto ao estudo que eu estava a desenvolver que possibilitaram um crescimento substancial no trabalho que desenvolvi.

Agradeço ao Professor José Roberto de Souza Cavalcanti, diretor da Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco, na qual sou docente há mais de trinta anos, pelo incentivo e apoio para a minha liberação para realizar este doutoramento em Portugal.

Agradeço também à minha amiga e colega de magistério na Universidade de Pernambuco, Professora Maria da Conceição Justino de Andrade, pelo apoio e incentivo para que eu realizasse o doutoramento em Coimbra. Também agradeço ao meu colega Professor Paulo Carvalho, da Universidade de Pernambuco, pela ajuda em conseguir informações e dados do município do Recife, RMR e do Estado de Pernambuco, através da FIDEM.

Agradeço ao Grande Recife Consórcio de Transporte pelos dados estruturais recebidos pertinentes às linhas de autocarros do Recife, como também agradeço à CBTU-Metrorec por informações relativas ao metropolitano.

Por fim, agradeço aos meus irmãos, Ayrton Júnior, Ricarda, Sérgio e Maria de Lourdes, pois sempre contamos uns com os outros, de uma forma incondicional. Estando perto ou longe, chegamos de repente para nos ajudarmos, esta foi uma fórmula infalível e perseverante de amor que recebemos de nossos pais. Eu sei que estavam torcendo muito pela conclusão desta tese. Agradeço também aos meus queridos Maria Eduarda, Maria Cláudia e Ayrton Neto, meus sobrinhos amados que sempre têm um pensamento doce sobre mim. Não poderia esquecer meus cães: Shaikinha e Maria Helena, amores que já partiram, mas deixaram na minha alma exemplos de resiliência e amor incondicional. E também agradeço à existência de minha pequena Aurora, por acordar todo dia com os melhores pensamentos de felicidade e me olhar como se o mundo fosse só alegria.

## Resumo

---

Esta tese tem como objetivo primordial a identificação das falhas territoriais na provisão de transporte público em territórios de grandes desigualdades sociais e de transportes, especialmente países da América Latina. A cidade do estudo de caso desta investigação é a cidade do Recife. O município está localizado na parte nordeste do Brasil, região que possui os valores mais baixos em alguns dos indicadores socioeconómicos do país. A densidade populacional do Recife é de 7.039,64 habitantes / km<sup>2</sup> e apenas 49,6% dos domicílios urbanos em vias públicas têm uma urbanização adequada, incluindo infraestruturas essenciais (IBGE, 2010). Seguindo a tendência das cidades latino-americanas, a população vulnerável vive nas periferias, dependendo dos transportes públicos para aceder ao centro. Os desequilíbrios entre oferta e procura dos transportes públicos e as lacunas geradas por eles, contribuem para acentuar as desigualdades sociais.

Desta forma, esta tese de doutoramento procurou desenvolver uma metodologia a partir de uma revisão da literatura. Procurou-se que esta revisão da literatura fosse relevante nesta matéria e que permita desenvolver uma metodologia de identificação das falhas territoriais no serviço de transportes públicos para cidades com aquelas características, principalmente em relação às pessoas em desvantagem social. Assim, procurou-se criar inovação a partir do método *need-gaps* de Currie (2010). Outras técnicas foram utilizadas na adaptação do novo método, como as de Chen et al (2018), Jaramillo et al (2012), Saghapour et al (2016) e Delbosc e Currie (2011). A metodologia compreendeu em primeiro lugar o cálculo de uma medida da oferta e de uma medida da procura a nível de bairros no território. O confronto entre estas medidas tem como resultados as falhas territoriais da oferta diante das necessidades sociais do utente do transporte público (*need-gaps*). Foi utilizado o ArcGIS 10.6 no desenvolvimento e aplicação da metodologia.

A medida da oferta é construída a partir da utilização das linhas (e respetivas rotas) de transportes públicos disponíveis. São criadas áreas de serviço das paragens ou estações de cada rota (PSAs – *polygonal service areas*) de cada modo de transporte público através do GIS, a partir da rede viária da localidade de estudo. Cada rota específica tem um conjunto de áreas de serviço que compõem o *buffer* desta rota, ou seja, a população alcançada pela mesma dentro de um trajeto facilmente realizável a pé. São feitos ajustes na medida da oferta com a inserção da frequência de cada rota, e também do fator capacidade relativo aos veículos que operam na rota.

A medida da procura é calculada através da soma ponderada de indicadores propostos que refletem as diversidades socioeconómicas da identidade da cidade e de sua população, caracterizando o problema da interação entre a desvantagem em transporte e a desvantagem social.

Posteriormente e após normalização, a oferta é subtraída pela procura, procurando identificar várias classes da relação entre as duas com uma variável que se designa por *need-gaps*.

Um indicador de nível de serviço é desenvolvido paralelamente, sendo proveniente da adaptação da medida da oferta desenvolvida através da inclusão de um fator populacional.

Procede-se também a uma adaptação do índice de oferta de transportes públicos para a avaliação do serviço entre um equipamento e os bairros da cidade.

Por fim, procura-se também a avaliação da questão das desigualdades identificadas no território com recurso ao método combinado que integra as curvas de Lorenz e o coeficiente de Gini para uma análise no contexto global da cidade. Desta forma, agregando todos os bairros do território e identificando e analisando as discrepâncias entre a oferta e a procura.

A metodologia desenvolvida na tese é validada com a aplicação da mesma ao estudo de caso.

Alguns resultados são mostrados a seguir, obtidos através da metodologia proposta:

Meio milhão de recifenses (34% da população) dispõem de oferta de transporte público *abaixo da média*, mas primordialmente num nível que varia entre *baixo* e  *muito baixo*. A desvantagem social desta parte da população, de acordo com o índice da procura, é *acima da média* variando até um nível *muito alto*. Assim, a classe *need-gaps* encontrada para o grupo citado é a de *alta deficiência*. Estas *need-gaps* estão localizadas principalmente em bairros da periferia da cidade. Há casos em que as *need-gaps* estão na classe *oferta alta*. São 21 bairros que abrigam apenas 10,6% da população da cidade. Eles estão inseridos na classe da procura *baixo* e  *muito baixo*, isto é, possuem baixa desvantagem social. A localização destes bairros é no entorno da área central da cidade, onde os bairros têm *need-gaps* baixas pois estão na categoria de *oferta excessiva*.

O indicador de nível de serviço, por sua vez, mostra a proximidade das pessoas aos transportes públicos de uma forma alternativa. Neste caso, são 12 bairros (7% da população) que garantem que os transportes públicos estão mais perto para seu acesso. Os níveis de serviço variam entre *acima da média* e  *muito alto*. Estes bairros ficam também na área central da cidade, onde a oferta tende a ser melhor, conforme se explicou acima. Em contrapartida, um total de 72 bairros (84% da população) têm uma classificação que varia entre *zero oferta* até *abaixo da média*.

No entanto, a informação que permite não é tão detalhada como a fornecida pelo *need-gaps* uma vez que neste caso (das *need-gaps*) a medida da procura é mais composta.

A medida da oferta entre o equipamento e os bairros, tendo sido escolhido o Hospital da Restauração, apresentou excelente oferta nas proximidades do hospital, diminuindo a força, mas se mantendo em oferta média, para os bairros da área central, norte e noroeste. Uma pequena parcela dos bairros do sul ainda são beneficiados com oferta na categoria média. As demais partes da cidade dispõem de oferta muito baixa. Neste mesmo contexto foram os resultados do indicador de acessibilidade entre o Hospital da Restauração e os bairros, oferta muito alta nos bairros do entorno do hospital e na área central do Recife. No entanto, a tendência à dispersão da oferta é muito grande para os bairros que vão se distanciando do centro e do hospital.

As distribuições territoriais dos resultados obtidos quer para as *need-gaps* quer para o indicador do nível de serviço dos bairros foram ainda analisadas através de uma análise territorial com recurso ao programa Geoda, constatando-se que a distribuição territorial revela alguns *clusters* e *outliers* com significância estatística, seguindo as mesmas tendências anteriormente detetadas quando do cálculo dos dois indicadores.

Tendo alcançado todos os objetivos enunciados com esta tese, a metodologia proposta para cidades latino-americanas ou com alto grau de desigualdade, poderá contribuir para as tomadas de decisão no planeamento dos transportes conectadas ao planeamento do seu território. A metodologia desta tese poderá ser usada noutras cidades brasileiras e da América Latina e noutras cidades do mundo, com a necessária adaptação.

## Abstract

---

This thesis has as its primary objective the identification of territorial failures in the provision of public transport in territories with great social and transport inequalities, especially Latin American countries. The study case of this investigation is the city of Recife. The municipality is located in the northeastern part of Brazil, a region that has the lowest values in some of the country's socioeconomic indicators. Recife's population density is 7,039.64 inhabitants / km<sup>2</sup> and only 49.6% of urban households on public roads have adequate urbanization, including essential infrastructure (IBGE, 2010). Following the trend in Latin American cities, the vulnerable population lives on the outskirts, depending on public transport to access the center. Imbalances between supply and demand for public transport and the gaps generated by them contribute to accentuate social inequalities.

Thus, this doctoral thesis sought to develop a methodology based on a literature review that was relevant in this subject and that made it possible to develop a methodology for identifying territorial failures in the public transport service for cities with those characteristics, especially in relation to people at a social disadvantage. In this way, it was created innovation based on Currie's (2010) need-gaps method. Other techniques were used to adapt the new method, such as those by Chen et al (2018), Jaramillo et al (2012), Saghapour et al (2016) and Delbosc and Currie (2011).

The methodology consists of the calculation of a measure of supply and a measure of demand at the level of neighborhoods in the territory. The confrontation between these measures results in territorial failures of the offer in view of the social needs of the public transport user (need gaps). ArcGIS 10.6 was used in the development and application of the methodology.

The measure of supply is built from the use of the lines (and respective routes) of public transport available. Service areas were created for the stops or stations on each route (PSAs – polygonal service areas) for each mode of public transport through the GIS, considering the road network of the study location. Each specific route has a set of service areas that make up the buffer for this route, that is, the population reached by it within a path that can easily be done on foot. Adjustments are made in the measure of the offer with the insertion of the frequency of each route, as well as the capacity factor related to the vehicles operating on the route.

The measure of demand is calculated through the weighted sum of proposed indicators that reflect the socio-economic diversity of the city's identity and its population, characterizing the problem of the interaction between transport disadvantage and social disadvantage.

Subsequently and after normalization, supply is subtracted from demand, seeking to identify various classes of the relation between the two with a variable that is called *need-gaps*.

A service level indicator is developed in parallel, coming from the adaptation of the measure of the offer developed through the inclusion of a population factor.

The public transport offer index was also adapted to evaluate the service between a equipment and the city's neighborhoods.

Finally, an attempt was also made to assess the issue of inequalities identified in the territory using the combined method that integrates the Lorenz curves and the Gini coefficient for an analysis in the global context of the city. In this way, aggregating all the neighborhoods in the territory and identifying and analyzing the discrepancies between supply and demand.

The methodology developed in the thesis is validated by applying it to the study case.

Some results are shown below, obtained with the application of the proposed methodology:

Half a million Recife residents (34% of the population) have below average public transport, but primarily at a level ranging from low to very low. The social disadvantage of this part of the population, according to the demand index, is above average, varying to a very high level. Thus, the need-gaps class found for the mentioned group is that of high deficiency. These need-gaps are mainly located in neighborhoods on the outskirts of the city.

There are cases where need-gaps are in the high offer class. There are 21 neighborhoods that house only 10.6% of the city's population. They are in the low and very low demand class, that is, they have low social disadvantage. The location of these neighborhoods is around the central area of the city, where neighborhoods have low need-gaps as they are in the category of over-supply.

The service level indicator, in turn, shows the proximity of people to public transport in an alternative way. In this case, there are 12 neighborhoods (7% of the population) that guarantee that public transport is closer for your access. Service levels range from above average to very high. These neighborhoods are also located in the central area of the city, where the offer tends to be better, as explained above. In contrast, a total of 72 neighborhoods (84% of the population) have a rating ranging from zero to below average.

However, the information it allows is not as detailed as that provided by the need-gaps since in this case (of the need-gaps) the measure of demand is more composed.

The measure of supply between the equipment and the neighborhoods, in this case having been chosen the Hospital da Restauração, showed an excellent supply in the vicinity of the hospital, decreasing the strength, but remaining in average supply, for the neighborhoods of the central area, north and northwest. A small portion of the neighborhoods in the south still benefit from an offer in the middle category. The rest of the city has a very low supply. In this same context were the results of the accessibility indicator between Hospital da Restauração and the neighborhoods, a very high offer in the neighborhoods surrounding the hospital and in the central area of Recife. However, the tendency for supply to be dispersed is very great for neighborhoods that are moving away from the center and the hospital.

The territorial distributions of the results obtained both for the need-gaps and for the service level indicator of the neighborhoods were also analyzed through a territorial analysis using the Geoda program, noting that the territorial distribution reveals some clusters and outliers with statistical significance, following the same trends previously detected when calculating the two indicators.

Having achieved all the objectives set out in this thesis, the methodology proposed for Latin American cities or cities with a high degree of inequality can contribute to decision-making in transport planning connected to the planning of their territory. The methodology of this thesis can be used in other Brazilian and Latin American cities and in other cities in the world, with adequate adaptation.

## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>19</b>
1.1	PROBLEMÁTICA E MOTIVAÇÃO	19
1.1.1	<i>A desigualdade social no acesso aos transportes públicos</i>	19
1.1.2	<i>A exclusão social e as desvantagens em transportes</i>	20
1.1.3	<i>América Latina</i>	21
1.1.4	<i>Brasil</i>	25
1.1.5	<i>Recife</i>	27
1.2	OBJETIVOS DA TESE	33
1.2.1	<i>Objetivo Principal</i>	33
1.2.2	<i>Objetivos Secundários</i>	33
1.3	ESTRUTURA DA TESE	34
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA ASSOCIADA AOS MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DE FALHAS NO TRANSPORTE PÚBLICO</b>	<b>36</b>
2.1	INTRODUÇÃO – RESUMO DOS ESTUDOS ANALISADOS	36
2.2	A MEDIDA DA OFERTA/NÍVEL DE SERVIÇO	38
2.3	A MEDIDA DAS NECESSIDADES (PROCURA) EM TRANSPORTES	57
2.4	AS FALHAS (NEED-GAPS)	62
2.5	SÍNTESE CRÍTICA DA LITERATURA E SELEÇÃO DE MÉTODOS A UTILIZAR	69
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>73</b>
3.1	INTRODUÇÃO	73
3.2	A MEDIDA DA OFERTA	76
3.3	A MEDIDA DA PROCURA	78
3.4	A ANÁLISE NEEDS-GAPS	81
3.5	INDICADOR DE NÍVEL DE SERVIÇO	81
3.6	AVALIAÇÃO DA ACESSIBILIDADE (NÍVEL DE SERVIÇO) A UM EQUIPAMENTO A PARTIR DA METODOLOGIA DESENVOLVIDA	82
3.6.1	<i>Introdução</i>	82
3.6.2	<i>Medida da Oferta entre os bairros da cidade e o equipamento</i>	83
3.6.3	<i>Indicador de acessibilidade (nível de serviço) entre os bairros e o equipamento</i>	83
3.7	SÍNTESE	84
<b>4</b>	<b>ANÁLISE DAS FALHAS DE TRANSPORTE PÚBLICO NA CIDADE DO RECIFE</b>	<b>86</b>
4.1	INTRODUÇÃO	86
4.2	ÁREA DE ESTUDO – CARACTERIZAÇÃO GERAL	86
4.3	AS REGIÕES POLÍTICO-ADMINISTRATIVAS DO RECIFE E SEUS BAIRROS	88
4.4	O SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO DE PASSAGEIROS DA RMR E DO RECIFE	95
4.5	RECOLHA DE DADOS	103
4.6	APLICAÇÃO DA METODOLOGIA AO ESTUDO DE CASO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	106
4.6.1	<i>Introdução</i>	106
4.6.2	<i>Aplicação da Medida da Oferta</i>	107
4.6.3	<i>Aplicação da Medida da Procura</i>	115
4.6.4	<i>Avaliação das Need-Gaps</i>	120
4.6.5	<i>Indicador do Nível de Serviço</i>	123

4.7	SÍNTESE.....	125
<b>5</b>	<b>A ACESSIBILIDADE (NÍVEL DE SERVIÇO) POR TRANSPORTE PÚBLICO AO HOSPITAL DA RESTAURAÇÃO</b>	<b>128</b>
5.1	INTRODUÇÃO .....	128
5.2	LIGAÇÃO POR TRANSPORTE PÚBLICO ENTRE O HOSPITAL DA RESTAURAÇÃO E OS BAIROS DO RECIFE – OFERTA .....	129
5.3	CÁLCULO DO ÍNDICE DE ACESSIBILIDADE (NÍVEL DE SERVIÇO) AO HOSPITAL DA RESTAURAÇÃO .....	136
5.4	SÍNTESE.....	140
<b>6</b>	<b>ANÁLISE E DISCUSSÃO DA EQUIDADE NO ACESSO AO TRANSPORTE PÚBLICO.....</b>	<b>142</b>
6.1	INTRODUÇÃO .....	142
6.2	ANÁLISE DAS NEED-GAPS DO ESTUDO DE CASO SOB A PERSPETIVA DAS CURVAS DE LORENZ E DO COEFICIENTE DE GINI....	143
6.3	SÍNTESE.....	146
<b>7</b>	<b>ANÁLISE ESTATÍSTICA TERRITORIAL DA OFERTA DE TRANSPORTES PÚBLICOS NO RECIFE.....</b>	<b>148</b>
7.1	INTRODUÇÃO .....	148
7.2	A SIGNIFICÂNCIA ESTATÍSTICA TERRITORIAL DA VARIÁVEL NEED-GAPS .....	149
7.3	A SIGNIFICÂNCIA ESTATÍSTICA TERRITORIAL DO INDICADOR DE NÍVEL DE SERVIÇO (OFERTA DE TRANSPORTES PÚBLICOS ATENDENDO À POPULAÇÃO SERVIDA) .....	150
7.4	SÍNTESE.....	152
<b>8</b>	<b>CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>153</b>
8.1	ENQUADRAMENTO DO PROBLEMA E MÉTODOS .....	153
8.2	A ANÁLISE NEED-GAPS PARA OS BAIROS DO RECIFE.....	156
8.3	AS NEED-GAPS DO ESTUDO DE CASO SOB A PERSPETIVA DAS CURVAS DE LORENZ E DO COEFICIENTE DE GINI .....	164
8.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA TERRITORIAL DA OFERTA DE TRANSPORTES PÚBLICOS NO RECIFE.....	164
8.5	TRABALHOS FUTUROS .....	164
<b>9</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>166</b>
<b>10</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>182</b>
10.1	TABELA DE NEED-GAPS E NÍVEL DE SERVIÇO DOS BAIROS .....	182
10.2	IDENTIFICAÇÃO DOS BAIROS DO RECIFE .....	186
10.3	ÁREAS DE INFLUÊNCIA DE ROTAS (RPSA's) .....	187

## Índice de Figuras

FIGURA 1 – REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE (FONTE: EDITORA ABRIL, 2011) .....	30
FIGURA 2 – ESTADO DE PERNAMBUCO (IBGE, 2015) .....	31
FIGURA 3 - ESQUEMA SIMPLIFICADO DA RELAÇÃO (OFERTA X PROCURA) COM AS NEED GAPS (PELA AUTORA, 2020) .....	36
FIGURA 4 - DISTRIBUIÇÃO DA PONTUAÇÃO DA MEDIDA DA OFERTA EM MELBOURNE METROPOLITANA (ADAPTADO DE CURRIE, 2010) .....	40
FIGURA 5 - EXEMPLO SIMPLIFICADO DE CÁLCULO DO ÍNDICE DA OFERTA (ADAPTADO DE DELBOSC E CURRIE, 2011) .....	41
FIGURA 6 - CONVERSÃO DO ÍNDICE DE ACESSO AO PTAL (ADAPTADO DE TRANSPORT FOR LONDON, 2015) .....	44
FIGURA 7 - MAPA DA GRANDE LONDRES COM OS NÍVEIS PTAL (ADAPTADO DE TRANSPORT FOR LONDON, 2015) .....	44
FIGURA 8 - ÁREAS DE SERVIÇO DOS MODOS DE TRANSPORTES PÚBLICOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE MELBOURNE E LIMITES DAS SA1s (ADAPTADO DE SAGHAPOUR AT AL., 2016) .....	46
FIGURA 9 - ILUSTRAÇÃO DO CÁLCULO DA DENSIDADE DA POPULAÇÃO NAS ÁREAS DE BUFFER E NOS SA1s (ADAPTADO DE SAGHAPOUR AT AL, 2016) .....	49
FIGURA 10 - DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES PTAI NA REGIÃO DE MELBOURNE (ADAPTADO DE SAGHAPOUR AT AL, 2016) .....	51
FIGURA 11 - PATH COEFFICIENTS ENTRE AS VARIÁVEIS LATENTES E O PTSI (ADAPTADO DE Y.CHEN AT AL, 2018) .....	56
FIGURA 12 - DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE ACORDO COM OS ÍNDICES DE NECESSIDADES (ADAPTADO DE CURRIE, 2010) .....	61
FIGURA 13 - MELBOURNE NEEDS-GAP – ÁREAS DE DESVANTAGEM SOCIAL POR TRANSPORTES MUITO ALTA COM OFERTA DE TRANSPORTES PÚBLICOS MUITO BAIXA OU ZERO OFERTA (ADAPTADO DE CURRIE, 2010) .....	63
FIGURA 14 – CURVAS DE LORENZ DA POPULAÇÃO E EMPREGO (ADAPTADO DE DELBOSC E CURRIE, 2011) .....	64
FIGURA 15 - CLOSE-UP DAS GAPS DA OFERTA (DIFERENÇA ENTRE A POPULAÇÃO+EMPREGO E A OFERTA) (ADAPTADO DE DELBOSC E CURRIE, 2011) .....	64
FIGURA 16 - ÁREA DE SERVIÇO DO CITYBUS (ADAPTADO DE WU E HINE, 2003) .....	66
FIGURA 17 - ÁREAS DE PRIVAÇÃO DA REDE ORIGINAL DEFINIDAS EM ZONAS PTAL NO PICO MATUTINO (PM) (ADAPTADO DE WU E HINE, 2003) .....	66
FIGURA 18 - DISTRIBUIÇÃO DAS FALHAS ESPACIAIS DE TRANSPORTE PÚBLICOS A NÍVEL LOCAL EM EDMONTON (ADAPTADO DE CHEN ET AL, 2018) .....	67
FIGURA 19 - DISTRIBUIÇÃO DAS FALHAS ESPACIAIS DE TRANSPORTE PÚBLICOS A NÍVEL GLOBAL EM EDMONTON (ADAPTADO DE CHEN ET AL, 2018) .....	68
FIGURA 20 - ESQUEMA DE IDENTIFICAÇÃO DA METODOLOGIA A PARTIR DA REVISÃO DA LITERATURA, PARTE 1 (REALIZAÇÃO PRÓPRIA, 2020) .....	71
FIGURA 21 - ESQUEMA DE IDENTIFICAÇÃO DA METODOLOGIA A PARTIR DA REVISÃO DA LITERATURA, PARTE 2 (REALIZAÇÃO PRÓPRIA, 2020) .....	72
FIGURA 22 - ESQUEMA DA METODOLOGIA DESENVOLVIDA NA TESE .....	85
FIGURA 23 - POSIÇÃO DO RECIFE EM RELAÇÃO AO ESTADO DE PERNAMBUCO E AO BRASIL .....	86
FIGURA 24 - MAPA DO RECIFE DIVIDIDO POR RPAs E MUNICÍPIOS FRONTEIRIÇOS (ADAPTADO DE PCR, 2016) .....	88
FIGURA 25 - MAPA DA RPA1 COM SEUS BAIRROS (ADAPTADO DE ICPS, 2017) .....	90
FIGURA 26 - MAPA DA RPA2 COM SEUS BAIRROS (ADAPTADO DE ICPS, 2017) .....	91
FIGURA 27 - MAPA DA RPA3 COM SEUS BAIRROS (ADAPTADO DE ICPS, 2017) .....	92
FIGURA 28 - MAPA DA RPA4 COM SEUS BAIRROS (ADAPTADO DE ICPS, 2017) .....	93
FIGURA 29 - MAPA DA RPA5 COM SEUS BAIRROS (ADAPTADO DE ICPS, 2017) .....	93
FIGURA 30 - MAPA DA RPA6 COM SEUS BAIRROS (ADAPTADO DE ICPS, 2017) .....	94
FIGURA 31 - REDE DO SISTEMA ESTRUTURAL INTEGRADO (SEI) (ADAPTADO DE GRANDE RECIFE CONSÓRCIO DE TRANSPORTE, 2019) .....	97
FIGURA 32 - CORREDOR NORTE/SUL (ADAPTADO DE GRANDE RECIFE CONSÓRCIO DE TRANSPORTE, 2020) .....	98
FIGURA 33 - CORREDOR LESTE/OESTE (ADAPTADO DE GRANDE RECIFE CONSÓRCIO DE TRANSPORTE, 2020) .....	99

FIGURA 34 - SISTEMA BRT VIA LIVRE DA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE.(ADAPTADO DE ITDP BRASIL, 2017) .....	99
FIGURA 35 - SISTEMA METRO E VLT NA RMR (ADAPTADO DE CBTU, 2019) .....	100
FIGURA 36 - DENSIDADE GEOGRÁFICA DAS LINHAS DO STPP E DO TRANSPORTE COMPLEMENTAR ADAPTADO DE ICPS (2011) .....	101
FIGURA 37 - CENTRO PRINCIPAL E CENTRO EXPANDIDO CONTINENTAL .....	102
FIGURA 38 - DIVISÃO DO RECIFE POR BAIROS E DISTRIBUIÇÃO DE PARAGENS/AUTOCARROS E ESTAÇÕES/METRO.....	108
FIGURA 39 - MALHA VIÁRIA DO RECIFE E LINHA DO METROPOLITANO .....	108
FIGURA 40 – RPSAS DAS ROTAS DA LINHA 522 .....	110
FIGURA 41 - ÍNDICE DA OFERTA DE TRANSPORTES PÚBLICOS COM RESULTADOS POR BAIRRO .....	113
FIGURA 42 - ÍNDICE DA PROCURA DE TRANSPORTES PÚBLICOS COM RESULTADOS POR BAIRRO .....	119
FIGURA 43 - FALHAS ESPACIAIS DA OFERTA DE TRANSPORTES PÚBLICOS (NEED-GAPS): RESULTADOS POR BAIRRO.....	120
FIGURA 44 – NÍVEL DE SERVIÇO: PROXIMIDADE DA POPULAÇÃO DE CADA BAIRRO EM RELAÇÃO AOS TRANSPORTES PÚBLICOS .....	125
FIGURA 45 - ANÁLISE COMPARADA.....	127
FIGURA 46 - LOCALIZAÇÃO DO HOSPITAL DA RESTAURAÇÃO NA CIDADE DO RECIFE .....	128
FIGURA 47 - BUFFER DO HOSPITAL DA RESTAURAÇÃO .....	129
FIGURA 48 - RPSAS DAS ROTAS ‘PARAGENS DO HOSPITAL-BAIROS’ OU ‘BAIROS-PARAGENS DO HOSPITAL’ .....	130
FIGURA 49 - ÍNDICE DA OFERTA CONSIDERANDO AS RPSAS DE AUTOCARROS NOS TRAJETOS ‘PARAGENS HOSPITAL-BAIROS’ OU ‘BAIROS-PARAGENS DO HOSPITAL’ .....	131
FIGURA 50-ÍNDICE DE ACESSIBILIDADE DOS BAIROS EM RELAÇÃO AO HOSPITAL DA RESTAURAÇÃO, CONSIDERANDO A OFERTA E A DISTÂNCIA DA ÁREA CENTRAL DOS BAIROS AO EQUIPAMENTO DE SAÚDE .....	139
FIGURA 51 - ANÁLISE COMPARADA .....	140
FIGURA 52 – CURVA DE LORENZ .....	143
FIGURA 53 - FALHAS RELATIVAS NO TRANSPORTE PÚBLICO DO RECIFE A NÍVEL GLOBAL .....	144
FIGURA 54 - CURVA DE LORENZ OFERTA X PROCURA .....	145
FIGURA 55 – DESIGUALDADE PERCENTUAL DOS BAIROS A NÍVEL GLOBAL .....	146
FIGURA 56 – GRÁFICO DE AUTO CORRELAÇÃO TERRITORIAL.....	148
FIGURA 57 – GRÁFICO DE MORAN PARA A VARIÁVEL NEED-GAPS.....	149
FIGURA 58 – MAPA DE CLUSTERS (A) E MAPA DE SIGNIFICÂNCIA ESTATÍSTICA (B) PARA A VARIÁVEL NEED-GAPS PARA OS BAIROS DO RECIFE .....	150
FIGURA 59 – GRÁFICO DE MORAN PARA A VARIÁVEL ÍNDICE DE ACESSIBILIDADE.....	151
FIGURA 60 – MAPA DE CLUSTERS (A) E MAPA DE SIGNIFICÂNCIA ESTATÍSTICA (B) PARA A VARIÁVEL ÍNDICE DE ACESSIBILIDADE PARA OS BAIROS DO RECIFE .....	151

## Índice de Tabelas

TABELA 1 - INDICADORES DA OFERTA DE TRANSPORTE PÚBLICO (ADAPTADO DE CHEN , Y.ET AL, 2018).....	55
TABELA 2 - VALORES ESTIMADOS PARA $\lambda_{jh}$ E $w_{jh}$ (ADAPTADO DE Y.CHEN ET AL, 2018).....	57
TABELA 3 - LISTA DE VARIÁVEIS USADAS PARA OS ÍNDICES DE VANTAGEM/DESvantAGEM SOCIOECONÓMICA RELATIVA E SEUS PESOS (ADAPTADO DE CURRIE, 2010) .....	58
TABELA 4 - INDICADORES DAS NECESSIDADES EM TRANSPORTE E PESOS APLICADOS (ADAPTADO DE CURRIE, 2010).....	59
TABELA 5 - DADOS LEVANTADOS E MÉTODOS DE AQUISIÇÃO ATRAVÉS DA TRANSPARÊNCIA ATIVA.....	105
TABELA 6 - DADOS LEVANTADOS E MÉTODOS DE AQUISIÇÃO ATRAVÉS DE PEDIDOS DE INFORMAÇÃO .....	105
TABELA 7 - CLASSIFICAÇÃO DO ÍNDICE DA OFERTA SEGUNDO A POPULAÇÃO RESIDENTE.....	112
TABELA 8 – PONTUAÇÕES DO ÍNDICE DA OFERTA E ELEMENTOS DOS COMPONENTES DAS MEDIDAS DO NÍVEL DE SERVIÇO .....	113
TABELA 9 - INDICADORES DE NECESSIDADE DA PROCURA POR TRANSPORTES E RESPECTIVOS PESOS .....	117
TABELA 10 - POPULAÇÃO RESIDENTE E NÚMERO DE BAIRROS SEGUNDO A CLASSE DO ÍNDICE DA PROCURA .....	118
TABELA 11 - DISTRIBUIÇÃO DA OFERTA E DA PROCURA POR CLASSE .....	121
TABELA 12 - POPULAÇÃO E NÚMERO DE BAIRROS SEGUNDO A CATEGORIA DAS NEED-GAPS .....	122
TABELA 13 - CLASSIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE NÍVEL DE SERVIÇO SEGUNDO A POPULAÇÃO RESIDENTE.....	124
TABELA 14 – COBERTURA DA POPULAÇÃO EM TERMOS DE ACESSO AO HOSPITAL POR BAIRRO .....	132
TABELA 15 - ÍNDICE DE ACESSIBILIDADE ENTRE OS BAIRROS DO RECIFE E O HOSPITAL DA RESTAURAÇÃO.....	137

## LISTA DE ABREVIATURAS

ABRAINCA – Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias

ABS – *Australian Bureau of Statistics*

AI – *Access Index*

ARPE – Agência de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do Estado de Pernambuco

ASGS – *Australian Statistical Geography Standard*

AWT – *Average Waiting Times*

BNH – Banco Nacional de Habitação

BR-101 – Rodovia Federal Brasileira nº 101

BR-252 – Rodovia Federal Brasileira nº 252

BRS – *Bus Rapid Service*

BRT – *Bus Rapid Transit*

CBD – *Central Business District*

CBTU – Companhia Brasileira de Trens Urbanos

CCD – *Census Collection District*

CD – *Collection District*

CEASA – Centro de Abastecimento e Logística de Pernambuco

CHESF – Companhia Hidroelétrica do São Francisco

CONASS – Conselho Nacional dos Secretários de Saúde

CSTM – Conselho Superior de Transporte Metropolitano

CT – Census Tract

CTM – Consórcio de Transporte da Região Metropolitana do Recife

CTTU – Autarquia de Trânsito e Transporte Urbano do Recife

DETRAN-PE – Departamento de Trânsito de Pernambuco

EMTU – Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos

EDF – *Equivalent Doorstep Frequency*

EF – *Equivalent Frequency*

FIDEM – Fundação de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife

FGV – Fundação Getúlio Vargas

GIS – *Geographic Information System*

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICPS – Instituto da Cidade Pelópidas Silveira

IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano  
IEMA – Instituto de Energia e Meio Ambiente  
IO – Índice da Oferta  
IP – Índice da Procura  
IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada  
IRSAD – *Index of Relative Socio-Economic Advantage and Disadvantage*  
ITDP – Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento  
km – Quilômetro(s)  
LAI – Lei de Acesso à Informação  
LRT – *Light Rail Transit*  
m – Metro(s)  
MB – *Mesh Blocks*  
MDR – Ministério do Desenvolvimento Regional  
OECD – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico  
ONU – Organização das Nações Unidas  
PCA – *Principal Component Analysis*  
PCR – Prefeitura da Cidade do Recife  
PDTU-RMR – Plano Diretor de Transporte Urbano da Região Metropolitana do Recife  
PIB – Produto Interno Bruto  
PLS – *Partial Least Squares*  
POI – Point of Interest  
PM – *Path Model*  
PM – Pico Matutino  
PMU – Plano de Mobilidade Urbana  
PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento  
PSA – *Polygonal Service Area*  
PTAI – *Public Transport Accessibility Index*  
PTAL – *Public Transport Access Level*  
PTDI – *Public Transport Demand Index*  
PTV – *Public Transport Vitoria*  
PTSI – *Public Transport Supply Index*  
RMR – Região Metropolitana do Recife  
RPA – Região Político-Administrativa

RPSA – *Route Polygonal Service Area*

SA1 – *Statistical Area Level 1*

SAP – *Service Access Point*

SEI – Sistema Estrutural Integrado

SETRANS-PE - Sindicato das Empresas de Transportes de Passageiros do Estado de Pernambuco

SEU – *Social Exclusion Unity*

SITRANS/CG – Sindicato das Empresas de Transporte de Passageiros de Campina Grande-Paraíba

STPP/RMR – Sistema de Transporte Público de Passageiros da Região Metropolitana do Recife

SWT – *Scheduled Waiting Time*

TAT – *Total Access Time*

*TfL – Transport for London*

VPP – Veículos de Pequeno Porte

VLT – Veículo Leve Sobre Trilhos

WEF – *Weighted Equivalent Frequency*

WT – *Walk Time*

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 *Problemática e motivação*

### 1.1.1 *A desigualdade social no acesso aos transportes públicos*

A desigualdade social tem sido explicada como tendo várias causas. Muito comumente é explicada como sendo efeito da associação entre a distribuição não uniforme de rendimentos e as consequentes diferenças na qualidade de vida. Num estudo publicado em 2015, a OECD, mostra que a distância entre ricos e pobres aumentou nos últimos 30 anos, alertando para as mudanças do mercado de trabalho com seu crescimento não padronizado e a polarização do emprego, o que tem consolidado as disparidades entre classes e afetado o produto interno bruto (OECD, 2015). A situação agrava-se para países da América Latina, que de acordo com a CEPAL (2019) apresentaram diminuição da pobreza, mas em números absolutos ainda detém milhões de pessoas nesta condição em áreas urbanas. Os seus níveis de desemprego altíssimos fortalecem o aparecimento de várias atividades informais entre os indivíduos de baixa escolaridade e com pouca preparação profissional.

Considerada a região mais urbanizada do mundo, as cidades da América Latina são segregadas territorialmente e socialmente. No Brasil tem sido notória a apropriação do espaço urbano pelos interesses privados com apoio do Estado sendo constante o desafio de vencer as desiguais condições de cidadania. A população socialmente desfavorecida afasta-se para longe dos centros principais das cidades e a dificuldade de acesso aos transportes públicos na realização de atividades básicas como trabalho, escola e saúde, compromete a liberdade e a ascensão social. Países desenvolvidos associam a ‘falta de acessibilidade aos transportes públicos’ à ‘desvantagem e exclusão social’.

Diante do contexto apresentado, mostra-se adiante, numa perspetiva do estado do mundo, principalmente na América Latina e Brasil, que a desvantagem no acesso ao transporte público está relacionada com as necessidades socioeconómicas acrescidas e pode agir de forma nefasta no progresso do indivíduo impedindo-o de aceder a candidatar-se a melhores condições de vida. Esta preocupação aliada aos Objetivos das Nações Unidas para O Desenvolvimento Sustentável (ONU, 2015), torna este tema de grande atualidade e importância. Refere-se nomeadamente o caso do Objetivo 11 – Cidades e Comunidades Sustentáveis, e concretamente o sub-objetivo 11.2 “*Até 2030, proporcionar o acesso a sistemas de transporte seguros, acessíveis, sustentáveis e a preço acessível para todos, melhorando a segurança rodoviária por meio da expansão dos transportes públicos, com especial atenção para as necessidades das pessoas em*

*situação de vulnerabilidade, mulheres, crianças, pessoas com deficiência e idosos*”. A forma de o fazer, de acordo com as recomendações da ONU é em primeiro lugar identificar e majorar a “Proporção de população que tem acesso adequado a transporte público, por sexo, idade e pessoas com deficiência”.

No âmbito desta tese, embora não seja possível identificar a desigualdade social no acesso ao transporte público para todos os estratos sociais, será possível identificar essas diferenças em termos territoriais.

### *1.1.2 A exclusão social e as desvantagens em transportes*

A investigação sobre a relação entre os transportes e a exclusão social têm sido uma constante nas últimas décadas, como resposta ao crescimento desordenado das cidades e do movimento perene em direção à periferia urbana como solução de residência e das suas consequências em termos de desvantagens sociais. A dificuldade em aceder aos transportes públicos prejudica a vida social dos indivíduos nas suas atividades mais básicas, porém obrigatórias, levando-se em consideração um mínimo conceito de cidadania, como a deslocação ao trabalho, à escola, aos mercados para compra de alimentos, e aos serviços de saúde e lazer.

Diversos autores têm vindo a analisar este assunto não só do ponto de vista das políticas de transportes com implicações sociais, nomeadamente na área dos transportes públicos, como também de uma forma mais abrangente na relação entre transportes e uso do solo, cuja falta de articulação cria grande parte dos problemas sociais observados.

É importante, todavia, para a compreensão do contexto posto, o entendimento do termo ‘exclusão social’ como também do que é traduzido por ‘desvantagem em transportes’.

A exclusão social tem um conceito amplo e de múltiplas vertentes, sendo abordada algumas vezes num contexto geral como um sinónimo da pobreza, o que não é real. Procura-se explicar a distinção entre estas duas definições, clarificando o significado e amplitude de ambas, mas enfatizando seus focos contextuais diante do entendimento de estudiosos das ciências sociais aplicadas.

Segundo Kenyon et al. (2002), a pobreza é enfática no reconhecimento das consequências do baixo rendimento das famílias, mas retém o foco económico sobre suas necessidades materiais. A pobreza faz a conexão dos resultados obtidos devidos à desigualdade de oportunidades com os recursos materiais. Num contexto amplo: a pobreza incorpora primordialmente o reconhecimento da privação material e social.

Levitas (2007), por sua vez, mostra que a exclusão social não abriga apenas a parte econômica e material, mas também o acesso desigual e a necessidade de inserção e participação do indivíduo na sociedade, afetando a equidade e a coesão da sociedade como um todo.

Diante dos vários conceitos que traduzem a exclusão social, quando se passa a fazer referência aos transportes diante de uma perspectiva sobre como sua escassez - sob diferentes vieses - pode trazer prejuízos à vida de indivíduos em estratos sociais distintos, torna-se mais claro o significado da desvantagem em transportes. Ou seja, aquelas pessoas que perderão as oportunidades de aceder a atividades comuns (ou mesmo extraordinárias) fundamentais para o seu progresso na sociedade por não disporem dos transportes, estão em desvantagens em transportes. E esta é uma das causas da exclusão social.

O acesso aos transportes públicos é um fator essencial na resolução dos problemas daqueles grupos sociais e tem preocupado diversos países e cidades, pois a falta de acesso agrava mais ainda as desigualdades.

O Reino Unido foi um dos precursores em estudos relacionando as necessidades sociais com a qualidade relativa dos serviços de transportes públicos (Moseley, 1979; Searle, 1987). Num momento já mais recente, no ano de 2004, a Unidade de Exclusão Social (SEU) deu início a estudos objetivando minimizar a problemática social relacionada com os obstáculos encontrados nas deslocações. Outros autores trazem contribuições importantes neste contexto de pesquisa. Church et al. (2000) identifica os estudos de exclusão social relacionados ao transporte divididos em dois tipos: o do lado da procura de transporte, abordando questões como padrões de viagens, atitudes e necessidades de grupos sociais específicos (Gaffron, 2012; Shergold e Parkhurst, 2012); e o do lado da oferta de transporte, especificamente relativo à qualidade da oferta de transporte, acesso ao transporte público e falhas espaciais na oferta de transporte com base nas necessidades dos residentes (Currie, 2010; Ricciardi et al., 2015; Kaplan et al., 2014; Welch, 2013). Esses estudos investigam como a exclusão social está relacionada ao provimento de transporte, para quem, em que direção, onde e por quê (Xia et al, 2016).

### *1.1.3 América Latina*

Na América Latina e Caribe, com as suas características de urbanização maciça, rápida e descontrolada, 80% da população vive nas cidades, segundo trabalho realizado pela ONU-Habitat (2012). O estudo mostra ainda que ao longo do tempo, com a especulação imobiliária e a gentrificação, os valores dos equipamentos das áreas mais próximas dos polos centrais das cidades ficaram muito mais caros, o que levou a população mais desfavorecida para lugares

cada vez mais distantes do trabalho e de outras atividades na zona central, consolidando enormes aglomerados urbanos nas periferias. Apesar de um relativo progresso económico que e políticas públicas para o combate à pobreza, infelizmente o património líquido não conseguiu garantir alterações consideráveis nessas cidades, sendo, portanto, focos de segregação nos âmbitos social e territorial. Num contexto geral, as cidades da região continuam sendo as mais desiguais do mundo. As desigualdades podem começar antes do nascimento, sendo que muitas das disparidades podem agravar-se ao longo da vida. Os rendimentos e as circunstâncias dos pais afetam a saúde, a educação e os rendimentos dos respetivos filhos. Os gradientes da saúde, isto é, as disparidades neste domínio entre grupos socioeconómicos, têm, frequentemente, início antes do nascimento e podem acumular-se, pelo menos, até a idade adulta, se não forem contrabalançados. Infelizmente, na maioria das vezes, a desigualdade gerada é perpetuada e vai sendo repassada através de gerações (PNUD, 2019). Aspectos como diferenças educacionais, sistemas de proteção social fracos, o desemprego e famílias grandes e pobres são fatores por si só basilares da desigualdade social, sem deixar de citar a questão da concentração de rendimento como fator de contribuição inequívoco para a disparidade nesse contexto social (ONU-Habitat, 2012).

Nos países da América Latina, poucos são os estudos empíricos que relacionam a oferta de transporte público e as necessidades sociais (Keeling, 2008).

Lizárraga (2012) e Vasconcellos (2010) mostram que naqueles países, entre eles, o Brasil, estratégias e políticas de mobilidade urbana sustentável devem começar pelos altos níveis de desigualdade social, analisando as situações de informalidade e deficiente qualidade do espaço das cidades. As necessidades de uma mobilidade urbana sustentável levam em conta a área urbanizada como um espaço seguro e democrático, no qual seja feito o controlo da expansividade urbana e do consumo de energia. Assim, será mais fácil a redução da degradação ambiental e o aumento da acessibilidade para a classe mais pobre e consequentemente uma cidade que seja mais eficiente para sua população.

Miller and Wu (2000), relacionam a acessibilidade com a liberdade do indivíduo de participar das atividades que o rodeiam. Na mesma linha seguem Geurs and Wee (2004), fazendo essa relação com o impacto do uso do solo e a evolução do transporte para a função de atendimento à sociedade em geral. Rodrigue et al (2006), considera que deve haver a capacidade de um lugar ser alcançado ou ser acessível a partir de diferentes localidades. A acessibilidade por todos ao transporte público aumenta a atratividade do local para todos os tipos de uso e ocupação do solo, sugerindo oportunidades e influenciando no desenvolvimento urbano.

Dodson et al. (2003) vai mais além quando diz que o método de reestruturação económica que tem sido utilizado, produziu novos problemas de espacialidade relacionadas com a desvantagem social que podem ser descritos como polarização social, exclusão social, segregação espacial e marginalização social.

O problema da separação espacial entre emprego e habitação compõe há muito tempo a história do mundo. No contexto da América Latina, mais especificamente nas grandes cidades brasileiras, trata-se de uma questão permanente, que ao longo dos anos tem causado uma segregação espacial bastante forte, sendo as políticas públicas por demais pontuais, e normalmente baseadas no efeito e não na causa. Kranton (1991) explica que o tempo e os recursos despendidos nos movimentos pendulares são fatores determinantes no padrão de emprego e habitação das famílias de baixa renda. O transporte colabora com um peso bastante significativo no momento da escolha do lugar para se residir quando se trata da classe com menos recursos, ou seja, a renda familiar é determinante da mobilidade urbana. Gomide (2003) corrobora com a colocação de Kranton (1991) quando diz que o indivíduo de baixos rendimentos, devido às poucas oportunidades de emprego e grandes despesas com deslocações, tende a morar nas proximidades do local de trabalho. Importa observar os altos custos de acessibilidade dos moradores das periferias em comparação com aqueles que moram nas áreas mais centrais, inclusive até mesmo em relação aos que residem em favelas ou demais ocupações de caráter informal situadas nos centros das cidades e proximidades. Por sua vez, a camada social mais favorecida, não padece desse problema na sua mobilidade, pois dá preferência ao automóvel, devido à característica de flexibilidade que este modo possui, mas em contrapartida, contribui com as enormes filas de congestionamento nas vias das grandes cidades.

Outra questão de muita atenção é o problema do transporte coletivo informal naqueles países. Por se tratar de oferta que não está na esfera de ação da autoridade reguladora, o serviço oferecido depende do critério escolhido pelos operadores informais, além de possuírem uma capacidade extraordinária para se adaptar à procura e assim atender aos vazios deixados pelo poder público. Este serviço informal constitui-se muitas vezes como a única opção disponível para áreas de difícil acesso, conforme destaca o estudo da ONU-Habitat (2012).

Duas características definem a mobilidade urbana na América Latina e Caribe. Em primeiro lugar, a necessidade da confiabilidade e a importância do transporte público coletivo para aqueles que dependem exclusivamente dele, além do modo a pé e de bicicleta - que também têm enorme relevância nesta região para curtas distâncias, apesar de a maioria das cidades não disporem de infraestruturas adequadas para sua prática. Em segundo lugar, o fato da região

refletir intensamente as tendências globais do aumento significativo da motorização e do problema do congestionamento. Rodrigue et al. (2006) entende que a disponibilidade de um veículo motorizado se tornou elemento importante para o nível de acessibilidade e não o possuir tornou-se um fator de exclusão social.

O que se destaca no ritmo crescente da motorização é a multiplicação das motocicletas e sua disponibilidade para as diversas classes da população. Por terem um custo bastante inferior em relação aos carros, e diante da fraca qualidade da oferta de transporte públicos, a motocicleta se estabeleceu nos países desta região.

Apesar de atender a uma procura por mobilidade motorizada eficiente e flexível, trouxe muitos problemas e desafios para a saúde pública. A taxa de acidentes para este modo de transporte é bastante significativa, com destaque para as cidades brasileiras (Silva, 2012).

Em todo o caso, as motocicletas, sobretudo as de baixa cilindrada, não são adequadas para percorrer distâncias maiores.

Para além disso, para os que moram em áreas periféricas, os custos com transportes são os mais altos, o que é natural pela maior quilometragem percorrida (e isso corresponde muitas vezes a uma parcela considerável de seus salários).

Todos estes aspetos afetam a mobilidade urbana da região, mobilidade que é parte inequívoca do desenvolvimento social e económico, pois permite que as pessoas acedam a serviços, oportunidades de emprego, educação, relações sociais e desfrutem plenamente da cidade.

Os excluídos dos transportes é um facto na América Latina. Entre eles, a título de exemplo, estão aqueles que têm o salário comprometido com os custos do transporte e que têm que permanecer nas áreas centrais das grandes cidades em condições de precariedade, para não retornar para casa todos os dias e não gastar a parte correspondente aos deslocamentos, que será direcionada para outros gastos também essenciais.

Apesar de investimentos que são feitos em infraestrutura rodoviária, Vasconcellos (2010) tem a compreensão de que esses investimentos não promovem a acessibilidade ao transporte público, pois o privilégio de uso da mesma normalmente é voltado para os particulares (utilizadores individuais do transporte público), que numa visão geral, são as pessoas de melhores rendimentos. Este entendimento é corroborado pelo estudo da ONU-Habitat (2012), que considera que a transformação da cidade voltada para um modelo que prioriza o transporte privado motorizado, fortalece a dependência dele pelas famílias nas suas deslocações, o que leva à exclusão dos que não podem dispor dele.

O quadro evidenciado acima traduz-se plenamente nas cidades brasileiras, o que será discutido de forma mais abrangente no próximo subcapítulo.

#### 1.1.4 Brasil

No Brasil, no ano de 2012, através da Lei Federal nº 12.587, recentemente alterada pela Lei Federal 14.000/2020, foi instituída a Política Nacional de Mobilidade Urbana. Esta determina que os municípios com população acima de vinte mil habitantes e todos aqueles que integrem regiões metropolitanas, regiões integradas de desenvolvimento econômico e aglomerações urbanas com população total superior a um milhão de habitantes, *devem elaborar e aprovar seu Plano de Mobilidade Urbana* até 12 de abril de 2022, no caso de municípios com população superior a 250.000 habitantes, e no prazo de 12 de abril de 2023, os municípios com até 250.000 habitantes, sendo esta a condição para receber recursos orçamentários federais destinados à mobilidade urbana.

No entanto, segundo o Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), até janeiro deste ano, apenas 840 cidades declararam ter o Plano de Mobilidade Urbana (PMU) elaborado ou em processo de produção. Pouco mais de 1.800 cidades deverão entregar o PMU (Agência Brasil, 2020).

Considerando que os prazos citados vêm sendo prorrogados desde a sanção daquela legislação de 2012, esta por sua vez, como dito acima, foi modificada pela Lei 14.000/2020 que postergou novamente a entrega do plano de mobilidade, e que o quantitativo de planos entregues conforme os dados do MDR deixam bastante a desejar, conclui-se que ainda há muita dificuldade para atingir este objetivo, desde a falta de recursos humanos técnicos e financeiros em muitos municípios, mas também e infelizmente a negligência da gestão municipal em tantos outros, o que cria obstáculos para avanços que possibilitariam uma melhor e mais sustentável circulação urbana no País, tornando factível a equidade no acesso da população ao transporte público, facilitando a acessibilidade aos serviços básicos e equipamentos sociais, ajudando assim, na redução das desigualdades e fortalecendo a inclusão social.

No caso do município do Recife, até à conclusão desta tese, o plano de mobilidade ainda estava em elaboração.

De acordo com Jaramillo et al. (2012), em métodos de planeamento para sistemas de transportes urbanos, na linha mais tradicional, a procura tem sido o principal critério utilizado, não se levando em consideração a equidade territorial ou socioeconómica. Mais recentemente, no entanto, aspetos relacionados com as pessoas e as regiões em situação de desvantagem em transportes, vêm sendo incluídos nas análises de mobilidade. Observe-se aqui que a equidade

espacial em foco está inserida na equidade vertical, esta entendida segundo Litman (2016) como justiça social, justiça ambiental e inclusão social no que concerne aos impactos entre indivíduos e grupos com habilidades e necessidades diversas, especificamente em relação ao rendimento, classes sociais e também dificuldades físicas na própria locomoção. Neste contexto, Litman (2016) diz que “as políticas de transporte são equitativas se elas favorecem econômica e socialmente grupos em desvantagem, compensando, assim, pelas desigualdades.” Desta forma, no âmbito dos transportes, pode-se entender que a equidade espacial ocorre quando há a prestação equitativa dos serviços de transporte no território e melhorias na sua infraestrutura, particularmente nas áreas mais desfavorecidas, que normalmente são as periféricas. A equidade social leva em conta a disponibilidade de serviços especiais de transporte adaptados para as pessoas em desvantagem, enquanto que a equidade econômica é referente aos serviços de transporte projetados para utentes de rendimentos mais baixos ou aqueles sem condições econômicas para efetivamente pagar as tarifas de transporte (Banister, 2005; Litman, 2014). Num país como o Brasil, em que a parcela dos 10% mais ricos concentra 41,9% da renda total do país, e a parcela do 1% mais rico concentra 28,3% do rendimento (PNUD, 2019), é fácil de entender porque o processo de urbanização brasileiro encontra nos aspetos fundiário e imobiliário, o seu elemento norteador. Os interesses privados dominam o cenário das grandes cidades, apoiados por um poder público conivente com a força do mercado imobiliário. Assim, a configuração das metrópoles vai paulatinamente se modificando em favor de alguns e perdendo sua identidade. Quando se adentra na região nordeste brasileira, onde está localizada a cidade do Recife, os dados de acordo com o IBGE (2019) informam que houve aumento na concentração de riqueza desta região em 2019, de 4,5%, todavia, em decorrência da estimativa dos ganhos dos mais ricos. Os pobres ficaram ainda mais pobres.

A insuficiente taxa de investimento em infraestrutura urbana ao longo dos anos no Brasil, notadamente em sistemas de transporte coletivo de massa e de saneamento, institui uma maior precariedade e ilegalidade do habitat das maiorias e aumenta a segregação socio-espacial. No plano do desenvolvimento regional, o combate às desigualdades deveria se pautar no redesenho da rede de cidades. Supõe-se que um processo de desenvolvimento socioeconômico estudaria cuidadosamente os aspetos da aglomeração excessiva e da ampliação dos bolsões de pobreza. Como bem explica Farrington (2007), não é a carência de alimentação ou oportunidades que bloqueiam o desenvolvimento, mas a dificuldade de acesso a eles. O acesso está intimamente interligado com o atendimento aos direitos humanos, isto é, moradia, saneamento, educação e

trabalho, como também à oportunidade de participação do indivíduo em atividades diversas nos mais distintos lugares.

Diante do exposto, a necessidade de facilitar o acesso das pessoas às mais diversas localidades, com cuidado especial para as que se encontram em situação de desvantagem espacial, social ou econômica, é um facto já consolidado nos países ricos ou mesmo nos mais pobres. É facto também que esses grupos populacionais mais vulneráveis lidam nos seus dias de vida com o terrível impacto de uma história de causa e efeito: desigualdade de oportunidades sendo a causa cujo efeito perverso é a exclusão social.

Em síntese, os países da América Latina, com destaque para o Brasil, têm um conjunto de problemas de cunho social e económico muito graves, além de abrigar milhões de pessoas em situações de vulnerabilidade. Entre elas, por exemplo, cita-se a falta de preparação profissional e de habilidades, devido à baixa escolaridade, aliadas ao desemprego que é muito alto, incentivando a informalidade em ocupações laborais que não permitem o indivíduo ter condições de prosperidade. O grupo populacional que se enquadra neste contexto tende normalmente a residir em localidades onde a moradia é de menor valor, mas em contrapartida a deslocação pendular compromete uma parte dos ganhos mensais das famílias. Muitas vezes o transporte público não existe ou não é suficientemente razoável para atendimento deste grupo, seja por preços inacessíveis, baixa frequência, distâncias de caminhada até as paragens/estações muito grandes ou até impossíveis para pessoas com algum tipo de deficiência e os percursos são inseguros. As pessoas que padecem desses problemas são espacialmente, socialmente e economicamente desfavorecidas e estão com desvantagem em transportes.

A situação de vulnerabilidade mostrada no parágrafo acima, é uma entre muitas outras, todavia o intuito foi o de retratar que a mobilidade através de transportes públicos não tem sido devidamente garantida para localidades com mais necessidades sociais por parte de seus habitantes.

#### *1.1.5 Recife*

A cidade do Recife tem vários problemas ao nível da oferta de transporte público, nomeadamente pelo facto de este ser pouco eficaz no serviço às populações mais carenciadas. Embora isso não seja verdade para toda a população e em todo o Recife, existe a noção de que há insatisfação relevante com o transporte público para uma fatia considerável da população.

No caso dos autocarros, é notório como a população muitas vezes tem dificuldades em aceder às paragens em diversos bairros, o mesmo acontecendo no caso do metro, não só por causa da falta global de pontualidade daqueles veículos ao longo do dia, mas também porque nos

horários mais procurados a circulação viária está comprometida com grandes congestionamentos. Isto leva também a tempos de viagens longos e viagens cansativas, incluindo-se também neste cenário a superlotação dos veículos. Acrescente-se ainda valores tarifários pouco subsidiados para aqueles que dependem diariamente desse modo de transporte para a sua deslocação.

A gestão do sistema de transportes públicos está a cargo de uma empresa pública, o ‘Grande Recife Consórcio de Transporte’ - que faz o planeamento e gestão do Sistema de Transporte Público de Passageiros da Região Metropolitana do Recife (STTP/RMR) - com a coparticipação dos municípios envolvidos. Esta empresa pública promove a estruturação, racionalização e qualidade de transporte através da concessão a empresas privadas. Atuando na governança metropolitana de transporte público por autocarros, o Grande Recife Consórcio de Transporte tem vindo a ser alvo de protestos devido à problemática tarifária.

A crise económica e social que hoje assola o Estado Brasileiro tem sido uma das causas dos recentes pedidos de reajuste tarifário pelas empresas de autocarros. Pode dizer-se, na realidade, que esta situação nem é tão recente assim, pois esta é uma história muito antiga no contexto nacional. Todavia, em 2009, o antigo Sindicato das Empresas de Transportes de Passageiros do Estado de Pernambuco (SETRANS-PE), hoje denominado de URBANA-PE, já reivindicava publicamente aumentos tarifários para que houvesse “... *a manutenção e o investimento na qualidade do serviço, programas de combate às fraudes, parcerias entre as empresas operadoras, o poder público e a sociedade e atualização tecnológica do sistema de bilhética eletrônica. Este incremento se faz necessário para manter e melhorar a qualidade do serviço, proporcionando a capacitação do quadro funcional, implantação de programas de qualidade (ISO 9000<sup>1</sup>), aquisição de novos equipamentos e renovação da frota*”. Ainda dizia o antigo sindicato: “*Os riscos de um sistema sem saúde financeira, num futuro próximo, é deixar cair a qualidade dos serviços, o não cumprimento dos prazos de renovação de frota e a falta de investimento em novos equipamentos. Um enfraquecimento no STTP/RMR pode ainda trazer à tona os transportes clandestinos e o desemprego*” (SETRANS-PE, 2009)

O panorama apresentado pelo sindicato das empresas de autocarros pernambucanas alguns anos atrás, retrata fielmente um contexto agora atualizado das empresas que continuam atuando no

---

ISO 9000 (International Organization for Standardization) promove a normatização de produtos e serviços a fim de a qualidade dos mesmos esteja sempre em processo de melhoria contínua. (ISO 9000, 2015).

transporte público, hoje ainda mais agravado pela crise financeira do Estado de Pernambuco e dos seus municípios da região metropolitana de Recife.

Diante dos cenários apresentados, seja as questões do lado empresarial que lutam pela sobrevivência, seja aquelas vividas diariamente por parte dos utentes dos transportes públicos, que se sentem mal servidos relativamente às empresas de autocarros e ao metro, observa-se na região do Recife um problema gravíssimo que vem perdurando ao longo dos tempos.

Tendo em vista o exposto, torna-se fundamental proceder a um estudo do território do município do Recife, verificando quais são as condições de serviço do transporte público aos utentes. Este estudo deve também ter em atenção as condições socioeconómicas da população que podem ser uma desvantagem nas suas deslocações, mesmo no que concerne à realização de tarefas mais básicas, tal como a possibilidade de procurar emprego.

Por todas estas razões, este estudo inicia-se com uma motivação ímpar, pois poderá constituir-se como elemento de apoio à decisão na cidade do Recife no sentido de dar um provimento de transporte público mais eficaz aos seus cidadãos, num contexto de recursos limitados, ajudando a identificar quais as áreas mais desfavorecidas e que precisam de apoio e investimento imediatos.

A Região Metropolitana do Recife (RMR) abriga o município do Recife, e este é o eixo estruturador dessa região, sendo também a capital do Estado de Pernambuco.

A RMR conta hoje com uma população estimada para 2015 de 3.914.317 habitantes (IBGE, 2015). De acordo com o Observatório das Metrópoles (2011), a RMR é definida por legislação como uma unidade organizacional, geoeconómica, social e cultural. Sofreu algumas ampliações fundamentadas nos seguintes requisitos: evidência ou tendência de conurbação; necessidade de organização; planeamento e execução de funções públicas de interesse comum; e existência de relação de integração funcional de natureza socioeconómica ou de serviços. Dela fazem parte atualmente 14 municípios, são eles: Jaboatão dos Guararapes; Olinda; Paulista; Cabo de Santo Agostinho; Camaragibe; São Lourenço da Mata; Igarassu; Abreu e Lima; Araçoiaba; Ipojuca; Itapissuma; Ilha de Itamaracá; Moreno e finalmente, a cidade do Recife (IPEA, 2014). A RMR está representada na Figura 1.



Figura 1 – Região Metropolitana do Recife (Fonte: Editora Abril, 2011)

Recuando um pouco no tempo, é importante identificar como se deu a formação desta Área Metropolitana. Com a integração da área intersticial entre Recife e Olinda, teve início o processo de conurbação, sobretudo a partir dos anos 70, principalmente devido à implantação de distritos industriais ao longo dos eixos rodoviários - na BR-101, ao norte e ao sul e BR-252, a oeste, -aliada à construção de grandes conjuntos habitacionais promovidos pelo extinto Banco Nacional de Habitação (BNH). A dinâmica do mais recente Complexo Industrial Portuário de Suape, no eixo sul (polo farmacológico) e a implantação da Fiat ao norte, além da chamada Cidade da Copa, no eixo oeste, impulsionaram a aglomeração das cidades da RMR e a sua contribuição para formar uma conurbação (PCR, 2015).

Importante salientar que 41,89% da população de Pernambuco (estado com população estimada para o ano de 2015 de 9.345.173 habitantes segundo o IBGE, 2015 e 185 municípios, conforme a Figura 2), está concentrada nos municípios que compõem a RMR. Por sua vez, a cidade do Recife, concentra 41,32% da população de sua região metropolitana, totalizando 1.617.184 habitantes de acordo com estimativa para o ano de 2015 do IBGE (2015).



Figura 2 – Estado de Pernambuco (IBGE, 2015)

Assim sendo, A RMR, com uma área total de 2.774 km<sup>2</sup>, além de possuir uma densidade populacional de 1.412 habitantes/km<sup>2</sup>, tem vindo a apresentar inúmeros problemas nas deslocções dos seus habitantes, seja a pé ou por viagens motorizadas (IPEA, 2014)

No caso do Recife, o diagnóstico do plano de mobilidade para a cidade (Instituto da Cidade, (2011) mostra que é premente a reestruturação do sistema de transportes. Este possui uma configuração concêntrica e descontínua, baseada essencialmente num modelo em que o movimento é direcionado para o centro expandido da cidade, conflituando com o sistema estrutural integrado de transportes públicos (SEI). Este, por sua vez, de conformação policêntrica e contínua, possibilita uma multiplicidade de destinos no território da RMR, gera a necessidade da redistribuição da rede metropolitana, reduzindo sobreposições de itinerário, diminuindo linhas em trechos saturados e ajustando-se para atendimento dos novos corredores de transporte, entre eles o Norte-Sul e o Leste-Oeste e também o modo metroviário. Apesar destes esforços de organização, uma análise preliminar identifica a tendência da baixa densidade de linhas nas periferias, onde se verificam elevadas densidades populacionais. De uma forma global, esta primeira análise permite constatar que parece existir uma relação entre a densidade de linhas e a distribuição dos rendimentos da população, há coincidência das áreas de renda mais elevada com aquelas de maior concentração de linhas do serviço de transporte público de passageiros.

Esta circunstância parece estar relacionada com o facto de as zonas de mais alta renda serem também aquelas onde se concentra o emprego da população mais pobre e por isso a procura de transporte para aceder ao centro é maior.

O crescimento desordenado da RMR, induziu ao aumento do uso de transportes motorizados e, em conjunto com a fraca oferta e qualidade deficitária do transporte público, para tendência de aumento do uso do automóvel continuou a verificar-se. O aumento da procura no uso do transporte privado, associadas a políticas públicas que efetivamente não priorizam o transporte coletivo, tem-se traduzido no efeito da segregação territorial da população de rendas mais baixas. Acresce a este conjunto de dificuldades o facto de os custos para a deslocação, em função da distância, terem vindo crescendo, situação que piora com o problema dos transbordos e com a insuficiência do sistema de integração.

Por todas estas dificuldades, parte da população tem vindo a tornar-se socialmente excluída, muitas vezes apenas por uma questão de falta de integração do sistema, sendo a renda familiar um fator determinante na mobilidade. Desta forma, a desvantagem em transportes, é parte do complexo conjunto de fatores que levam à exclusão social.

Este estudo pretende, portanto, a partir do seu desenvolvimento metodológico proposto para países com graves níveis de desigualdade social e de transportes, validá-lo na análise do Recife e assim investigar a oferta e a procura de transportes públicos deste município, na identificação das falhas territoriais que resultam do desequilíbrio desses dois fatores, ao nível da unidade geográfica 'bairros'. Adicionalmente, e para além da análise dos bairros, faz-se também uma análise das falhas existentes no serviço de transporte público para os utentes de um equipamento, neste caso foi escolhido o Hospital da Restauração, ícone da área de trauma do segmento médico do Estado de Pernambuco.

Espera-se assim e oportunamente, contribuir para a minimização do quadro injusto e desfavorável imposto diariamente a milhares de utentes do transporte público.

Sendo um problema comum a muitas cidades do Brasil e da América Latina em geral, não é um problema estranho em muitas cidades da Europa, sobretudo nos países do Sul, como é o caso de Portugal. Desta forma é um tema considerado oportuno e interessante no Programa Doutoral em Planeamento do Território da Universidade de Coimbra.

## 1.2 Objetivos da tese

### 1.2.1 Objetivo Principal

Esta tese assume como objetivo geral o desenvolvimento de uma metodologia adaptada das técnicas de ‘*gap assessment*’: avaliação de uma medida da qualidade relativa da oferta de transporte público e sua distribuição espacial em territórios com problemas de desigualdade social e de transportes, principalmente aqueles da América Latina (utilizando como unidade de análise os seus bairros), relativamente à desvantagem no uso do sistema de transportes por via de uma caracterização detalhada da procura.

### 1.2.2 Objetivos Secundários

Para tal, desenvolve os seguintes objetivos secundários, relacionados com o primeiro:

- O **desenvolvimento de uma metodologia** que possa constituir-se como inovadora a partir de técnicas de análise entre as quais se incluem as desenvolvidas por Currie em 2010, para identificar vários tipos de falhas (territoriais e sociais) na provisão do transporte público, designadas genericamente de ‘*need-gaps*’. Esta metodologia, explicada detalhadamente no capítulo 3, por sua vez inclui os seguintes passos essenciais e será validada pela análise da cidade do Recife, localizada no nordeste do Brasil.
  - **Caracterização da oferta:** situação atual dos transportes públicos na cidade do Recife;
  - **Caracterização da procura:** população residente com ênfase nos aspetos demográficos relativos à distribuição populacional nos bairros, rendimentos e nível de escolaridade, entre outras características;
  - **Identificação e avaliação comparativa das falhas espaciais** (*spatial gaps*) existentes nos bairros relativas à oferta de transportes públicos, tendo em vista as condições socioeconómicas da população residente (necessidades sociais causadas pela desvantagem em transportes - procura) pela metodologia desenvolvida nesta tese;
- **Avaliação**, numa perspetiva crítica, das questões sociais relativamente ao transporte público no caso do Recife, diante dos resultados obtidos;
- **Aplicação da metodologia** não só aos bairros do Recife de uma forma geral, mas testando a acessibilidade (nível de serviço) a um equipamento em particular (o **Hospital da Restauração**) através de transporte público, com base na metodologia proposta;

- **Avaliação** da questão das desigualdades identificadas com recurso a algumas técnicas de avaliação de desigualdades tais como a combinação das Curvas de Lorenz e do Coeficiente de Gini.
- **Análise** estatística territorial da oferta com os recursos do *software* GeoDa.

### **1.3 Estrutura da tese**

Este texto compreende 10 capítulos. Apresenta-se a seguir uma visão global do conteúdo de cada um deles.

No Capítulo 1 encontra-se a motivação para a realização da tese que ora se propõe, contendo a relevância do estudo e seus objetivos, o enquadramento da desigualdade social no acesso aos transportes públicos e a estrutura deste documento.

O Capítulo 2 contém a revisão bibliográfica descrita através de diversos métodos desenvolvidos no que concerne à avaliação de falhas nos transportes públicos.

O Capítulo 3 compreende a abordagem metodológica desenvolvida nesta tese, apresentando ao final, um esquema com suas etapas principais. Neste capítulo são descritas detalhadamente todas as etapas do desenvolvimento metodológico proposto, mostrando a construção de um novo processo de análise, adequado a um estudo de caso, relativo à identificação e avaliação das falhas espaciais da oferta considerando as necessidades sociais da desvantagem em transportes, num determinado território.

No Capítulo 4 está a parte referente ao estudo de caso do município do Recife. Nele está contida a caracterização da cidade, as dificuldades encontradas no processo moroso de coleta de dados, os dados obtidos para a realização do trabalho, as informações obtidas através de instituições públicas e eventualmente privadas, além da caracterização do estudo de caso. Neste capítulo está a análise dos resultados. Ele compreende a aplicação da metodologia ao estudo de caso e os resultados obtidos.

No Capítulo 5, para além da análise do Recife, está o estudo da oferta de transportes públicos entre um equipamento público de saúde no Recife, o Hospital da Restauração, e os bairros da cidade. Um índice de acessibilidade (nível de serviço) entre este equipamento e os bairros também é desenvolvido.

O Capítulo 6 dedica-se a uma discussão de resultados de forma mais aprofundada. Neste capítulo utiliza-se o coeficiente de Gini e a curva de Lorenz com o objetivo de mostrar a desigualdade na distribuição dos transportes públicos na cidade do Recife numa perspetiva global.

O Capítulo 7 compreende uma análise estatística territorial da oferta de transportes públicos.

O Capítulo 8 trata das conclusões do estudo e elabora oportunidades para trabalhos futuros.

No Capítulo 9 estão listadas as referências bibliográficas que nortearam este trabalho.

Por fim, é no Capítulo 10 que se encontram os anexos desta tese, tais como mapas, tabelas e figuras complementares ao estudo realizado.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA ASSOCIADA AOS MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DE FALHAS NO TRANSPORTE PÚBLICO

### 2.1 Introdução – resumo dos estudos analisados

Este capítulo centra-se na revisão bibliográfica destinada a enquadrar e a sustentar a metodologia a ser proposta para este trabalho, relacionada com a avaliação territorial das falhas na provisão de transportes públicos, através da relação entre as desvantagens em transportes e as necessidades sociais.

Os métodos que associam falhas territoriais na oferta de transportes públicos à população em desvantagem social, com utilização dos sistemas de informações geográficas (GIS), têm vindo a ser desenvolvidos já há bastante tempo na Austrália (Currie e Wallis, 1992; Currie et al. 2003; Currie, 2004; Currie, 2010; Delbosc e Currie, 2011). Nos estudos para Hobart (Currie, 2004), que fica no Estado australiano da Tasmânia, a abordagem neste contexto, já mais refinada, passou a ser chamada de “*needs-gap*”. A denominação desta abordagem se deve ao fato de que as *needs-gaps* serem as falhas espaciais existentes entre os transportes e as privações sociais, após a comparação das medidas da oferta e da procura. Como foi explicado no capítulo anterior, esta desvantagem em transportes é um dos fatores que fortemente contribuem para a exclusão social. A figura 3 mostra um esquema relacionando aquelas medidas às *needs-gaps*.

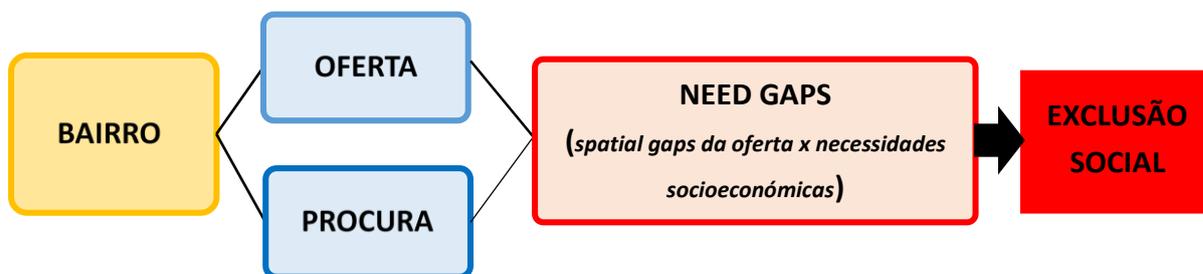


Figura 3 - Esquema simplificado da relação (oferta x procura) com as need gaps (pela autora, 2020)

Currie (2010) utilizou o desenvolvimento metodológico *needs-gap* em Melbourne, que fica no Estado de Victoria, Austrália, para todos os 5.839 *census collection districts* (CCDs)<sup>2</sup>, a fim de

<sup>2</sup> *Collection District* (CD) é a menor área geográfica utilizada pelo *Australian Bureau of Statistics* (ABS) nos censos anteriores a 2011. A partir de 2011, os CDs foram substituídos pelas Áreas Estatísticas Nível 1 (*Statistical Areas Level 1-SA1s*). Disponível em < <http://www.bts.nsw.gov.au/Glossary/Glossary> > Acedido em 20 Abr 2017. Neste trabalho, o CD australiano

testar como seria a resposta desta abordagem para o caso de localidades maiores, dentro do contexto australiano. A Grande Melbourne já contava em 2015 com a população de 4.530.000 habitantes, em detrimento da população da Grande Hobart que naquele mesmo ano (2015) possuía 221.000 habitantes (Australian Bureau of Statistics, 2016) e que foi a área núcleo de estudo anterior de Currie (2004). Em termos de população, a cidade do Recife possui de acordo com o censo do ano de 2010, um total de 1.537.704 habitantes (IBGE, 2010) e embora numa escala menor, poderá permitir uma aplicação do método de Currie

No mesmo segmento de avaliação espacial de falhas da oferta, Delbosc e Currie (2011) apresentaram nova abordagem diante de nova perspectiva para a região metropolitana de Melbourne, utilizando as curvas de Lorenz e o coeficiente de Gini para identificarem as desigualdades na oferta do transporte considerando para a caracterização da procura a população e o emprego.

Também direcionado para a Grande Melbourne, num viés diferenciado, o estudo de Saghapour et al. (2016) desenvolveu uma medida de acessibilidade considerando a frequência dos serviços de transportes públicos e a densidade populacional. Neste sentido foi formulado um índice para classificar os níveis de acesso ao transporte público (*Public Transport Accessibility Index - PTAI*) nas áreas locais da região metropolitana daquela cidade, mais especificamente nas 9.510 Áreas Estatísticas Nível 1 (*Statistical Areas Level 1- SAIs*)<sup>3</sup>.

Jaramillo et al (2012), por sua vez, aprofundou a relação entre a exclusão social e a oferta de transportes públicos na cidade de Santiago de Cali, na Colômbia. O método utilizado foi o *need-gaps* (Currie, 2010), mas destacando o contexto diferenciado da realidade latino-americana.

Com o objetivo de estudar mais um método de análise, todavia com uma técnica diferente das demais e comparar com outras metodologias descritas neste capítulo, optou-se pelo estudo de Chen et al (2018) na detecção de falhas espaciais da oferta de transportes públicos e voltado para um grupo populacional específico, o de idosos, em Edmonton, Canadá.

Na metodologia proposta, o índice da oferta foi desenvolvido através de indicadores característicos com a utilização do *PathModel* que é baseado na regressão dos mínimos quadrados parciais.

---

será tratado com a denominação 'bairro', por uma simples formalidade de facilitar o entendimento diante de várias nomenclaturas que surgem na literatura pesquisada.

<sup>3</sup> A Área Estatística Nível 1 (*Statistical Area Level 1-SAI*) é a segunda menor área geográfica definida no *Australian Statistical Geography Standard (ASGS)* do *Australian Bureau of Statistics (ABS)*. Disponível em <<http://www.abs.gov.au/ausstats/abs@.nsf/Lookup/2901.0Chapter23002016#SA1>>. Acedido em 20 Abr 2017.

Ainda no contexto da qualidade da provisão de transportes públicos, destaca-se o trabalho de Wu e Hine (2003), que estudaram a acessibilidade e a desvantagem em transportes, na cidade de Belfast, Irlanda do Norte. Para isso utilizam o sistema de informações geográficas comparando a distribuição espacial dos resultados dos índices de privação com as medidas relativas ao nível de serviço dos transportes públicos (*Public Transport Access Level - PTAL*). O PTAL traduz-se numa escala de níveis que mostram a quantidade de serviço fornecida, incluindo medidas como frequência, confiabilidade e tempo de caminhada para aceder ao transporte público. É um método que foi desenvolvido em 1992 pelo distrito londrino de *Hammersmith and Fulham* passando posteriormente a ser utilizado também nas demais localidades de Londres, a fim de auxiliar na estruturação de processos de planeamento local e estratégico. É uma das medidas que o *Transport for London* (TfL) utiliza atualmente para realizar a avaliação da conectividade e da densidade da rede de transporte público na grande Londres, ou seja, avalia o quão bem conectados estão os transportes entre si na rede e também sua frequência nas diversas localidades (*Transport for London, 2015*).

Considerando todas estas variações metodológicas, é comum a todas elas a consideração de uma medida da oferta e de uma medida da procura para depois se chegar a uma identificação das falhas no provimento do transporte público.

Assim, em seguida são mostradas as revisões das metodologias supracitadas no que concerne às medidas do nível de serviço do transporte público e das necessidades sociais devido à desvantagem em transportes, além das falhas espaciais decorrentes do confronto entre a oferta e a procura.

## **2.2 A Medida da Oferta/Nível de Serviço**

No tratamento da oferta, o estudo de Currie (2010) considerou uma combinação entre o nível de serviço fornecido pelo transporte público na Melbourne metropolitana e as condições para se aceder ao mesmo através da existência de *buffers* nos bairros da área de estudo. A frequência foi avaliada através do número de chegadas por semana em cada bairro. De acordo com os típicos *walk catchments* (Kittelson and Associates et al., 2003) para os modos de transporte público, foram usadas as seguintes medidas:

- Acesso à paragem de autocarros = 400 metros;
- Acesso à paragem de *tram* = 400 metros;
- Acesso à estação de metro = 800 metros.

Assim, para o cálculo do índice da oferta, foi usada uma medida combinada entre os parâmetros acima expostos, conforme mostra-se na equação (1) abaixo. Utilizou-se também o software GIS.

$$IO_{bairro} = \sum N \left( \frac{Area_{B_n}}{Area_{bairro}} * NS_{B_n} \right) \quad (1)$$

Onde:

- *bairro* é o bairro que está sob análise;
- $IO_{bairro}$  é o índice da oferta correspondente a cada bairro;
- $N$  é o número de *walk access buffers* para as paragens/estações em cada bairro;
- $B_n$  é o *buffer n* para cada paragem/estação em cada bairro;
- $Area_{bairro}$  é área do bairro em quilômetros quadrados (km<sup>2</sup>);
- $NS_{B_n}$  é a medida do nível de serviço do *buffer n* ( $B_n$ ).

Através desta medida da oferta, Currie (2010) obteve resultados que mostram a distribuição espacial da oferta na área de seu estudo, de acordo com uma classificação baseada em níveis da oferta, ou seja, numa escala de variação entre oferta melhor e oferta pior.

Para a região de Melbourne, os resultados foram organizados em sete classes, sendo uma denominada de *zero oferta* e as demais classificadas em três níveis que estão acima da média (*acima da média, alta, muito alta*) e três níveis que estão abaixo da média (*abaixo da média, baixa, muito baixa*). Normalmente, os grupos populacionais que estão em áreas de oferta abaixo da média são os que padecem de maior necessidade social.

A figura 4 abaixo, mostra os resultados da distribuição espacial da oferta nos níveis mencionados.

Importante registrar, que no caso de ocorrência de sobreposições nos *catchments*, como por exemplo lugares servidos por autocarros e comboios com os acessos dentro do mesmo *buffer*, a abordagem reconhece que tais áreas possuem um nível de serviço melhor.

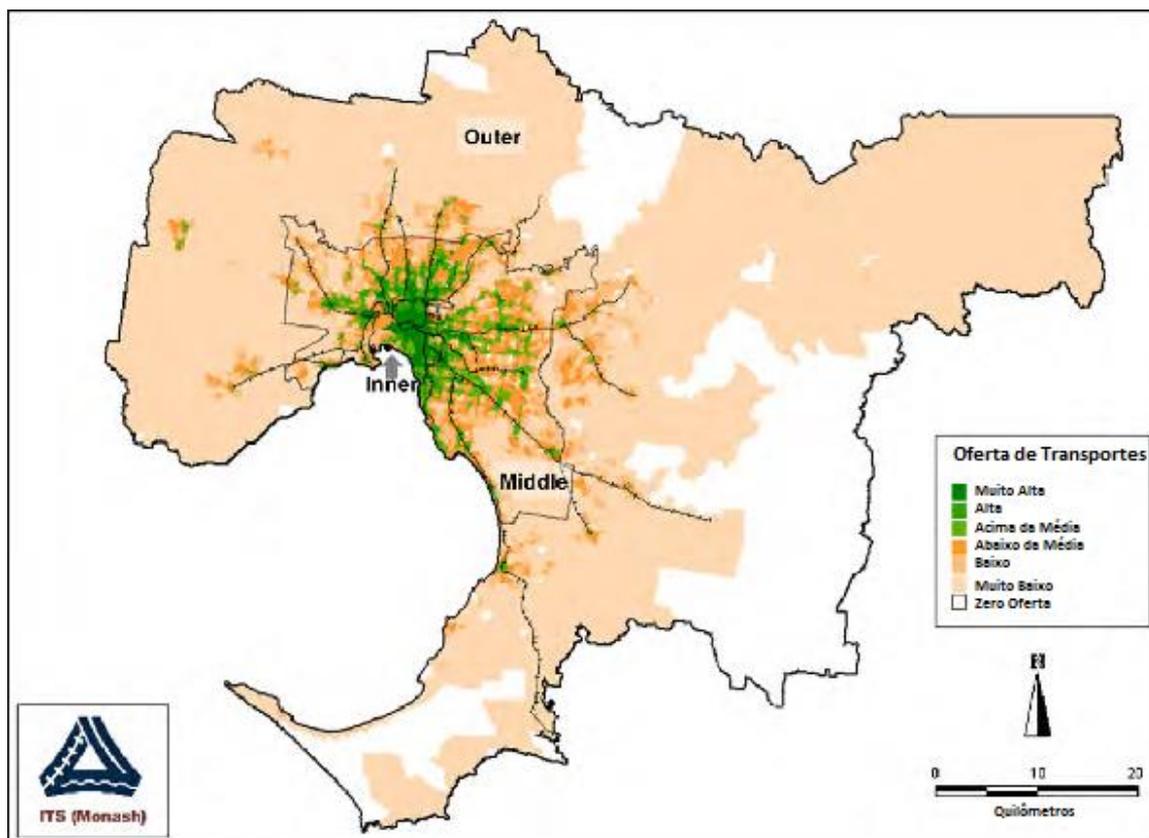


Figura 4 - Distribuição da pontuação da medida da oferta em Melbourne Metropolitana (adaptado de Currie, 2010)

Posteriormente, Delbosc e Currie (2011) utilizaram o índice para a oferta desenvolvido por Currie (2010), correspondente à equação (1) acima e que traduz a medida combinada da frequência de serviço (número de viagens de veículos por semana) e da distância de acesso às paragens/estações nos *catchments* existentes em cada bairro da região metropolitana de Melbourne.

O foco principal estava na consideração da distribuição da oferta em relação à população e emprego. Desta forma, optaram por uma perspectiva diferenciada pelo lado da procura, procurando ilustrar a performance da equidade. Para isso, a abordagem consistiu no uso das curvas de Lorenz, além do uso dos coeficientes de Gini para a representação da medida referente à equidade, permitindo uma representação visual das *gaps* na oferta de transportes públicos relativamente à população e ao emprego.

Na sua pesquisa, calcularam os níveis de serviço baseados na parte dos *buffers* das paragens que está sobreposta no bairro e não foi baseado especificamente no centroide do *catchment*, local onde fica situada a paragem. A paragem de transporte público não tem que estar realmente dentro do bairro para que seu serviço (a sua área de serviço) contribua para a oferta deste bairro. Vê-se mais claramente através do exemplo dos autores na figura 5: o cálculo do índice da oferta de um bairro com 2 paragens de autocarros e 1 estação de metro. As paragens de autocarros são

parte da mesma rota da linha de autocarro e há uma interseção entre seus *buffers* ou *catchments*. Apesar de uma das paragens de autocarros não estar fisicamente localizada dentro do bairro, nota-se que seu *walk catchment buffer* está. Neste exemplo, um detalhe importante de se perceber é que quando dois *buffers* dentro da mesma direção de rota estiverem muito próximos e venham a ficar parcialmente sobrepostos, o serviço dentro da área sobreposta não deverá ser contado duas vezes, no caso de modais iguais. No caso de modos distintos, como se vê na figura 5 em que o *buffer* do metro se intersesta com os *buffers* das paragens de autocarros, considera-se que o nível de serviço é melhor, como já dito em Currie (2010).

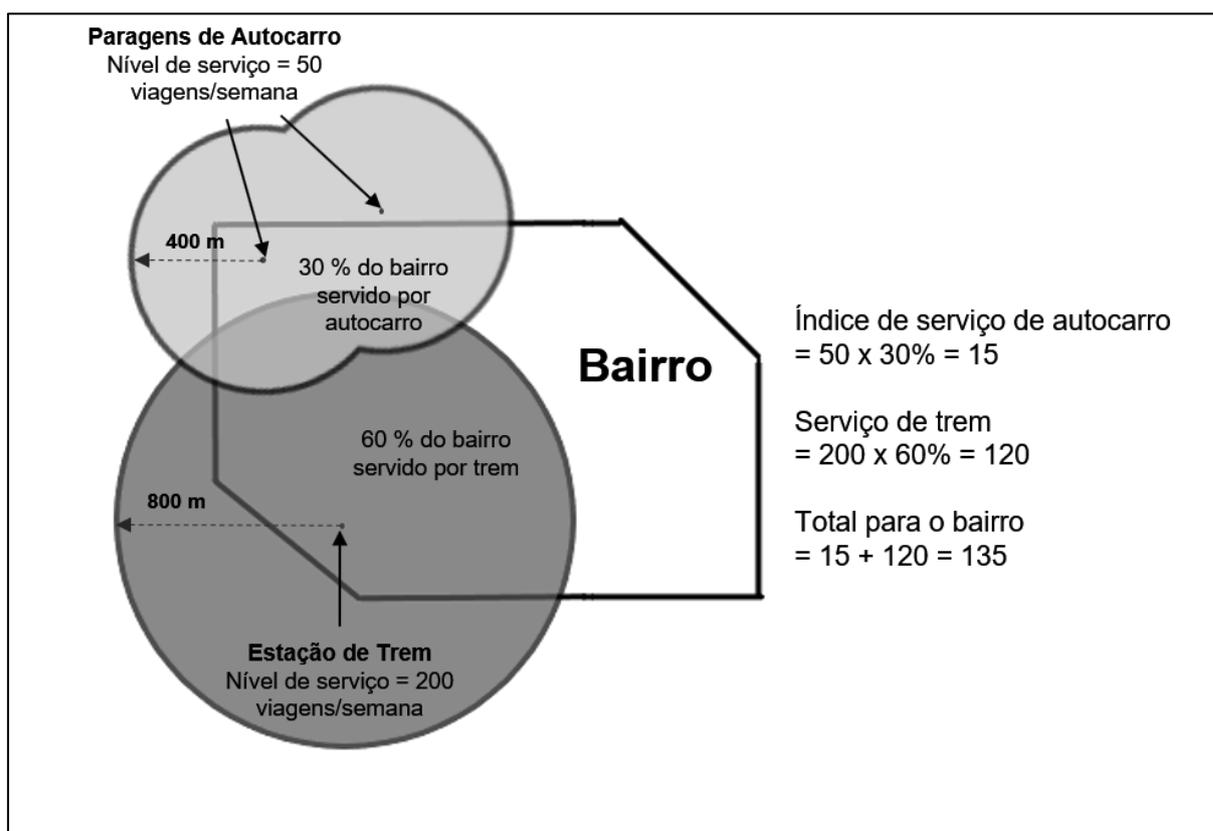


Figura 5 - Exemplo simplificado de cálculo do índice da oferta (adaptado de Delbosc e Currie, 2011)

Ainda antes de Currie, Wu e Hine (2003) utilizaram o desenvolvimento metodológico PTAL - *Public Transport Access Level* (Transport for London, 2015) na investigação da acessibilidade da Rede *Citybus* em Belfast, na Irlanda do Norte. O propósito foi o de avaliar os impactos espaciais que seriam causados na população sob a influência daquela rede, no caso da implantação de redes hipotéticas, para isso comparando relativamente o acesso às localidades em Belfast, bem como verificando os efeitos relativos no acesso com a introdução de novos horários ou níveis de serviço.

Entre os principais parâmetros da pesquisa incluiu-se a estrutura etária da população, a posse de automóvel e o fato de pertencer à religião católica romana ou à religião protestante. Para a distância máxima a ser percorrida no *catchment* foi considerado o valor de 400 metros.

Uma síntese do método PTAL (*Transport for London*, 2015) conforme é realizado na Grande Londres, para a análise da qualidade da provisão de transportes públicos, é apresentada a seguir.

A recolha dos dados abaixo é indispensável para se dar início à metodologia:

- Lista das localidades de interesse para as quais se deseja calcular o PTAL;
- Dados com a localização das paragens e estações de transportes públicos em Londres. O *Transport for London* (2015) denomina-as de pontos de acesso ao serviço de transportes públicos (*service access points* - SAPs);
- Dados das rotas de transportes públicos em Londres, os SAPs (*service access points*) que cada uma das rotas servem, como também suas respectivas frequências;
- Rede de ruas de Londres passíveis de serem percorridas a pé.

Na primeira etapa do método PTAL é calculado o tempo de caminhada até os SAPs (*service access points*) assumindo-se uma velocidade de caminhada de 4,8 km/h. Para os *buffers* de autocarros, assume-se a distância de caminhada como sendo de 640 metros e para os demais *buffers*, como o de metro, por exemplo, o valor usado é de 960 metros. O passageiro gasta entre 8 e 12 minutos para aceder aos serviços de transportes públicos.

A segunda etapa é o cálculo do tempo de espera programado (*scheduled waiting time* - SWT) para cada rota em cada SAP. O cálculo PTAL padrão em Londres é baseado nas frequências do serviço no período compreendido entre 08:15 e 09:15 horas nos dias de semana. Como é comum nos serviços urbanos frequentes, assume-se que os passageiros chegam à paragem/estação de forma aleatória.

O SWT (*scheduled waiting time*), em minutos, é estimado como sendo a metade do tempo do intervalo entre as chegadas do serviço no SAP (*service access point*), ou seja,

$$\text{SWT} = 0,5 * (60/\text{frequência})$$

Alguns detalhes que merecem atenção na elaboração do PTAL nesta etapa:

- Se uma rota, naquele ponto de interesse, tem várias paragens, apenas a paragem mais próxima será a considerada;
- Se um serviço é oferecido em ambas as direções, será usada para o cálculo apenas a direção mais frequente;
- Para os serviços ferroviários, só deverão ser considerados aqueles que tiverem pelo menos 2 paragens/estações dentro de Londres.

Na etapa terceira é quando se calcula o tempo de espera médio (*average waiting times* - AWT) para cada rota em cada SAP (*service access point*).

O cálculo do AWT (*average waiting times*), em minutos, é igual ao SWT (*scheduled waiting time*) acrescido de um fator de confiabilidade (*reliability factor*). O fator de confiabilidade varia de acordo com o modo de transporte e reflete o facto de que os tempos de espera reais podem ser maiores porque os serviços não chegam de uma maneira inteiramente regular. Para os autocarros o fator de confiabilidade é equivalente a 2 minutos e 0,75 minutos é o utilizado para os serviços de *tram*, metro e comboio.

A etapa seguinte, a quarta, apresenta o cálculo do tempo de acesso total (*total access time* - TAT) para cada rota em cada SAP (*service access point*).

O TAT (*total access time*), em minutos, combina o tempo de caminhada (*walk time*) ao SAP com o AWT (*average waiting time*) no SAP, assim:

$$\text{TAT} = \text{walk time} + \text{AWT} \quad (2)$$

A quinta etapa, é correspondente à *equivalent doorstep frequency* (EDF) para cada rota em cada SAP (*service access point*). Entende-se *Equivalent doorstep frequency*, de acordo com o glossário do *Transport for London* (2015) como sendo: “termo de cálculo PTAL - o EDF é derivado do Tempo de Acesso Total e converte o tempo em um valor de frequência”. É uma medida de como a frequência do serviço seria se este estivesse disponível sem qualquer tempo de caminhada.

$$\text{EDF} = 0.5 * (60 / \text{TAT}) \quad (3)$$

O cálculo a seguir, a sexta etapa, é para obtenção do Índice de Acesso (Access Index - AI) de cada modo do transporte público. O serviço de cada modal, que tenha o maior EDF (*equivalent doorstep frequency*), terá um peso maior do que os demais serviços do mesmo modo. Isso se deve ao facto de que para um determinado modo é comum nas deslocações do indivíduo a existência de uma rota mais adequada às suas necessidades. O AI (Access Index), então, é calculado levando em conta os EDFs (*equivalent doorstep frequencies*) de todas as rotas em todos os SAPs (*service access points*), desde que nestes últimos a distância de caminhada seja aceitável. O maior EDF de um determinado modal terá peso igual a 1 e os demais EDFs deste mesmo modo terão peso igual a 0,5. Desta forma, para cada modo, ter-se-á:

$$\text{AI} = \text{largest EDF} + 0,5 * \Sigma (\text{all other EDFs}) \quad (4)$$

Obtidos os índices de acesso para cada modal, será então calculado o Índice de Acesso Total (*Total AI*) para a localidade desejada.

O *Total AI* corresponderá a soma dos AIs (Access Indexes) de cada modo de transporte:

$$Total\ AI = \Sigma (AI_{autocarro} + AI_{tram} + AI_{metro} + AI_{comboio}) \quad (5)$$

Finalmente, nesta última parte é obtido o PTAL. Converte-se o índice de acesso total (*Total AI*) no PTAL através do uso de faixas que representam o nível de acesso aos transportes públicos e cujos valores variam de acordo com a conectividade dos lugares, conforme a figura 6 e que variam entre 0 (pior conectividade) e 6b (melhor conectividade).

PTAL	Access Index range	Map colour
0 (worst)	0	
1a	0.01 – 2.50	
1b	2.51 – 5.0	
2	5.01 – 10.0	
3	10.01 – 15.0	
4	15.01 – 20.0	
5	20.01 – 25.0	
6a	25.01 – 40.0	
6b (best)	40.01+	

Figura 6 - Conversão do Índice de Acesso ao PTAL (adaptado de Transport for London, 2015)

A figura 7 apresenta o mapa da Grande Londres com os respectivos níveis PTAL de cada localidade.

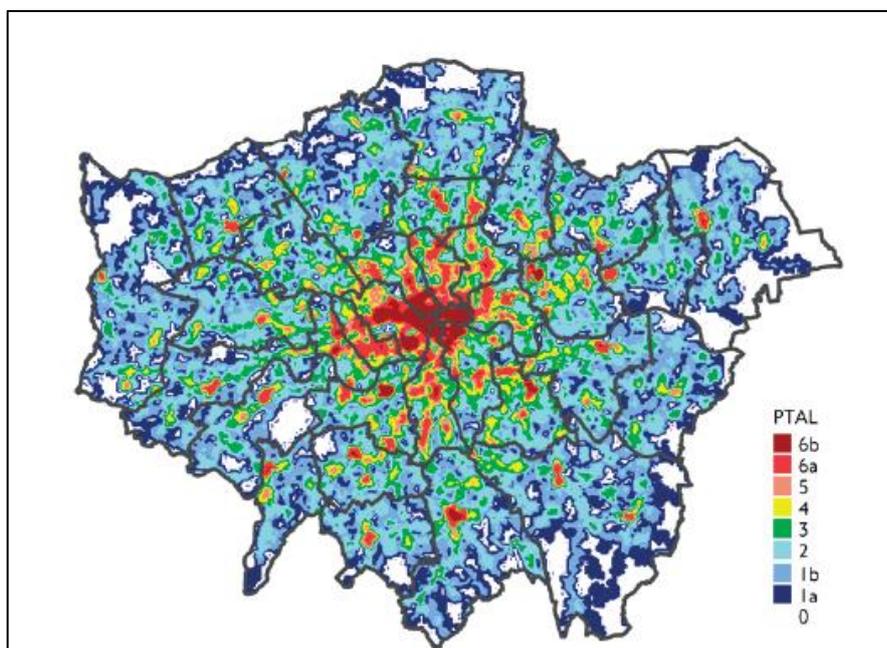


Figura 7 - Mapa da Grande Londres com os níveis PTAL (adaptado de Transport for London, 2015)

No desenvolvimento metodológico de Saghapour et al. (2016), voltado para a melhoria do nível de serviço dos transportes públicos nas áreas metropolitanas, com estudo de caso também para a Grande Melbourne, foi proposta uma medida relativa de acessibilidade considerando a frequência dos serviços de transportes públicos e a integração da densidade populacional nas

áreas geográficas, sendo este um indicador de distribuição bastante importante. Através do GIS foi aplicado um modelo de rede de transporte público, para identificar a cobertura das modalidades do serviço existente. Desta forma foi formulado um índice para classificar os níveis de acesso ao transporte público, o PTAI (*Public Transport Accessibility Index*), para as 9.510 Áreas Estatísticas Nível 1 (*Statistical Areas Level 1- SA1s*) da Melbourne metropolitana. A figura 8 apresenta o território da área metropolitana dividido em partes muito pequenas que são as SA1s (*Statistical Areas Level 1*), como também mostra a repartição por modo de transporte público, onde claramente se vê as três modalidades existentes, quais sejam, autocarros, *trams* e metro, na parte central (*Inner*) de Melbourne e inclusive sobrepostas. Também chama a atenção a predominância e quase monopólio dos autocarros na parte periférica (*Outer*) da região.

Os *buffers* (*walking catchment areas*) nestas áreas foram projetados para que o indivíduo consiga se deslocar num tempo entre 5 e 10 minutos de/para as paragens/estações do transporte público.

A frequência do serviço foi calculada a partir da tabela de horários do *Public Transport Vitoria* (PTV) durante o período de pico, considerado como sendo entre às 7 e 9 horas da manhã.

Para a elaboração do índice PTAI foram calculados dois fatores, tanto para cada distrito SA1 (*Statistical Area Level 1*) como para cada *buffer*: a frequência equivalente ponderada (*equivalente doorstep frequency*) e a proporção da densidade populacional.

Nesta abordagem foram utilizados *Mesh Blocks*<sup>4</sup> para o cálculo da densidade populacional das (*Statistical Areas Level 1- SA1s*)<sup>5</sup> e dos *buffers*. Os dados de população para os *Mesh Blocks* e SA1s foram obtidos do Censo de População e Moradia de 2011. De acordo com o ABS, a região de Melbourne contém 53.074 *Mesh Blocks* e 9.510 SA1s (ver Figura 8).

---

<sup>4</sup> Os *Mesh Blocks* (MBs) são a menor unidade geográfica no *Australian Bureau of Statistics* (ABS) e formam a base para as maiores regiões do *Australian Statistical Geography Standard* (ASGS). Foram desenvolvidas para satisfazer a necessidade estatística por áreas mais precisas e são tão pequenos que podem ser combinados juntos sem lacunas ou sobreposições e identificam amplamente o uso do solo, como residencial, comercial, industrial e para aproximar com precisão uma grande variedade de outras regiões estatísticas. Os MBs cobrem toda a Austrália parques, etc. Disponível em < <http://www.abs.gov.au/ausstats/abs@.nsf/Lookup/2901.0Chapter23002016#MB>>. Acedido em 24 Abr 2017.

<sup>5</sup> Os SA1s são construídos a partir da composição de *Mesh Blocks*. Disponível em < <http://www.abs.gov.au/ausstats/abs@.nsf/Lookup/2901.0Chapter23002016#SA1>>. Acedido em 24 Abr 2017.

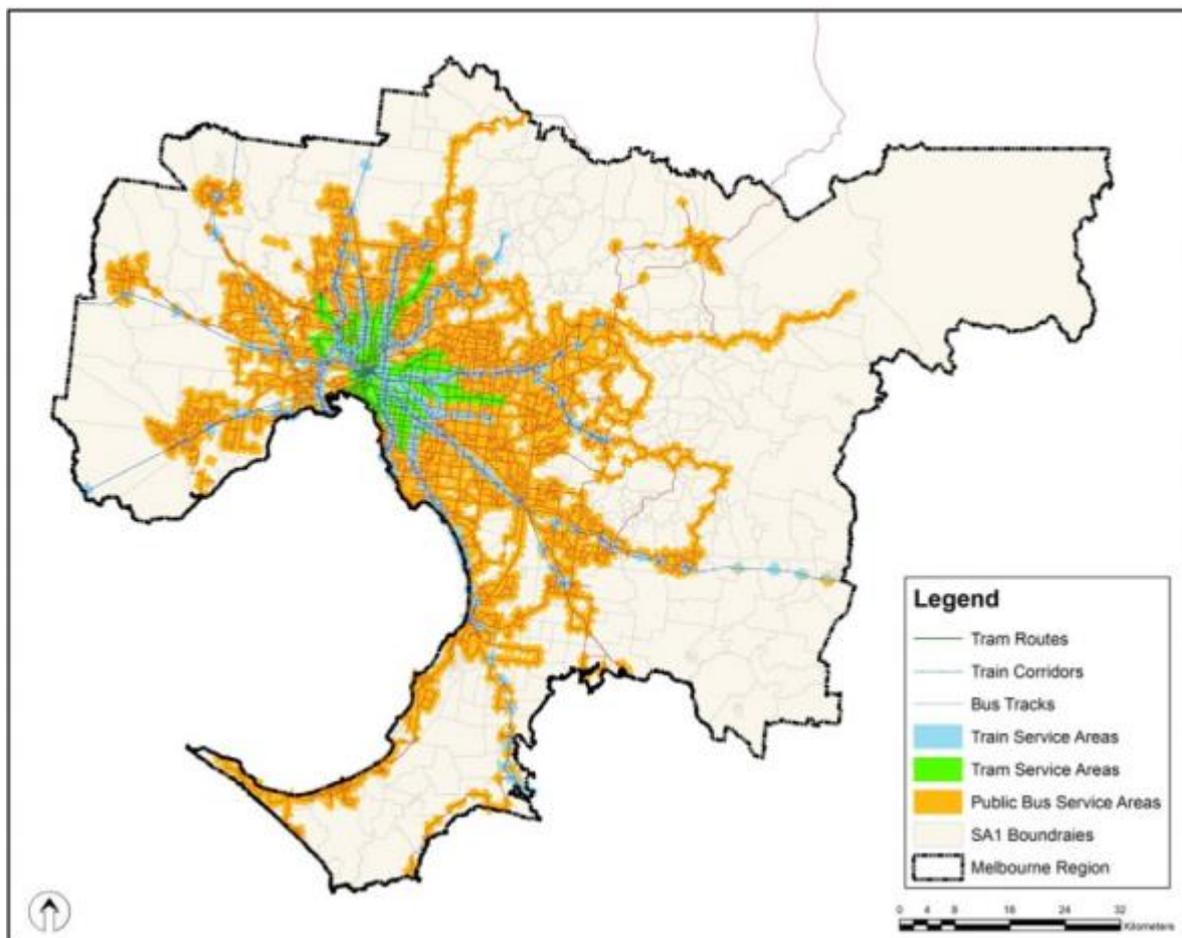


Figura 8 - Áreas de serviço dos modos de transportes públicos na região metropolitana de Melbourne e limites das SA1  
(Adaptado de Saghapour et al., 2016)

Seguindo uma abordagem similar ao método PTAL de Londres (Transport for London, 2015), já descrito neste capítulo, o índice PTAI para cada SA1 (*Statistical Area Level 1*) na parte referente aos níveis de serviço foi calculado através dos seguintes passos:

1. Calculou-se o tempo de caminhada (*walk time* – WT) do ponto de interesse (Point of Interest (POI)) às paragens/estações mais próximas usando-se o ArcGis 10.2 através de uma velocidade média de caminhada de 4,8 km/h, a mesma aplicada pelo Transport for London (2015) em Londres. Definiu-se o tempo máximo de caminhada de 10 minutos ou uma distância de 800 metros no caso dos autocarros e *trams* e de 15 minutos ou 1.200 metros relativamente aos metros;
2. O tempo de espera médio (*average waiting time* – AWT) é o tempo médio entre a chegada do indivíduo na paragem/estação e o tempo de chegada do serviço de transporte desejado. Foi considerado para cada rota como sendo o intervalo entre os serviços, todavia é estimado como sendo metade do intervalo entre seus serviços, isto é, corresponde à metade do *headway*.

$$AWT_{ij} = 0,5 * (60 / F_{ij}) \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad j = 1, 2, 3 \quad (6)$$

Onde  $AWT_{ij}$  é o tempo de espera médio (em minutos) na paragem/estação mais próxima ao *Point of Interest i* (POI $i$ ) para o modo de transporte  $j$  e  $F_{ij}$  é a frequência do modo  $j$  (definida como o número de serviços por hora) na paragem/estação mais próxima ao Point of Interest  $i$  (POI $i$ ).

3. O tempo de acesso total (*total access time* - TAT) de um Point of Interest (POI) à paragem/estação mais próxima compreende ambos os (*walk time* – WT) e o *average waiting time* (AWT).

$$TAT_{ij} = WT_{ij} + AWT_{ij} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad j = 1, 2, 3 \quad (7)$$

Onde  $TAT_{ij}$  é o tempo de acesso total (minutos) do modo de transporte público  $j$  na paragem/estação mais próxima ao Point of Interest  $i$  (POI $i$ ) e  $WT_{ij}$  é o tempo de caminhada (minutos) do POI $i$  à paragem/estação mais próxima do modo de transporte público  $j$ .

4. Foi convertido o tempo de acesso total em uma frequência equivalente (*equivalent frequency* – EF). O objetivo é medir a disponibilidade da rota em um determinado ponto de interesse.

$$EF_{ij} = \frac{30}{TAT_{ij}} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad j = 1, 2, 3 \quad (8)$$

Onde  $EF_{ij}$  é a frequência equivalente para o modo de transporte público  $j$  na paragem/estação mais próxima ao Point of Interest  $i$  (POI $i$ ).

5. Calculou-se, então, a frequência equivalente ponderada (*weighted equivalent frequency* - WEF) que corresponde ao somatório das EFs (*equivalent frequency*) dos modos de transportes públicos, com o peso em favor do modal mais dominante.

$$WEF_{ij} = \alpha EF_{id} + \beta \sum_i \sum_{j \neq d} EF_{ij} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad j = 1, 2, 3 \quad (9)$$

- $WEF_{ij}$  é a frequência equivalente ponderada para o modo de transporte público  $j$  na paragem/estação mais próxima ao Point of Interest  $i$  (POI $i$ );
- $EF_{id}$  é a frequência equivalente do modo de transporte público mais dominante na paragem/estação mais próxima ao Point of Interest  $i$  (POI $i$ );
- $\alpha$  e  $\beta$  são os coeficientes da frequência equivalente do modo de transporte público mais dominante e dos demais modos de transporte público, respetivamente.

Entendeu-se no estudo que o metro era o modo de transporte público mais dominante, tendo em vista sua popularidade, o número de passageiros e o tempo de viagem. Assim,

o coeficiente  $\alpha$  correspondeu ao valor 1 (modo mais dominante) e o coeficiente  $\beta$ , referente aos demais modos, sendo igual a 0,5.

6. Na determinação das frequências ponderadas para os SA1s (*Statistical Area Level 1*), utilizou-se o critério de proximidade dos POIs (Points of Interest) às fronteiras dos SA1s, utilizando-se o ARC GIS 10.2, ou seja, o WEF (*weighted equivalent frequency*) do SA1 será o mesmo daquele POI que esteja localizado mais perto de seus limites com outros SA1s. Isso se deve ao facto de que entre os SA1s, em suas fronteiras, normalmente existirão vias de acesso e desta forma o POI mais próximo ao limite fronteiro de um SA1 será muito mais acessível do que os demais. Assim, utiliza-se para o SA1 o mesmo WEF do POI fronteiro.

Importa ressaltar que para os SA1s (*Statistical Area Level 1*) que dispunham de duas ou mais paragens/estações, as *walking catchment areas* foram mescladas utilizando-se o valor proporcional de cada uma dentro do SA1.

Na sequência do cálculo do índice PTAI, diferentemente de outros estudos realizados, foi incluída a densidade populacional, como indicador da distribuição espacial da população nos SA1s e nas *walking catchments areas*, para isto sendo utilizados os *Mesh Blocks*. Também foram considerados o valor de 400 metros para o acesso às paragens de autocarros e *trams* e de 800 metros para o acesso às estações de metro, conforme os típicos *walking catchments* para os modos de transportes públicos. Desta forma procedeu-se à sobreposição das áreas de *buffer* sobre os SA1s (*Statistical Area Level 1*), usando o ArcGIS 10.2, a fim de se calcular a densidade populacional dos mesmos. A figura 9 ilustra as áreas sobrepostas de um SA1 selecionado com *walking catchments* de paragens de *tram* e com *mesh blocks*.

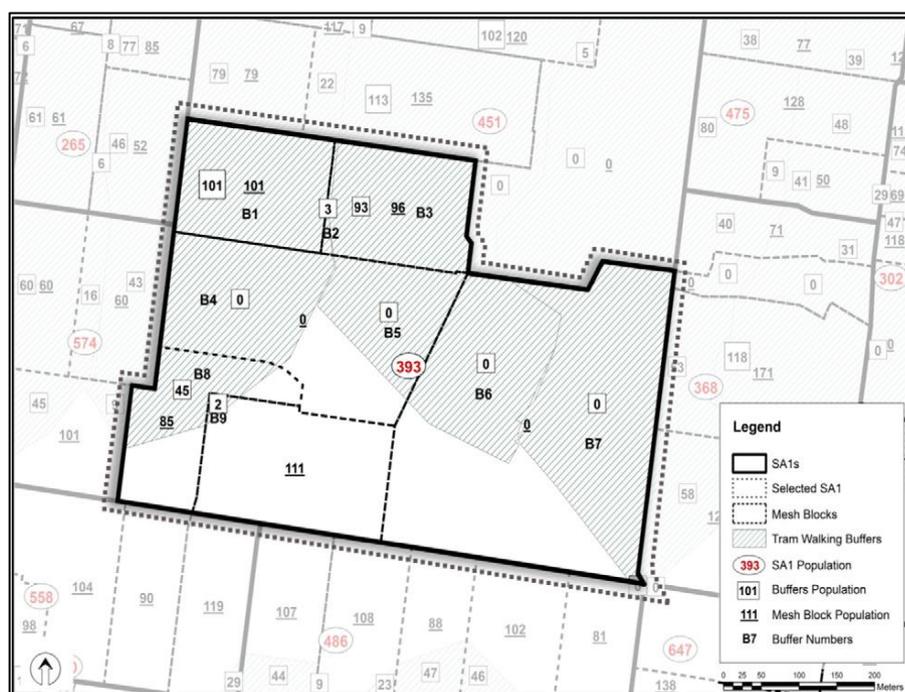


Figura 9 - Ilustração do cálculo da densidade da população nas áreas de buffer e nos SA1s (Adaptado de Saghapour at al, 2016)

Nesta figura os autores assumiram uma distribuição homogênea da população dentro dos *mesh blocks*, o que permite uma análise melhor da distribuição espacial, o que não ocorre no estudo de Currie (2010) onde assumiu-se a distribuição populacional uniformemente em toda a área de estudo. A população dentro das áreas de *buffer* foi calculada com base na proporção destas áreas em relação à sua sobreposição nos *mesh blocks*. Assim, a área ou a população de cada SA1s (*Statistical Area Level 1*) corresponde ao somatório das áreas e da população dos respectivos *mesh blocks*.

Na figura 9 identificam-se 6 *mesh blocks* e 9 áreas de *buffer*. Quando confrontada a população das áreas de serviço que estão sobrepostas aos *mesh blocks* com a população total dos mesmos, observou-se a coincidência dos valores.

Pode-se, portanto, calcular a densidade populacional, para ambas as áreas do estudo, isto é, as dos *buffers* e dos SA1s (*Statistical Area Level 1*). No exemplo da figura 9, os *buffers* abrigam o total de 244 pessoas numa área total (somatórios de todos os *buffers*) de 191.332,605 m<sup>2</sup>, o que equivale a uma estimativa de aproximadamente 1.284 pessoas/km<sup>2</sup> (244/0,19 km<sup>2</sup>). Desta forma, tendo este SA1 uma área total de 287.031, 132 m<sup>2</sup>, a densidade populacional dele será de 1.355 habitantes/km<sup>2</sup> (393/0,29 km<sup>2</sup>).

A razão da densidade populacional das áreas dos *buffers* em relação ao SA1 encontrada será de 0,94 (1.284/1.355) e a proporção total das áreas dos *buffers* em relação ao SA1 será de 0,66 (0,19 km<sup>2</sup>/0,29 km<sup>2</sup>).

Assumindo uma população uniformemente distribuída dentro do SA1 e calculando da forma seguinte a população dos *buffers*, obtém-se um total de 260 habitantes [(0,19 km<sup>2</sup>/0,29 km<sup>2</sup>)\*393], valor diferente do total encontrado com o uso dos *mesh blocks* que foi de 244 habitantes, ou seja, os *mesh blocks* representam uma estimativa mais próxima da realidade.

Sendo o índice PTAI a composição da medida combinada da frequência equivalente ponderada dos SA1s (*Statistical Area Level 1*) e da incorporação da razão da densidade populacional das áreas dos *buffers* em relação aos seus respectivos SA1s, tem-se então que,

se  $D_{Bij} = 0$ ;

$$PTAI SA1_i = \sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^I \left( 1 + \frac{D_{Bij}}{D_{SA1_i}} \right) * WEFS A1_i \quad (10)$$

se  $D_{Bij} \neq 0$ ;

$$PTAI SA1_i = \sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^I \left( \frac{D_{Bij}}{D_{SA1_i}} \right) * WEFS A1_i \quad (11)$$

Onde:

- PTAI SA1<sub>i</sub> é o índice de acesso aos transportes públicos para cada SA1 (*Statistical Area Level 1*);
- $D_{Bij}$  é a densidade populacional do buffer *i* para o modo de transporte *j*;
- $D_{SA1_i}$  é a densidade populacional da SA1<sub>i</sub>;
- WEFS A1<sub>i</sub> é a frequência equivalente ponderada da SA1 correspondente.

Por fim, é obtida a medida de acessibilidade aos transportes públicos utilizando-se a mesma técnica de avaliação usada no PTAL de Londres, ou seja, o PTAI também é agrupado em 6 faixas com níveis de qualidade da oferta variando entre *muito ruim* e *excelente*. O resultado igual a zero indica que não há acessibilidade ou não há população em um SA1 (*Statistical Area Level 1*).

A figura 10 ilustra a distribuição das classes PTAI na região de Melbourne. A primeira classe representa acessibilidade aos transportes públicos muito ruim, enquanto que a última classe corresponde a um nível de acessibilidade excelente. A primeira classe foi subdividida em um subnível para obtenção de melhor clareza. Altos níveis de acessibilidade de bom a excelente estão principalmente concentrados nas partes de *inner* Melbourne. Em *outer* Melbourne, onde o transporte público é realizado primordialmente por autocarros, baixos níveis de acessibilidade

são observados em comparação à partes de *inner* e também em relação ao Central Business District (CBD).

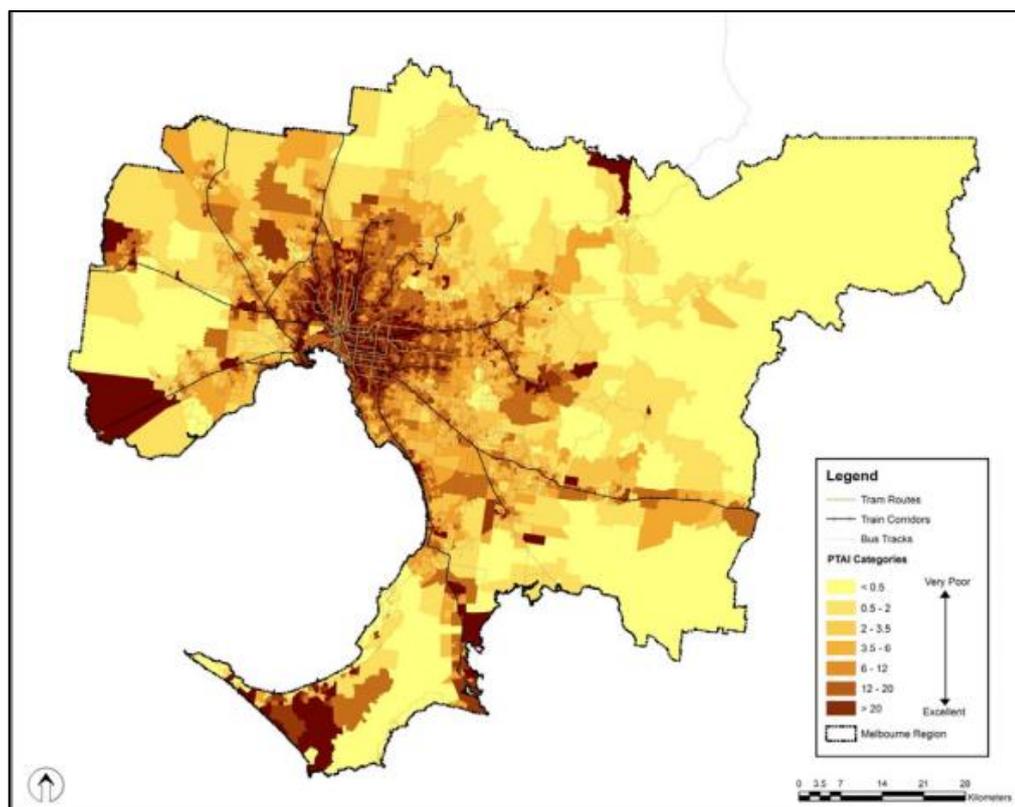


Figura 10 - Distribuição das classes PTAI na região de Melbourne (Adaptado de Saghapour et al, 2016)

No estudo de Chen et al (2018) para Edmonton, no Canadá, voltado para a população idosa, a medida da oferta foi determinada a partir do *Path model* (PM) que é baseado na regressão dos mínimos quadrados parciais (*partial least squares* – PLS), no entanto através de uma variante sua: *multiple table analysis model*. O método de normalização foi também utilizado.

A cidade de Edmonton conta com uma população em torno de 932.500 habitantes numa área de 700 km<sup>2</sup> subdividida em 200 setores censitários e o sistema de transporte públicos consiste de autocarros e duas linhas de *light rail transit* (LRT) (Chen et al, 2018). Os polos geradores de viagens considerados para o grupo de idosos foram os hospitais, parques, centros de compra, localidades próprias para lazer e museus. A pesquisa foi conduzida ao nível de áreas estatísticas, os setores censitários. Foi utilizada a análise de rede do GIS para a medição das áreas de serviço de todas as paragens/estações da cidade, baseando-se na rede viária local. A frequência de viagens foi trabalhada considerando-se a periodicidade semanal.

De acordo com Pinto (2017), o PLS-PM estuda ligações complexas entre variáveis latentes e observáveis através de relações lineares. O comportamento destas variáveis é analisado de forma mais simplificada através de um diagrama – os chamados *path models*. Esta técnica

integra dois elementos: o modelo estrutural e o modelo de medida. O primeiro diz respeito às ligações entre as variáveis latentes (os *paths*), enquanto que o segundo é relativo às relações entre estas e as variáveis manifestas. Os termos de erro também podem estar representados no diagrama.

Chen et al (2018) descreve a composição destes modelos conforme se mostra a seguir.

Considerando-se  $J$  grupos de variáveis em  $n$  amostras de observação, e cada grupo contenha  $k_j$  variáveis, pode-se, então, representar cada grupo por  $X_j = \{x_{j1}, x_{j2}, \dots, x_{jk_j}\}$  sendo ( $j = 1, 2, \dots, J$ ), e a variável manifesta  $x_{jh}$  ( $h = 1, 2, \dots, k_j$ ) deverá ser centralizada, ou seja, a média das variáveis será igual a zero. A variável latente correspondente e normalizada é dada por  $\xi_j$  ( $j = 1, 2, \dots, J$ ), onde a média é igual a zero e a variância é igual a 1. Desta forma, o modelo de medida é dado pela equação 12 abaixo:

$$x_{jh} = \lambda_{jh} \xi_j + \varepsilon_{jh} \quad (12)$$

Onde:

- $x_{jh}$  é a variável manifesta ( $h = 1, 2, \dots, k_j$ );
- $\lambda_{jh}$  é o coeficiente de regressão;
- $\xi_j$  é a variável latente dos valores parciais ( $j = 1, 2, \dots, J$ );
- $\varepsilon_{jh}$  é o termo residual (observe-se que não é conectado com a variável latente  $\xi_j$  e a média deste termo  $\varepsilon_{jh}$  é igual a zero).

E o modelo estrutural na equação 13:

$$\xi_j = \sum_{i \neq j} \beta_{ji} \xi_i + \zeta_j \quad (13)$$

Onde:

- $\xi_j$  e  $\xi_i$  são variáveis latentes;
- $\beta_{ji}$  é o coeficiente de regressão;
- $\zeta_j$  é um termo de erro com média zero e variância unitária (e não é conectado com a variável latente  $\xi_i$  ( $i \neq j$ )).

Diante dos modelos de medida (12) e o estrutural (13), acima descritos, e de acordo com Wold (1985), que foi quem primeiramente desenvolveu o *PLS-path model*, este último emprega um algoritmo iterativo para estimar os valores das variáveis latentes. Chen et al explicam que o

processo é duplo: estimativa externa e estimativa interna. A estimativa externa é usada para avaliar a variável latente  $\xi_j$  com a combinação linear de  $x_{jh}$ , conforme se vê na equação 14.

$$Y_j = (\widehat{X}_j W_j)^* = \left( \sum_{h=1}^{k_j} w_{jh} x_{jh} \right)^* \quad (14)$$

Onde:

- $Y_j$  é o valor estimado de  $\xi_j$ ;
- $\widehat{X}_j$  é a matriz cujo vetor coluna contém as variáveis manifestas observadas  $x_{jh}$ ;
- $W_j$  é a matriz cujo vetor coluna consiste dos pesos externos  $w_{jh}$  e o símbolo \* é usado para normalizar a combinação linear das variáveis que estão dentro dos parênteses.

A estimativa interna é usada para avaliar a variável latente,  $\xi_j$ ; associada com o valor estimado  $Y_i$  ( $i \neq j$ ), de outras variáveis latentes. Para isto, apresenta-se a equação 15.

$$Z_j = \left( \sum_{i: \beta_{ji} \neq 0} e_{ji} Y_i \right)^* \text{ com } e_{ji} = \text{sign} \left( r(Y_j, Y_i) \right) \quad (15)$$

$$= \begin{cases} 1 & r(Y_j, Y_i) > 0 \\ -1 & r(Y_j, Y_i) < 0 \\ 0 & r(Y_j, Y_i) = 0 \end{cases}$$

Onde:

- $Z_j$  é o valor estimado;
- $\beta_{ji}$  é o coeficiente de regressão da equação 13;
- $e_{ji}$  é o peso interno calculado pelo sinal da função;
- $r(Y_j, Y_i)$  é o coeficiente de correlação entre os valores estimados externos,  $Y_j$  e  $Y_i$ .

Para os pesos externos,  $w_{jh}$ , na matriz  $W_j$ , foi utilizado o método de cálculo proposto por Wold (1985). Para isto, foi usado o coeficiente de correlação entre a variável transposta  $\widehat{X}_j^T$  e a variável  $Z_j$  conforme mostra-se na equação 16:

$$W_j = \frac{1}{n} \widehat{X}_j^T Z_j \quad (16)$$

Tendo em vista as variáveis latentes estimadas conforme o que se apresentou anteriormente, o modelo de medida e o modelo estrutural podem ser desenvolvidos usando o algoritmo PLS. No entanto, Chen et al (2018) utilizaram uma variante do PLS - *path model*, denominada de

*multiple table analysis model* e desenvolvida por Guinot et al (2001). O modelo de medida e o modelo estrutural em uma *multiple table analysis model* é derivado das equações 12 e 13.

$$\begin{cases} x_{jh} = \lambda_{jh} \xi_j + \varepsilon_{jh} \\ \xi = \sum_{j=1}^J \beta_j \xi_j + \zeta \end{cases} \quad (17)$$

Onde:

- $\xi$  é a variável latente global;
- $\xi_j$  é a variável latente dos valores parciais ( $j = 1, 2, \dots, J$ );
- $\beta_j$  é o coeficiente de regressão do modelo estrutural;
- $\zeta$  é o termo residual.

O *multiple table analysis model* permite que sejam determinados os pesos para cada variável latente e para cada variável manifesta, possibilitando uma avaliação completa de todas as variáveis manifestas (C. Guinot, et al, 2001). A equação 17 acima, representa o resultado da composição dos modelos de medida e estrutural, traduzindo-se no índice da oferta do estudo de Chen et al (2018), com o propósito de analisar as falhas dos transportes públicos para o grupo de idosos em Edmonton.

A seguir, na tabela 1, estão os indicadores da oferta de transportes públicos usados para a cidade do estudo e que foram trabalhados através desta técnica.

Os resultados mostraram como a variável latente  $\xi$  (valor global) que corresponde ao índice da oferta de transportes públicos (PTSI), está conectada às variáveis latentes  $\xi_1, \xi_2$  e  $\xi_3$ , as quais representam os valores parciais. As variáveis latentes  $\xi_1, \xi_2$  e  $\xi_3$  são definidas a partir das variáveis manifestas de seus respectivos blocos. Para um melhor entendimento: o valor parcial  $\xi_1$  resume o que é pertinente à cobertura de serviço, ou seja, a razão entre área de serviço e densidade de serviço.

Tabela 1 - Indicadores da Oferta de Transporte Público (adaptado de Chen, Y. et al, 2018)

Variáveis Latentes	Variáveis Manifestas	Interpretação
1. Cobertura de serviço ( $\xi_1$ )	Razão de área de serviço ( $x_{11}$ )	Soma das áreas de serviço de cada paragem de ônibus/estação/ Área total de cada área estatística
	Densidade de serviço ( $x_{12}$ )	Número total de paragens/estações/ Soma das áreas de serviço de cada paragem de ônibus/estação
2. Nível de serviço ( $\xi_2$ )	Frequência de serviço ( $x_{21}$ )	Número total de chegadas do transporte público (todos os modais) em todas as paragens/estações por semana
	Diversidade de rotas ( $x_{22}$ )	Número de rotas distintas
3. Acessibilidade de serviço ( $\xi_3$ )	Acessibilidade dentro da área estatística ( $x_{31}$ )	Número médio de paragens/estações ao alcance dos utentes, desde a origem e dentro de um limite de tempo por dia.
	Acessibilidade entre as áreas estatísticas ( $x_{32}$ )	Número médio de destinos (outros distritos) a partir da origem (um distrito) e dentro de um limite de tempo por dia.

Tendo em vista o facto de que o PLS *path model* requer que a variável manifesta  $x_{jh}$  seja centralizada, conforme já dito anteriormente, um método de normalização deve ser usado com o propósito de converter os valores desta variável em novos dados onde a média das variáveis por tipo seja igual a zero. Desta forma, os seis indicadores da oferta de transportes públicos constantes da tabela 1 foram normalizados. Também deverão ser padronizados os valores de  $\xi$ , uma vez que seus valores em cada área estatística têm média igual a zero e a variância igual a 1, o que não é adequado para uma análise das falhas de transportes públicos a nível global. Assim, devem ser garantidos que os valores do PTSI de cada área estatística estejam dentro do intervalo [0,1], de acordo com a equação 18 abaixo (Chen et al, 2018).

$$PTSI_i = \frac{\xi_i - \xi_{min}}{\xi_{max} - \xi_{min}} \quad (18)$$

Onde:

- $\xi_{max}$  e  $\xi_{min}$  representam o valor máximo e o valor mínimo, respetivamente, entre todas as áreas estatísticas;

- $PTSI_i$  é o índice da oferta de transportes públicos de cada área estatística  $i$  ( $PTSI=0$  e  $PTSI=1$  são referentes aos menores e maiores níveis da oferta de transporte público em cada área estatística).

Os resultados encontrados com a aplicação do PLS *path model- multiple table analysis model*, de acordo com o trabalho de Chen et al, são descritos a seguir.

Através da figura 11 vê-se os valores dos betas ( $\beta$ ) que formam o vetor do *path coefficient* (0.413, 0.525, 0.277). As três variáveis latentes ( $\xi_1, \xi_2, \xi_3$ ) e o  $PTSI$  ( $\xi$ ) resumem bem a informação dos três grupos. O valor do  $R^2$  (0.99) também indica um excelente grau de adequação deste modelo e de que os coeficientes calculados são confiáveis. A partir dos valores do *T statistic* entre parênteses, cada *path coefficient* é considerado significativo no nível de confiança de 1%.

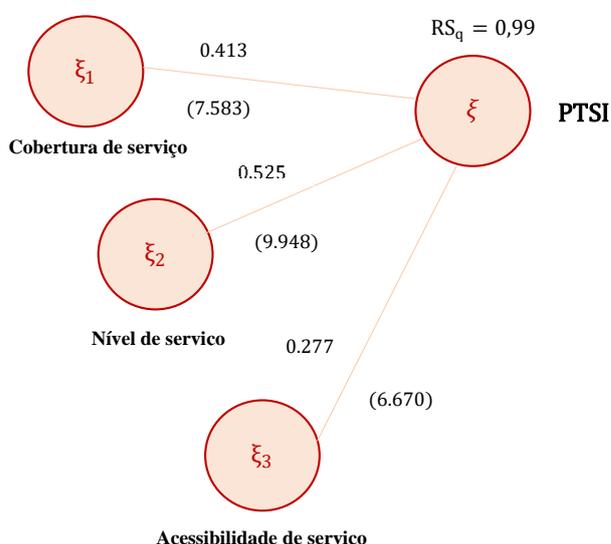


Figura 11 - Path coefficients entre as variáveis latentes e o PTISI (Adaptado de Y.Chen et al, 2018)

Observa-se o quão alta é a correlação entre as variáveis manifestas por grupo e as correspondentes variáveis latentes. O PTISI também se correlaciona fortemente com vários indicadores da oferta de transporte, incluindo densidade de serviço ( $x_{12}$ ), frequência de serviço ( $x_{21}$ ) e diversidade de rota ( $x_{22}$ ). Todos os coeficientes de correlação dos indicadores acima são considerados superiores a 0,7. O PTISI se correlaciona significativamente com a razão de área de serviço ( $x_{11}$ ), a acessibilidade dentro ( $x_{31}$ ) e entre ( $x_{32}$ ) os CTs, apresentando coeficientes de correlação superiores a 0,5. O PTISI se correlaciona significativamente com a razão de área de serviço, e também com a acessibilidade dentro e entre os CTs, pois os

coeficientes de correlação são superiores a 0,5. Na tabela 2 estão os valores estimados dos coeficientes de regressão ( $\lambda_{jh}$ ) e dos pesos externos ( $w_{jh}$ ).

Tabela 2 - Valores estimados para  $\lambda_{jh}$  e  $w_{jh}$  (adaptado de Y.Chen et al, 2018)

Variáveis		$\lambda_{jh}$	$w_{jh}$			$\lambda_{jh}$	$w_{jh}$
Cobertura de serviço ( $\xi_1$ )	x <sub>11</sub>	0.743	0.492	PTSI ( $\xi$ )	x <sub>11</sub>	0.507	0.203
	x <sub>12</sub>	0.887	0.715		x <sub>12</sub>	0.738	0.295
Nível de serviço ( $\xi_2$ )	x <sub>21</sub>	0.880	0.605		x <sub>21</sub>	0.793	0.317
	x <sub>22</sub>	0.852	0.549		x <sub>22</sub>	0.720	0.288
Acessibilidade de serviço ( $\xi_3$ )	x <sub>31</sub>	0.662	0.761		x <sub>31</sub>	0.526	0.211
	x <sub>32</sub>	0.657	0.756		x <sub>32</sub>	0.523	0.209

### 2.3 A medida das necessidades (procura) em transportes

No desenvolvimento metodológico de Currie (2010), *needs-gap*, a medida da procura foi construída através de indicadores representativos das necessidades sociais diante da desvantagem em transportes e ponderados de acordo com o nível de importância de cada um na análise social da área de estudo.

Foram apresentados no estudo dois grupos de indicadores no contexto socioeconómico, podendo a análise ser baseada através de um grupo ou de outro.

O primeiro grupo foi composto de variáveis primordialmente de características socioeconómicas, sendo os dados obtidos do *Australian Bureau of Statistics* (ABS) e o índice utilizado foi o *Index of Relative Socio-Economic Advantage and Disadvantage* (IRSAD). O IRSAD é um índice utilizado na pesquisa social da Austrália e corresponde a uma medida de vantagem e desvantagem no espaço contínuo. Então, áreas que tenham índices com baixa pontuação, são categorizadas como sendo relativamente áreas em desvantagem. Da mesma forma, aquelas cujos índices têm pontuação alta, são as que estão relativamente em vantagem. Na tabela 3, apresenta-se a lista de variáveis e seus respectivos pesos.

Tabela 3 - Lista de variáveis usadas para os índices de vantagem/desvantagem socioeconómica relativa e seus pesos  
(Adaptado de Currie, 2010)

<b>Variável</b>	<b>Peso</b>
% Pessoas com 15 anos de idade ou mais sem qualificação	—0.2544
% Pessoas com 15 anos de idade ou mais que deixaram a escola com 11 anos de idade ou menos	—0.2445
% Famílias formadas por casais sem crianças com renda anual menor que \$20,800	—0.2003
% Famílias formadas por casais com apenas criança (s) com renda anual menor que \$36,400	—0.1977
% Mulheres empregadas classificadas como ‘Trabalhadoras e Empregadas Relativas’	—0.1918
% Homens empregados classificados como ‘Trabalhadores e Empregados Relativos’	—0.1903
% Homens empregados classificados como ‘Produção Intermediária e Trabalhadores do Transporte’	—0.1861
% Casa de pessoa solteira com renda anual menor que \$15,600	—0.1803
% Homens (em força de trabalho) desempregados	—0.1611
% Mulheres (em força de trabalho) desempregadas	—0.1579
% Famílias formadas por casais com apenas dependentes e não dependentes ou com não dependentes apenas com renda anual menor que \$52,000	—0.1464
% Famílias monoparentais com apenas dependente descendente	—0.1292
% Homens empregados classificados como ‘Comerciantes’	—0.1274
% Mulheres empregadas classificadas como ‘Produção Intermediária e Trabalhadoras do Transporte’	—0.1248
% Mulheres empregadas classificadas como ‘Trabalhadoras de Vendas e Serviços Elementares’	—0.0988
% Famílias monoparentais com dependentes e não dependentes ou com não dependentes com renda anual menor que \$26,000	—0.0986
% Habitações com quatro ou mais quartos	0.0845
% Mulheres empregadas classificadas como ‘Trabalhadoras de Serviços Avançados’	0.0958
% Famílias monoparentais com dependentes e não dependentes ou com não dependentes com renda anual maior que \$62,399	0.1271
% Homens Empregados classificados como ‘Profissionais Associados’	0.1354
% Pessoas com 15 anos de idade ou mais que estejam cursando a universidade ou outra instituição terciária	0.1482
% Famílias monoparentais com apenas criança (s) dependentes com renda anual menor que \$15,600	0.1674
% Famílias formadas por casais com apenas dependentes e não dependentes ou com não dependentes com renda anual maior que \$103,999	0.1758

%	Pessoas com uso da internet em casa	0.1882
%	Casa de pessoa solteira com renda maior que \$36,399	0.1974
%	Mulheres empregadas classificadas como 'Profissionais'	0.2086
%	Pessoas com 15 anos de idade ou mais que possuam diploma de graduação ou diploma de qualificação	0.2111
%	Homens empregados classificados como 'Profissionais'	0.2269
%	Famílias formadas por casais sem crianças com renda anual maior que \$77,999	0.2325
%	Famílias formadas por casais com apenas criança (s) dependente (s) com renda anual maior que \$77,999	0.2381
%	Pessoas com 15 anos de idade ou mais que possuam graduação ou pós-graduação	0.2440

O segundo grupo concerne aos indicadores mais específicos da procura por transportes, e foram baseados numa abordagem anterior de 'need-gaps' desenvolvida por Currie & Wallis, 1992; Travers Morgan, 1992 e Currie, 2004. Esses indicadores encontram-se na tabela 4.

Tabela 4 - Indicadores das necessidades em transporte e pesos aplicados (Adaptado de Currie, 2010)

<b>Indicador de necessidade</b>	<b>Fonte</b>	<b>Peso</b>
Adultos sem carros	Censo 2001 <sup>a</sup>	0.19
Acessibilidade	Distância de Melbourne cbd <sup>b</sup>	0.15
Pessoas com 60 anos ou mais	Censo 2001	0.14
Pessoas com pensão por incapacidade	Centrelink <sup>c</sup>	0.12
Moradias com baixa renda familiar	census 2001 <sup>d</sup>	0.10
Adultos não pertencentes à força trabalho	Census 1996 <sup>e</sup>	0.09
Estudantes	Census 2001 <sup>f</sup>	0.09
Pessoas de 5-9 anos	Census 2001	0.12

<sup>a</sup> Baseado no número de carros por família e o número de pessoas com idade de 18 anos ou mais (Censo 2001).

<sup>b</sup> Baseado na distância em linha reta para o distrito central de negócios de Melbourne, a partir do centro de cada bairro

<sup>c</sup> Baseado no número de pessoas com pensão por invalidez num mesmo grupo de código postal (Centrelink 2006).

<sup>d</sup> Baseado no número de famílias com uma renda familiar semanal de \$ 499 ou menos (Census 2001).

<sup>e</sup> Baseado em pessoas com mais de 15 anos de idade que não fazem parte da força de trabalho (Census 2001).

<sup>f</sup> Baseado em pessoas matriculadas em uma instituição educacional, incluindo escola primária e secundária, universidade e ensino técnico e educação mais avançada.

Em seu estudo para Melbourne, Currie (2010) utilizou o grupo de indicadores constantes na tabela 4 para a elaboração da medida das necessidades sociais. Para a medida da acessibilidade foi considerada a distância em linha reta do centro de cada bairro ao distrito central de negócios (*Central Business District - CBD*) em Melbourne.

Assim, para o cálculo do índice da procura, foi utilizada a equação 19 abaixo, realçando o fato de que os valores dos indicadores devem ser antes padronizados, tendo em vista que será produzido uma pontuação (*score*) única de necessidade para cada bairro.

$$NI_{bairro} = \sum(SI1_{bairro} * W1) + (SI2_{bairro} * W2) + \dots + (SIn_{bairro} * Wn) \quad (19)$$

Onde:

- $NI_{bairro}$  é o índice de necessidade para o bairro;
- $bairro$  é o bairro em análise;
- $SIi_{bairro}$  é o indicador padronizado de cada indicador de necessidade;
- sendo  $i = 1 \dots n$ ;
- $Wi$  é o peso atribuído para cada indicador de necessidade.

A figura 12 mostra a distribuição espacial das necessidades sociais devido à desvantagem em transporte público na Grande Melbourne. Tal como se procedeu na medida da oferta, aqui também foi feita uma divisão em grupos dentro de uma escala de necessidades com a pontuação variando de *baixa necessidade* a *alta necessidade*, no contexto de três níveis abaixo da média (*abaixo da média*, *baixa* e *muito baixa*) e outros três níveis acima da média (*acima da média*, *alta* e *muito alta*).

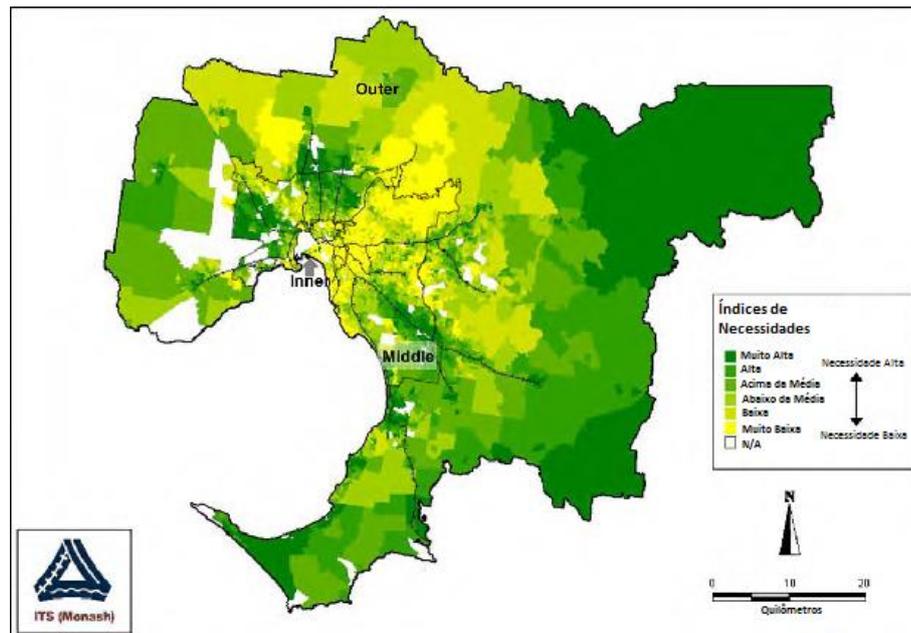


Figura 12 - Distribuição espacial de acordo com os índices de necessidades (Adaptado de Currie, 2010)

Para o cálculo da medida das desvantagens em transportes, Currie e Delbosc (2011) desenvolveram suas pesquisas na perspectiva de uma análise da equidade em relação aos transportes públicos, tanto para a horizontal quanto para a vertical, utilizando-se, para isto, os coeficientes de Gini que foram calculados mediante a seguinte equação:

$$G_1 = 1 - \sum_{k=1}^n (X_k - X_{k-1})(Y_k + Y_{k-1}) \quad (20)$$

Onde:

- $X_k$  é a proporção acumulada da variável população, para  $k = 0, \dots, n$ , com  $X_0 = 0$ ,  $X_n = 1$ .
- $Y_k$  é a proporção acumulada da variável serviço de transporte público, para  $k = 0, \dots, n$ , com
- $Y_0 = 0$ ,  $Y_n = 1$ .

Utilizando-se os dados do censo australiano de 2006, referentes a Melbourne, ao nível dos bairros, comparou-se o índice da oferta de transporte público à população e também posteriormente ao emprego, a fim de se proceder à avaliação da equidade horizontal. Para a avaliação da equidade vertical foram obtidos dados demográficos daquele censo.

Wu e Hine (2003), por sua vez, para a medida das desvantagens em transportes da abordagem desenvolvida para Belfast, na Irlanda do Norte, utilizaram o índice de privação múltipla daquele país, o chamado *Noble Index*. Este índice foi baseado no censo demográfico de 1991,

possibilitando uma visibilidade na distribuição geográfica dos mais distintos aspetos de privação ou de desvantagem. Entre os indicadores de privação considerados pelo *Noble Index* estavam o rendimento, o emprego, a saúde e a incapacidade física ou mental, a educação, o meio ambiente social, a habitação e o acesso geográfico aos serviços de saúde, postais, entre outros.

No caso de estudo de Chen et al (2018), de uma forma bem simplificada e diante da disponibilidade dos dados, a medida da procura foi baseada na parcela da população de idosos com 65 anos ou mais em relação à população total. Abaixo, a equação 21 é referente à procura dos transportes públicos pelos idosos.

$$PTDI_i = \frac{SP_i}{TP_i} \quad (21)$$

Onde:

- $PTDI_i$  é a medida da demanda de transportes público na área estatística  $i$ .
- $SP_i$  é a população de idosos com 65 anos ou mais, na área estatística  $i$ .
- $TP_i$  é a população total da área estatística  $i$ .

## **2.4 As falhas (*need-gaps*)**

Como já foi dito, o desenvolvimento metodológico desta tese é baseado na identificação de falhas territoriais na provisão de transportes públicos para pessoas que estão socialmente em desvantagem, neste caso por estarem genericamente distantes do centro e de zonas onde há maior oferta de transportes públicos.

Diante da medida da oferta e daquela referente à desvantagem em transportes (a caracterização da procura), no método de Curie (2010) procede-se à comparação entre ambas usando o sistema de informações geográficas e desta forma são obtidas as *need-gaps*.

Na metodologia de Currie, conforme mencionado anteriormente, as *need-gaps* são obtidas através do confronto entre a medida da oferta e a medida das necessidades sociais (ou procura), ou seja, são calculadas como a diferença entre os valores padronizados dos índices da provisão de transportes públicos e o das necessidades em transportes.

A figura 13 abaixo, tendo em vista a aplicação do método *need-gaps* de Currie (2010), apresenta as falhas espaciais da oferta decorrentes da desvantagem em transportes (*need-gaps*) enquadradas na categoria da oferta *muito baixa* ou *zero oferta* e na categoria de desvantagem social por transportes *muito alta*.

Posteriormente, Delbosc e Currie (2011) utilizaram o índice para a oferta desenvolvido por Currie (2010), correspondente à equação (1) e que traduz a medida combinada da frequência de serviço (número de viagens de veículos por semana) e da distância de acesso às paragens/estações nos *catchments* existentes em cada bairro da região metropolitana de Melbourne.

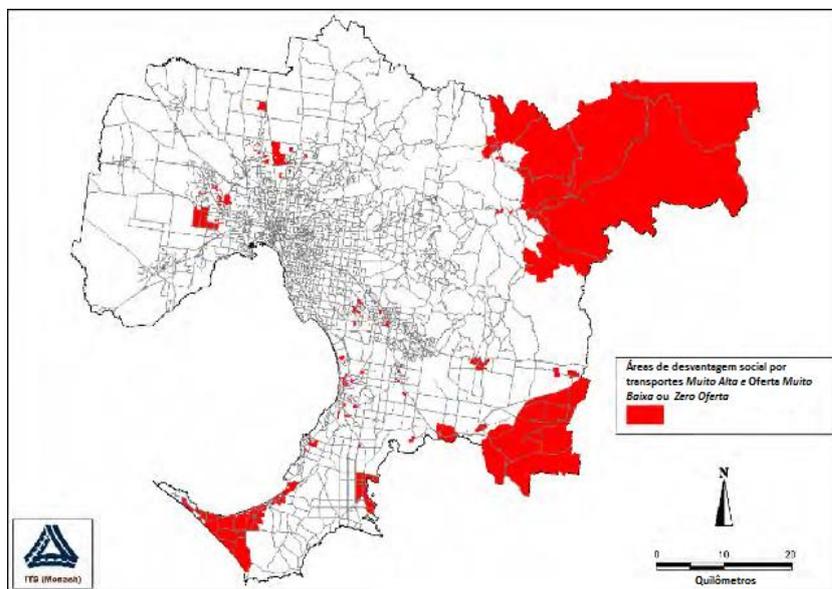


Figura 13 - Melbourne needs-gap – áreas de desvantagem social por transportes muito alta com oferta de transportes públicos muito baixa ou zero oferta (Adaptado de Currie, 2010)

O foco principal estava na consideração da distribuição da oferta em relação à população e emprego. Desta forma, optaram por uma perspectiva diferenciada pelo lado da procura, procurando ilustrar a performance da equidade. Para isso, a abordagem consistiu no uso das curvas de Lorenz, além do uso dos coeficientes de Gini para a representação da medida referente à equidade, permitindo uma representação visual das *gaps* na oferta de transportes públicos relativamente à população e ao emprego.

Na figura 14 abaixo, na análise da primeira curva (em laranja) referente apenas à população, pode-se observar que 70% da população de Melbourne compartilha apenas 19% do transporte público, enquanto que 30% desta mesma população compartilha os restantes 81% do serviço de transporte público. Na segunda curva (em azul) de Lorenz, comparando o nível de serviço a uma combinação da densidade residencial e de emprego, já se observa que 70% da combinação população e emprego compartilham apenas 23% do transporte público. Na primeira curva, a da oferta x população, o coeficiente de Gini obtido para toda a população de Melbourne foi 0,68. Com a inclusão do emprego, o coeficiente de Gini diminuiu para  $G=0,62$ , o que mostrou pouca

representatividade, isto é, as curvas sugerem relativamente baixa equidade horizontal, pois a maior parte dos serviços estão disponíveis apenas para uma pequena proporção da população.

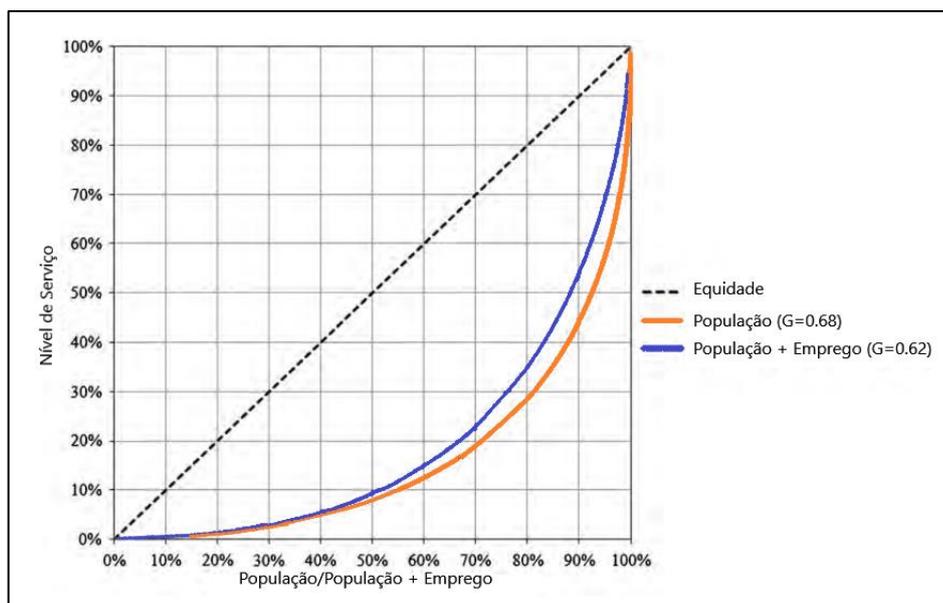


Figura 14 – Curvas de Lorenz da População e Emprego (adaptado de Delbosc e Currie, 2011)

Para que sejam mapeadas as *gaps* relativas à equidade horizontal, deteta-se as diferenças entre a oferta e a população, a fim de se identificar aonde estão as desigualdades do serviço.

Para cada bairro em Melbourne, a proporção da ‘população+emprego’ e a proporção do nível de serviço de transporte foram calculadas como uma percentagem do total da população ou quantum do índice de serviço. Uma foi então subtraída da outra para calcular quais áreas tinham mais transporte do que ‘pessoas+emprego’ e vice-versa. A figura 15 apresenta este diferencial geograficamente.

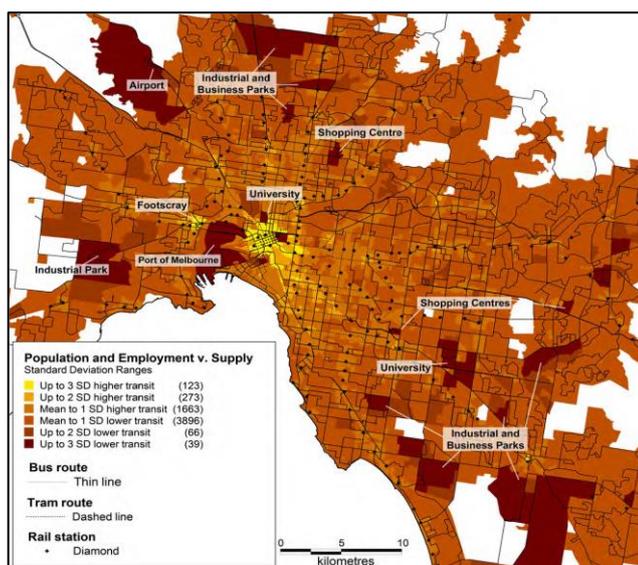


Figura 15 - Close-up das *gaps* da oferta (diferença entre a população+emprego e a oferta) (adaptado de Delbosc e Currie, 2011)

As faixas de sombreamento representam a diferença da média em variações de desvio padrão. Os valores entre parênteses são os números dos bairros em cada faixa de variação.

Cerca de 39 bairros apresentam três ou mais desvios-padrão abaixo da média de atendimento à população (regiões mais escuras). A tendência é que tais bairros estejam localizados nas periferias urbanas e áreas de baixa densidade onde os sistemas de transporte tradicional podem não ser viáveis, mas vê-se também algumas destas *gaps* nos subúrbios de *Inner* e *Middle* Melbourne com relativamente altas densidades.

Observa-se também na figura 15 que pontos identificados como importantes e de muita procura, tais como zonas industriais e de negócios na periferia, o Porto de Melbourne, *shopping centers* dos subúrbios de *Middle* Melbourne e ainda duas das maiores universidades, possuem baixa oferta de transportes públicos.

A maior parte das áreas de alta oferta estão localizadas nos *Inner* subúrbios e ao longo dos maiores corredores de *tram* e comboio. Entretanto, a região de *Footscray*, que fica no subúrbio no lado oeste de *Middle* Melbourne, destaca-se como umas das áreas de melhor oferta de transporte público comparado à população e emprego.

A abordagem de Wu e Hine (2003) utilizando o método PTAL (*Transport for London*, 2015) teve como ponto central a análise da Rede *Citybus* existente e a avaliação dos impactos espaciais que seriam causados na população sob a influência da rede, no caso da implantação de redes hipotéticas, para isso comparando relativamente o acesso às localidades em Belfast, bem como verificando os efeitos relativos neste acesso com a introdução de novos horários ou níveis de serviço.

Os níveis PTAL foram calculados para diferentes períodos de tempo, de tal forma que fosse possível examinar o acesso relativo em diferentes localidades, além dos efeitos relativos no acesso aos transportes públicos diante das modificações propostas.

Utilizando-se os benefícios do sistema de informações geográficas foi possível espacialmente comparar a acessibilidade em níveis local PTAL com as privações e desvantagens da população da área, antes e depois das opções colocadas hipoteticamente no estudo. Desta forma, as *gaps* foram devidamente identificadas para o que foi pretendido na pesquisa.

Tendo em vista as quatro hipóteses descritas pelos autores, incluída a situação existente (original), mostra-se abaixo, para ilustração do estudo, apenas a representação da rede *Citybus* original (Figura 16) e as respectivas áreas de privação da rede existente definidas em zonas PTAL no pico matutino (PM) (Figura 17).

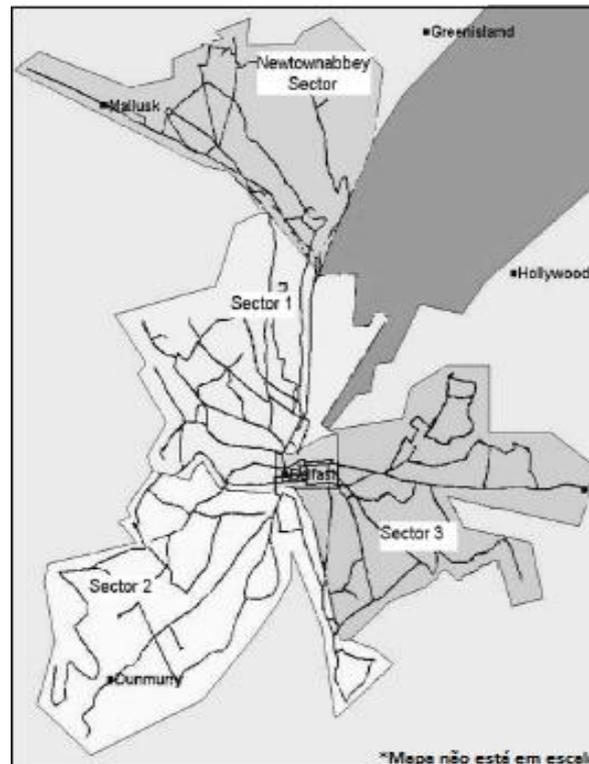


Figura 16 - Área de serviço do Citybus (Adaptado de Wu e Hine, 2003)

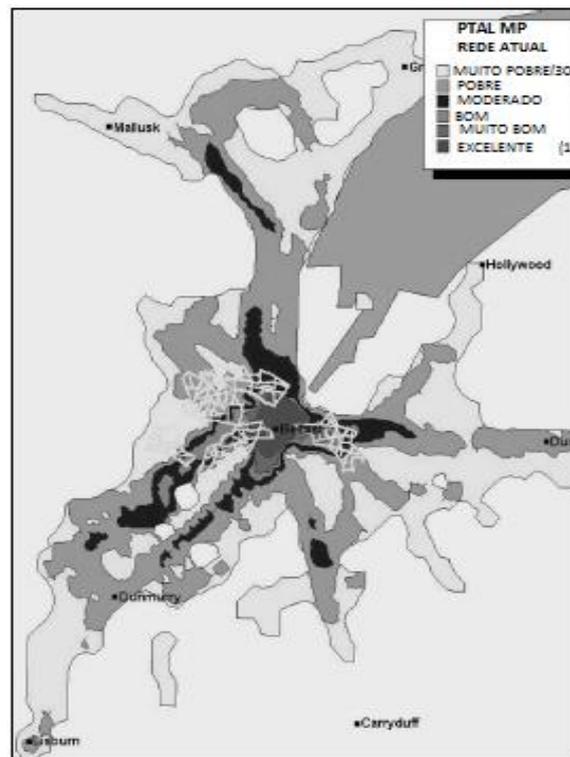


Figura 17 - Áreas de privação da rede original definidas em zonas PTAL no pico matutino (PM) (Adaptado de Wu e Hine, 2003)

Na pesquisa de Chen et al (2018) para a avaliação das falhas espaciais pertinentes aos transportes públicos, foi considerada a equidade social entre idosos sob duas perspectivas:

avaliação global das falhas relativas de transportes públicos através das curvas de Lorenz e do coeficiente de Gini e avaliação local das falhas relativas de transportes públicos através da *gap measurement*.

Para a avaliação das falhas no contexto global, foram medidas as discrepâncias entre a oferta e a demanda considerando o conjunto das áreas estatísticas *i*. Para isso foram utilizados as curvas de Lorenz e o coeficiente de Gini.

No contexto local, as falhas de transportes públicos de cada área estatística *i* foram usadas separadamente para a identificação das diferenças entre a oferta e a demanda para os idosos em cada uma daquelas áreas geográficas e desta forma comparar o grau do desvio relativo entre todas as *SAi*'s. Assim,

$$Gap_i = PTSI_i - PTDI_i \quad (22)$$

Onde:

- $Gap_i$  é a falha relativa de transporte público da *SAi*;
- $PTSI_i$  é o índice da oferta de transportes públicos da *SAi* e
- $PTDI_i$  é o índice da procura de transportes públicos pelos idosos da *Sai*.

Observa-se que o  $PTDI_i$  deve ser padronizado, a fim de que seja possível identificar as falhas relativas em cada *SAi* com a mesma magnitude.

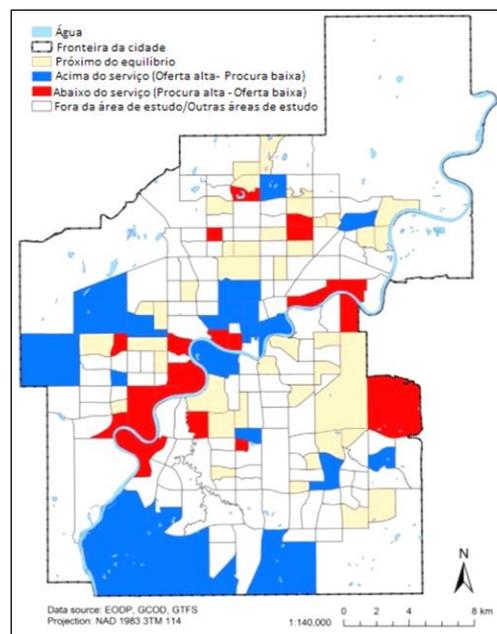


Figura 18 - Distribuição das falhas espaciais de transporte públicos a nível local em Edmonton (Adaptado de Chen et al, 2018)

No caso das falhas espaciais a nível local, vê-se na figura 18 que há um padrão mais disperso para as mesmas, com concentrações perto do rio. O serviço insuficiente é observado principalmente no Sudoeste e nas áreas circunvizinhas do Leste. As áreas com excesso de oferta tendem a ser adjacentes às áreas com oferta insuficiente ou áreas próximas do equilíbrio entre oferta e procura. Estas últimas, espalham-se em todas as direções.

Em relação às falhas espaciais no contexto global, pode-se observar os resultados através da figura 19. Comparando-se a oferta e a procura através do coeficiente de Gini, cujo valor é 0,17, entende-se que a provisão de transportes públicos para os idosos apresenta-se com características uniformes.

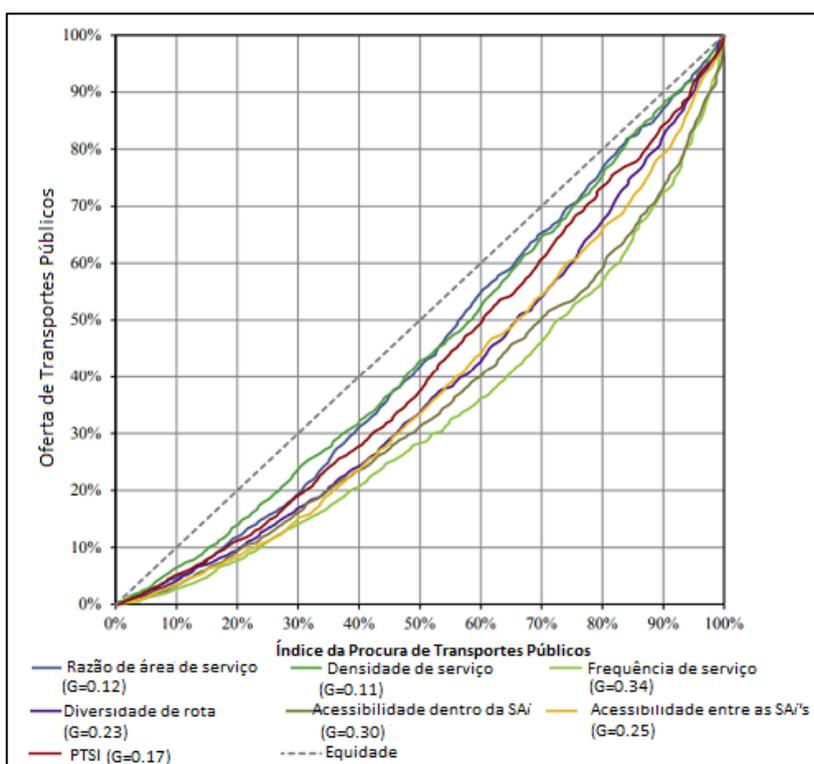


Figura 19 - Distribuição das falhas espaciais de transporte públicos a nível global em Edmonton (Adaptado de Chen et al, 2018)

O fato da curva de Lorenz do PTDI estar abaixo da diagonal, indica que apesar da uniformidade entre a oferta e a procura, existe uma variação da concentração do transporte público a nível das áreas do estudo (SAi's). O problema maior da distribuição do serviço para a população dos idosos refere-se à questão do acesso deles entre as SAi's e também do acesso dentro das SAi's. Os coeficientes de Gini, nestes casos, tiveram valores iguais a 0,30 e 0,25, respetivamente. Ressalta-se também uma desvantagem para os idosos em relação à frequência do serviço, com coeficiente de Gini igual a 0,34.

## **2.5 Síntese crítica da literatura e seleção de métodos a utilizar**

Diante de todos os documentos analisados, observou-se em síntese, o que se descreve a seguir. O método *need-gaps* de Currie (2010) apresenta uma relativa facilidade e agilidade na sua aplicação, o que já é um grande diferencial em relação às demais técnicas analisadas neste estudo. No contexto de seu uso, detetou-se a eficácia com o estudo de Melbourne, identificando-se as falhas espaciais dos serviços de transportes públicos para um território de grandes proporções e alto contingente populacional.

No entanto, as necessidades socioeconômicas que compõem a procura, medidas naquela abordagem, sendo indicadores associados à desvantagem de transportes precisam de análise técnica para sua escolha e são de interpretação cuidadosa. Para o estudo de caso do Recife, os indicadores devem sofrer uma análise sob o viés das características territoriais, sociais e econômicas da população e dos aspectos próprios de uma cidade do Nordeste do Brasil.

As medidas relativas à prestação de serviços de transportes públicos da técnica *need-gaps* são simplistas, mas é possível melhorar sua estrutura com mais recursos. Pretende-se partir nesta tese para o cálculo da oferta através das linhas de transportes públicos e sua contribuição espacial no território recifense. Além do número de viagens das linhas dos modais, de acordo com o índice de Currie (2010), a capacidade veicular de cada linha (Jaramillo et al, 2012) poderá ser importante para o ajuste da medida da oferta.

A ideia de Chen et al (2018) no uso da análise de rede do ArcGIS para determinar as áreas de serviço dos modais disponíveis, utilizando a rede viária local, consegue pôr mais acurácia na medida da oferta do que os *walking buffers* utilizados por Currie (2010), o que deverá ser implementado no desenvolvimento metodológico deste trabalho.

A inserção da densidade populacional no índice de acessibilidade para Melbourne (Saghapour et al, 2016) foi de grande valor, já que é um indicador da distribuição espacial da população nas áreas estatísticas. Assim, no desenvolvimento da medida da acessibilidade desta tese, pretende-se incluir este indicador, pois mesmo assumindo a distribuição homogênea da população dentro das áreas estatísticas definidas neste trabalho, é possível a obtenção de resultados melhores sobre a proximidade das pessoas em relação aos transportes públicos.

Tal como Delbosc e Currie (2011) e Chen (2018), entendeu-se a importância de utilizar o método combinado que integra as curvas de Lorenz e o coeficiente de Gini para uma análise no contexto global da cidade do Recife. Desta forma, agregando todos os bairros do Recife, pretende-se identificar e analisar as discrepâncias entre a oferta e a procura.

Diante da breve análise ora exposta e tendo em vista o conhecimento agregado de uma relevante revisão da literatura, bem como os dados disponíveis, concluiu-se que são muitos os estudos anteriores que mediram diferentes fatores dos níveis de serviço de transportes públicos, incluído o aspeto da desvantagem em transportes. Tais trabalhos foram principalmente suportados por sistemas de informação geográfica, com as devidas bases de dados.

A proposta metodológica adotada nesta tese, desenhou-se tendo em atenção esta análise crítica da literatura, procurando reunir os aspetos metodológicos mais adequados para o problema a resolver numa nova metodologia que se pretendeu inovadora face aos documentos analisados. Assim e resumindo, as metodologias de base, analisadas na revisão da literatura e que foram reutilizadas na metodologia proposta nesta tese foram:

- Currie (2010);
- Delbosc e Currie (2011);
- Jaramillo et al (2012);
- Saghapour et al (2016);
- Chen et al (2018).

Estes artigos foram sendo adaptados e combinados ao longo da realização desta tese procurando-se captar o que de mais interessante se identificou em cada um deles de modo a criar um método que representasse uma evolução relativamente aos anteriores e que se adaptasse a um estudo de caso de territórios com grande desvantagem de transportes (ver esquemas das figuras 20 e 21).

No capítulo 3, esta articulação metodológica será detalhadamente explicada.

## Esquema de identificação do método a partir da revisão da literatura (parte 1)

### A partir do índice da oferta de Currie (2010):

Em vez de ter a contribuição espacial das áreas de serviço das paragens/estações (*walk access buffers*) para a oferta do bairro do território de interesse (Currie, 2010), *a ideia foi ter a contribuição espacial da área de cada rota que passa no bairro* (a Autora, 2019)

A rota é composta pelas áreas de serviço das paragens/estações por onde passa. No caso desta tese, essas áreas de serviço serão determinadas através da análise de rede no ArcGIS, utilizando-se a rede viária local. Esta ideia veio a partir de **Chen et al (2018)**

As áreas de serviço serão elaboradas mediante algumas restrições postas: distância limite de caminhada até a paragem/estação de 400m e 600m para autocarro e metro, respetivamente. O sistema construirá uma área de serviço em formato poligonal, já que utiliza a rede viária, considerando as opções de 400 ou 600 m de distância pelas vias para se chegar na paragem/estação. Estas áreas de serviço serão denominadas, neste trabalho, de PSAs. Uma rota é composta por PSAs, então, o conjunto das PSAs de uma rota será chamado de **RPSA (área de serviço poligonal de rota)**. Uma RPSA equivale ao *buffer* de uma rota. É a contribuição espacial da área do *buffer* de cada rota que passa pelo bairro que será utilizado no índice da oferta. (A autora, 2019)

**Currie (2010) ajustou o índice da oferta utilizando a frequência nos walk access buffers.** Neste trabalho, será utilizado o ajuste da frequência, sendo no caso, a da rota. Outro ajuste será considerado aqui também: *a inclusão da capacidade do veículo utilizado na rota, de acordo com a ideia de Jaramillo et al (2012).*

Pretende-se elaborar um **indicador de serviço por bairro (adaptado do índice da oferta desta tese)**, baseado na contribuição espacial da área de cada rota, para a oferta dos setores censitários de cada bairro (a Autora, 2020).  
Este indicador de serviço sofrerá *a inserção de um fator populacional de acordo com Saghapour (2016).*

Pretende-se elaborar um **índice de acessibilidade entre os bairros do território de interesse e um equipamento**, baseado na razão entre o índice da oferta do bairro e a distância euclidiana do centroide do bairro ao equipamento: **a Autora (2020)**

Pretende-se, ainda, a elaboração de uma **medida da oferta entre o equipamento e os bairros do território de estudo**: será feita através da adaptação do índice da oferta desenvolvido neste trabalho (a Autora, 2019).

Figura 20 - Esquema de identificação da metodologia a partir da revisão da literatura, parte 1 (realização própria, 2020)

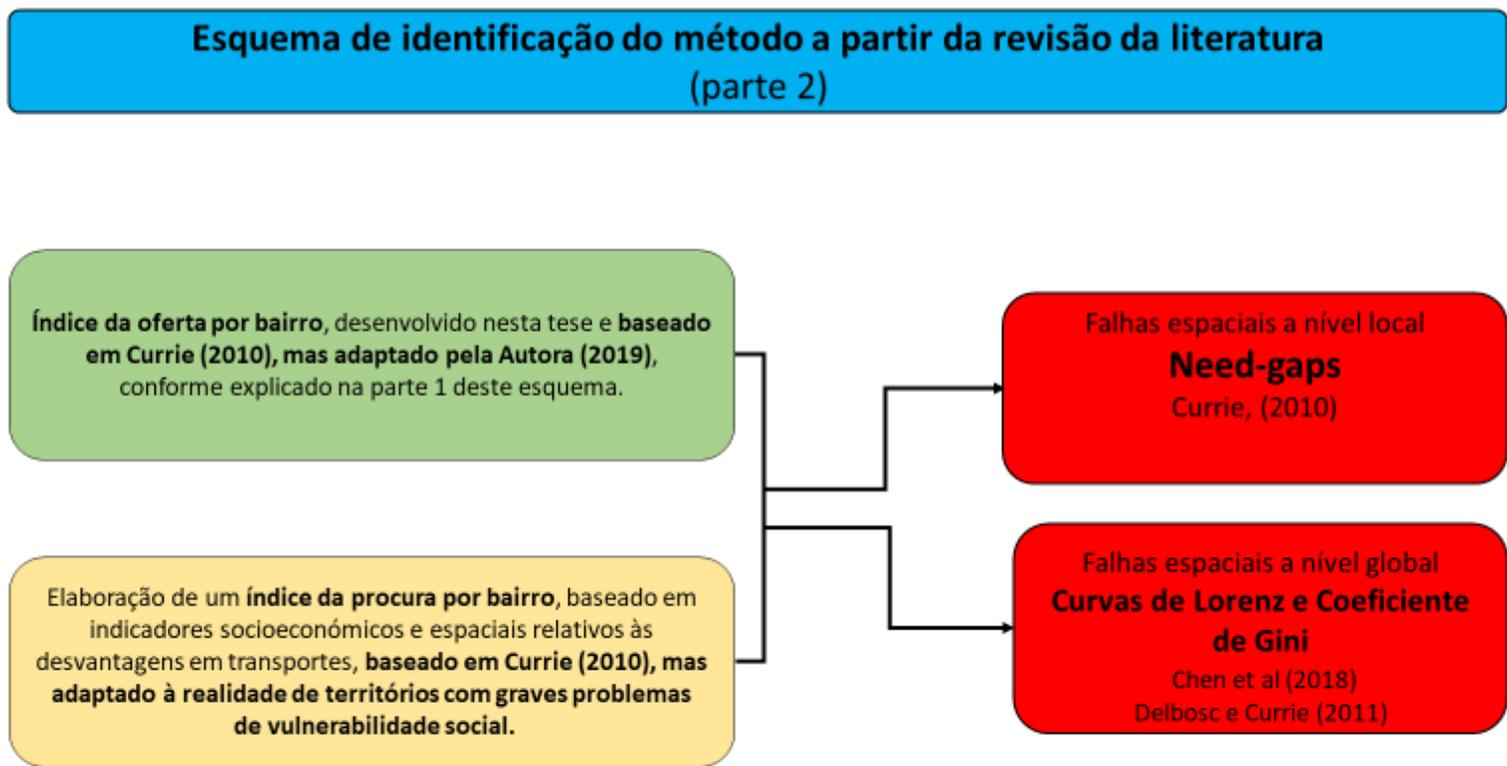


Figura 21 - Esquema de identificação da metodologia a partir da revisão da literatura, parte 2 (realização própria, 2020)

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Introdução

No capítulo anterior foram apresentadas abordagens que tratam da avaliação da disponibilidade e acessibilidade ao transporte público, voltadas principalmente às pessoas em vulnerabilidade social. Neste contexto e com o aprofundamento daqueles estudos, após uma cuidadosa análise crítica, foi possível a escolha dos caminhos metodológicos mais apropriados e pertinentes para o desenvolvimento e sustentação da metodologia da tese diante do enquadramento pretendido. Através da análise de pontos positivos e outros algumas vezes compreendidos como desfavoráveis, entendeu-se que o desenvolvimento metodológico desta tese deveria seguir a estrutura do método *need-gaps* de Currie (2010) por ser bem mais intuitivo na parte relativa à abordagem da oferta de transportes públicos, e que na simplicidade de seu cálculo consegue obter uma clara medida de nível de serviço no território, ao contrário das demais metodologias revisadas, que apesar de grande viabilidade e técnicas diversas não apresentariam as condições de maleabilidade no tratamento dos dados ou não alcançariam devidamente os resultados desejados.

O método *need-gaps* trata-se de um aperfeiçoamento de estudos anteriores daquele mesmo autor (1992, 2003, 2004), no qual o escopo principal é a detecção e avaliação das falhas espaciais (*spatial gaps*) na oferta de transportes públicos em contraposição com a demanda dos mesmos diante de aspetos relativos às necessidades sociais associadas à desvantagem em transportes. Este padrão de abordagem é também muito conhecido como *Gap Assessment* e nos estudos de Currie foi aplicado principalmente em cidades e regiões metropolitanas da Austrália, como também na Nova Zelândia.

No entanto, na perspectiva de um viés inovador, buscou-se um caminho que permitisse, também, resultados consolidados em estudos de territórios com altos níveis de desigualdade social e económica, caso totalmente diferente da realidade de cidades que fazem parte de países de bem-estar social, como a Austrália.

Desta forma, a estrutura da metodologia daquele autor sofrerá adaptações e modificações diante dos objetivos pretendidos para esta tese, propondo-se uma abordagem distinta das anteriores conforme se mostra a seguir.

- Aplicação da metodologia *need-gaps* (Currie, 2010) à realidade do território de interesse, todavia, com alterações e utilizando-se variáveis julgadas importantes para o território.
  - Na adaptação da metodologia de Currie, procurou-se adentrar no método *need-gaps* sob novas perspectivas.

- A medida da oferta para cada bairro da área territorial a ser estudada, será ancorada nas linhas<sup>6</sup> dos modos de transportes públicos existentes na cidade. Em se tratando de um grande número de linhas de autocarros, deve-se considerar que cada linha poderá ter uma ou mais rotas. Há ainda as linhas pertinentes ao metropolitano ou outro modal ferroviário público, em municípios que porventura venham a dispor dos mesmos. Importa levar em conta, que os diferentes modais existentes possuem rotas que podem atravessar vários bairros. Cada rota possui em seu itinerário um conjunto de áreas de serviço (paragens/estações) disponíveis para os utentes.

Os tradicionais *walking buffers* usados no estudo de Currie foram preteridos em prol da aplicação usada por Chen et al (2018), que trata da análise de rede no GIS possibilitando a obtenção das áreas de serviço das paragens/estações com base na rede viária local, o que permite resultados muito mais precisos. O uso dos *walking buffers*, muitas vezes sugerem áreas que estão inseridas fora da rede viária, tirando a exatidão dos resultados.

- Quando se confronta a área do bairro com a área do *buffer* da linha, deteta-se quanto esta linha contribui para a oferta do bairro inteiro. A frequência do serviço por cada linha no bairro e a capacidade do veículo utilizado em cada linha, esta última também utilizada por Jaramillo et al (2012), restringem ainda mais quaisquer aspetos que prejudiquem um mais preciso cálculo do índice da oferta.
- Determinar de forma mais acurada esta oferta no território da cidade, através das rotas disponíveis e fazendo a repartição por bairro, é inovador.
- No caso da medida da procura, as variáveis devem ser cuidadosamente escolhidas para que traduzam a realidade do município de pesquisa. Em lugares de baixa qualidade da oferta de transporte públicos, a repercussão neste sentido é ainda mais avassaladora naqueles que já vivem com qualquer tipo de desvantagem. Entendeu-se, portanto, formular uma medida da procura no mesmo segmento do índice de Currie, baseado nas necessidades sociais e de transportes, ponderando a importância dos fatores que a compõem. No entanto, os indicadores e os pesos determinados terão contexto diverso dos estudos de Currie, no caso de se tratar de localidade com falta de equidade vertical, pois é um facto que contribui para o aumento da distância

---

<sup>6</sup>Uma linha de modal de transporte público pode ter uma ou mais rotas. Isto acontece porque uma rota é uma composição de itinerários. Estes itinerários podem ser diversificados em algumas das viagens da linha, é quando a linha terá mais de uma rota. Por exemplo: Uma linha tem ida e volta e mais uma terceira viagem com itinerários distintos, então significa que tem três rotas. No anexo desta tese, a título de ilustração, há mapas de linhas com mais de uma rota.

entre os pobres e os ricos, para a desvantagem social, e em países de oportunidades desiguais, para a insegurança pública.

- Por fim, através do confronto entra a oferta e a procura dos transportes públicos, identifica-se e analisa-se as falhas espaciais da oferta devido às desvantagens sociais e de transportes do território, as chamadas *need-gaps*.
- Desenvolvimento de um indicador de nível de serviço (índice de acessibilidade) tendo em vista a metodologia proposta no item anterior. Este índice foi elaborado a partir da adaptação da medida da oferta desenvolvida nesta tese e é calculado para cada bairro.
  - Como na medida da oferta, o indicador de nível de serviço será calculado a partir das rotas dos modos de transportes públicos do território de estudo.
  - No entanto, para melhorar o aspeto da proximidade das pessoas em relação ao serviço das linhas que servem aos bairros, devem ser utilizadas unidades geográficas menores e sua respetiva população. Obtendo-se a porção das unidades geográficas que são servidas por transporte público, assumindo-se os habitantes homogeneamente distribuídos nelas e diante do fato de que as mesmas se encaixam perfeitamente dentro dos bairros aos quais pertencem, os resultados tornam-se mais realistas por se tratar de área bem menor que a de um bairro e o erro tende a ser menor. Saghapour et al (2016) utilizou os *mesh blocks* australianos para melhorar os resultados da distribuição populacional no seu estudo de acessibilidade para Melbourne.
  - Desta forma, a medida de acessibilidade (indicador de nível de serviço) desenvolvida neste trabalho parte das linhas de transportes públicos, através de suas respetivas rotas, levando-se em conta a frequência das viagens de cada rota e a capacidade dos veículos que as opera e está estruturada em unidades geográficas menores que compõem cada bairro do território estudado e na porção da população (Saghapour et al, 2016) servida por essas linhas em cada unidade geográfica.
- Aplicação do *Gap Assessment* desenvolvido neste trabalho, para o cálculo da oferta de transportes públicos entre os bairros do território de interesse e um equipamento. Um novo desdobramento da própria metodologia aqui proposta, sendo possível detetar os bairros bem servidos e mal servidos por transportes públicos, tendo o equipamento como ponto de interesse.
- Desenvolvimento de um índice de acessibilidade (nível de serviço) entre os bairros e o equipamento. Terá como base a razão entre o índice da oferta do bairro e a distância euclidiana do centroide do bairro ao equipamento em referência.

Finalmente, tendo em vista a exposição e resolução da trajetória percorrida para a composição da estrutura metodológica aqui desenvolvida, apresenta-se no próximo subcapítulo a metodologia proposta desta tese.

### **3.2 A Medida da Oferta**

A abordagem desenvolvida é inovadora e para isso procurou-se compor uma medida da oferta para cada bairro do território de estudo, a partir das rotas dos modais de transporte público disponíveis e de outras características do local destacando-se os seguintes aspetos:

- Áreas do bairro dispo do serviço de transporte público, com a identificação das possibilidades de deslocamento do utente, a pé, pela rede viária local, para alcançar aquele serviço;
- Nível de serviço ofertado pelo transporte público;
- Capacidade veicular (nível de oferta) dos modos de transporte público.

Utilizando a análise de rede no sistema de informações geográficas (GIS), baseada na malha viária local, são construídas as áreas de serviço poligonais a partir das paragens/estações de cada rota dos modos de transporte público existentes na localidade (município) desejada, identificando as vias com acesso a cada paragem/estação por deslocamento a pé na rede viária em distâncias máximas predeterminadas de 'x' metros. Cada paragem/estação corresponde a uma área de serviço poligonal (PSA - *polygonal service area*). Para cada rota de autocarro e metro, é então desenvolvida uma área de serviço poligonal de rota (RPSA - *route polygonal service area*) a fim de se obter o acesso para cada uma delas. Uma RPSA é um conjunto de áreas de serviço relativas às paragens/estações de uma determinada rota.

Considerando também restrições para as distâncias percorridas pelo passageiro até encontrar a paragem/estação que lhe é conveniente, a PSA é construída com base em valores pré-determinados para alcançar a paragem/estação desejada, quais sejam, 400 e 600 metros, para autocarros e metro, respetivamente, no caso de existirem ambos os modos de transportes públicos. Ou seja, o sistema deverá encontrar todas as possibilidades na rede viária que estão dentro dos limites de caminhada estabelecidos para se chegar à paragem/estação. Utilizando o valor padrão de 100 metros que o ArcGIS usa lateralmente a partir dos eixos centrais de cada via, *buffers* das vias são construídos formando juntamente com cada paragem/estação de interesse, uma PSA e através da união dessas PSAs será obtida a área de serviço poligonal de rota (RPSA) de acordo com o *pattern*<sup>7</sup> da rota desejada.

---

<sup>7</sup> *Patterns* são traços geométricos que ligam as paragens de uma mesma rota de autocarro.

Diferentemente da metodologia de Currie (2010), onde as áreas de serviço são os *walking buffers* com limites de caminhada até as paragens/estações predefinidos, mas que podem vir a conter em seu espaço, quaisquer tipos de obstáculos como rios, florestas e/ou lugares impossíveis para a passagem do pedestre e ainda assim podendo ser classificado como local de boa cobertura para o alcance do serviço de transporte público, as PSAs apresentam uma acurácia bem maior do que aquelas, pois são adaptadas ao desenho viário e desta forma, consegue-se obter áreas de cobertura do serviço com maior exatidão.

No entanto, este estudo considerou que no caso de áreas de serviço de paragens de uma determinada rota, mesmo que se intercetem, deveria prevalecer o princípio da união das áreas. No caso de modais iguais, em rotas com direções distintas, nos cruzamentos vão prevalecer a interseção de suas áreas. Quando os modos de transportes forem diversos, em caso de áreas de serviço que se intercetam, a conduta utilizada foi também a da interseção. Estes preceitos foram os mesmos utilizados por Delbosc and Currie (2011), além do reconhecimento que de que nas duas últimas situações, as sobreposições das áreas de serviço indicam um nível de serviço melhor.

Diante do exposto, neste trabalho, o índice para o cálculo da oferta para cada bairro de uma cidade que seja objeto de estudo, é calculado com base nas rotas de transportes públicos dos modais disponíveis, considerando a porção do bairro servida pelas rotas das linhas lá existentes, diante dos parâmetros estabelecidos de antemão na análise de rede. Este índice sofreu a ponderação de um indicador de frequência de viagens de cada rota, sendo considerado os 5 dias úteis da semana, entendendo-se como o período da semana de maior representatividade dos movimentos de transportes públicos, como também foi ponderado por outro fator referente à capacidade relativa dos veículos que operam em cada rota.

Assim, a medida da oferta de cada bairro será calculada através da seguinte expressão:

$$IO_k = \sum_{j=1}^m \left[ \frac{A_j \cap A_k}{A_k} \right] * F_j * C_j \quad (23)$$

Onde:

- $IO_k$  é o índice da oferta do bairro  $k$
- $k$  é o bairro em estudo
- $j$  é a rota do modal que passa no bairro  $k$
- $m$  é o total de rotas que passam no bairro  $k$
- $A_j \cap A_k$  é a área da RPSA referente à rota  $j$  em interseção com a área do bairro  $k$

- $F_j$  é o número de viagens da rota  $j$  (considerando os 5 dias úteis)
- $C_j$  é a capacidade relativa do veículo do modal da rota  $j$  calculada pela equação  $C_j = \frac{C_v}{C_{\max}}$ , sendo  $C_v$  a capacidade do veículo que opera na rota  $j$  e  $C_{\max}$  é a capacidade do maior veículo entre os modos disponíveis.

### **3.3 A Medida da Procura**

Procurou-se a construção de uma medida da procura através de fatores que revelassem a desvantagem social e a desvantagem em transportes e onde a importância de cada indicador fosse detetada pelo peso lhe fosse associado.

Dependendo da localidade que venha a ser objeto de pesquisa através desta metodologia, as variáveis propostas serão aquelas que compõem as diversidades socioeconómicas e urbanas de sua própria identidade, observando o problema da desvantagem em transporte, da desvantagem social e de como estas duas interagem de forma direta ou indireta, causando como diz Lucas (2012), a pobreza gerada pelo transporte.

Seguindo o entendimento de Lucas (2012), a desvantagem em transportes provém de fatores como o alto custo tarifário, serviços de transportes ruins, o fato de não dispor de seu próprio carro e também a falta de segurança pública. A desvantagem social, por sua vez, aparece através da baixa renda, do desemprego, pouca ou nenhuma habilitação profissional, problemas de saúde e moradias muito pobres. Diante da intercessão de tais fatores na vida do indivíduo, há o enquadramento na pobreza dos transportes, o que conduz à falta de acessibilidade a vários aspetos, entre eles, serviços, integração na estrutura da sociedade, oportunidades da própria vida e tomadas de decisão. A exclusão social nasce quando este contexto passa a ser facto na realidade do indivíduo.

Assim, apesar das muitas oportunidades para o desenvolvimento económico e social que a urbanização oferece, territórios podem estar divididos social e espacialmente, agregando sérios problemas de pobreza, grande desigualdade de renda, défice de emprego considerável somado a grande informalidade no trabalho, além de taxas altas de criminalidade e sensação de insegurança permanente; ou territórios podem estar enquadrados em situações de promoção de vidas sem tantas dificuldades socioeconómicas e de segregação espacial, ou na melhor das hipóteses, disporem de condições de bem-estar social.

Desta forma e observando as desvantagens social e de transportes das populações das cidades dos países de modo geral, sejam os mais pobres ou mais ricos, todavia observando-se o contexto num viés das necessidades sociais mais prementes dos indivíduos, devem ser escolhidos de forma judiciosa os indicadores para uma composição da medida da procura.

A elaboração do índice da procura teve como base a estrutura daquele proposto por Currie (2004, 2010) e Travers Morgan (1992) e que foi utilizado em cidades australianas, também aproveitado por Amoroso et al (2010) na Itália e posteriormente por Jaramillo et al (2012) na Colômbia, ou seja, é calculado através da soma ponderada de indicadores socioeconômicos e que consideram necessidades relacionadas aos transportes para cada bairro ou distrito da localidade de interesse.

Todas as variáveis deverão ser padronizadas para que tenham a mesma magnitude quando do cálculo do índice de cada um dos bairros do território de análise.

Para o cálculo dos pesos dos indicadores, foi escolhida nesta tese a opção da análise multivariada do componente principal (PCA). Trata-se de uma técnica estatística de análise multivariada que transforma linearmente um conjunto original de variáveis, inicialmente correlacionadas entre si, num conjunto substancialmente menor de variáveis não correlacionadas que contém a maior parte da informação do conjunto original. (Jolliffe, 2002). De acordo com Kubrusly (2001), para se estabelecer um índice que possibilite ordenar um conjunto de  $n$  objetos, segundo critério definido por um conjunto de  $m$  variáveis adequadas, é necessário escolher os pesos ou ponderações das variáveis de tal forma que traduzam a informação contida na variável. Para a construção de um índice como combinação linear de variáveis, é desejável que este contenha o máximo de informação fornecida pelo conjunto de variáveis selecionadas. Um método que cria combinações lineares com máxima variância é a análise de componentes principais. Assim, a despeito de outras técnicas de análise multivariada, entendeu-se que a PCA seria a mais apropriada para este estudo, pois o objetivo era a obtenção da variabilidade entre os dados. A PCA identifica o grau de relações e impactos das variáveis. Separa dados que não acrescentam à análise daqueles que contém toda a informação necessária. É um processo que torna a amostra mais compacta em estudo com perda mínima de informação. Principal vantagem desta técnica: retirar a multicolinearidade das variáveis, pois permite transformar um conjunto de variáveis originais intercorrelacionadas em um novo conjunto de variáveis não correlacionadas (componentes principais). Além disso, reduz muitas variáveis a eixos que representam algumas variáveis, sendo estes eixos perpendiculares (ortogonais) explicando a variação dos dados de forma decrescente e independente (Hongyu et al, 2016). Desta forma, a PCA é realizada no conjunto de variáveis de interesse, sendo definida pela componente principal de maior variância explicada, composta por uma média ponderada das variáveis de interesse, com os pesos relacionados retirados desta componente principal de maior variância.

Em cada dado, é feita uma transformação linear para que ele fique entre 0 e 1, com zero sendo o valor mínimo e 1 sendo o valor máximo, ou entre 1 e 0, com 1 sendo o valor mínimo e 0

sendo o valor máximo. Indicadores que foram pensados como diretamente proporcional com o índice das necessidades, são escalonados entre 0 e 1, enquanto que os vistos como inversamente proporcionais com o índice, como por exemplo a renda domiciliar, são colocados em escala de 1 a 0. Essa distinção é feita para que todos os pesos do índice sejam positivos, e assim, por fim, o índice tenha seu valor entre 0 e 100.

Para o escalonamento entre 0 e 1, é usada a seguinte fórmula:

$$I_{0-1} = \frac{I - I_{min}}{I_{max} - I_{min}} \quad (24)$$

Para o escalonamento entre 1 e 0, é usada a seguinte fórmula:

$$I_{1-0} = \frac{I_{max} - I}{I_{max} - I_{min}} \quad (25)$$

Existem diversas funções (códigos) para realizar a análise de componentes principais. Nesta tese foram escolhidos os códigos desenvolvidos por Chiasso Marques (2019).

Utilizou-se o Matlab (matrix laboratory), que é um software interativo de alta performance voltado para o cálculo numérico. Foram usados os códigos, importando-se os dados (indicadores) já normalizados e contidos na planilha do Microsoft Excel. Esses dados vão compor uma variável do Matlab. Essa variável será incluída como um parâmetro da função (do código). Também será incluída na função o parâmetro da variância retida, que foi definida neste trabalho no limite de 90%. Assim, os códigos serão rodados a fim de se obter a matriz.

A primeira coluna da matriz corresponde aos pesos de cada indicador. Para garantir que a soma dos pesos seja 1, após calculados pelo PCA, é realizado o seguinte procedimento:

Peso = Peso calculado pelo PCA / Soma de todos os pesos calculados PCA

Será, portanto, multiplicado o respetivo peso (obtido na primeira coluna da matriz) com seu respetivo indicador (cada célula no Microsoft Excel referente às colunas). Em seguida, faz-se a soma total (das respetivas linhas, correspondentes aos bairros), obtendo-se o Índice da Procura.

O Índice da Procura para cada bairro é dado pela expressão seguinte:

$$IP_k = \sum_{r=1}^n w_r \cdot \widetilde{x}_{r,k} \quad (26)$$

Onde:

- $\widetilde{x}_{r,j}$  é a variável  $r$  após a mudança de escala para o bairro  $k$ ;
- $w_r$  é o peso encontrado para a variável  $r$  pelo PCA;
- $IP_k$  é o índice da procura para cada bairro  $k$ .

### 3.4 A Análise Needs-Gaps

Com a obtenção das medidas da oferta e da procura de transportes públicos e com os bairros enquadrados por classe de oferta e de procura, serão determinadas as chamadas *need-gaps*, ou seja, as falhas espaciais da oferta tendo em vista a procura devido às necessidades sociais. Tal como no método desenvolvido por Currie (2010), aquelas medidas serão comparadas para que sejam detetadas as disparidades (*gaps*).

As *gaps* são, então, calculadas como a diferença entre o índice da oferta (IO) e o índice da procura (IP), estando ambos padronizados linearmente com um mínimo de 0 (zero) e um máximo de 1(um). Assim,

$$Gap = IO_{padronizado} - IP_{padronizado} \quad (27)$$

Onde:

- *Gap* é a falha espacial da oferta decorrente das necessidades sociais;
- $IO_{padronizado}$  é o índice da oferta padronizado;
- $IP_{padronizado}$  é o índice da procura padronizado.

### 3.5 Indicador de Nível de Serviço

A abordagem para a medida do nível de serviço é proveniente da adaptação da metodologia desenvolvida nesta tese, especificamente no que concerne à medida da oferta. Considera-se assim como um indicador alternativo uma vez que inclui oferta e procura (população) no mesmo indicador.

A distinção se faz no fato da inclusão de um fator populacional. Sendo um indicador distribucional importante, a população foi integrada à área geográfica ao nível de setores censitários (o objetivo é a utilização de uma menor unidade territorial), procurando desta forma detetar a proximidade do transporte público em relação aos utentes.

O índice da acessibilidade (nível de serviço) de cada bairro do território a ser estudado será, portanto, calculado com base nas rotas dos modos de transportes públicos disponíveis, considerando a parcela da população do bairro que está inserida em seus setores censitários respetivos e que podem ser servidas pelas rotas lá existentes, diante dos parâmetros estabelecidos de antemão na análise de rede, além de sofrer a ponderação de um indicador de

frequência de viagens de cada rota considerando-se os 5 dias úteis, e um outro relativo à capacidade relativa dos veículos que operam em cada rota.

Assim, a medida da acessibilidade (nível de serviço) de cada bairro foi calculada através da seguinte expressão:

$$IA_k = \sum_{j=1}^m \left\{ \left[ \sum_{i=1}^n \frac{A_j \cap A_i * Pop_i}{Pop_k} \right] * F_j * C_j \right\} \quad (28)$$

Onde:

- $IA_k$  é o índice da acessibilidade do bairro;
- $k$  é o bairro em estudo;
- $i$  é o setor censitário do bairro  $k$ ;
- $n$  é o total de setores censitários do bairro  $k$ ;
- $j$  é a rota do modal que passa no bairro  $k$ ;
- $m$  é o total de rotas que passam no bairro  $k$ ;
- $Pop_i$  é a população do setor censitário  $i$ ;
- $Pop_k$  é a população do bairro  $k$ ;
- $A_i$  é a área do setor censitário  $i$ ;
- $A_j \cap A_i$  é a área da RPSA referente à rota  $j$  em interseção com a área do setor censitário  $i$ ;
- $F_j$  é o número de viagens da rota  $j$  (considerando os 5 dias úteis);
- $C_j$  é a capacidade relativa do veículo do modal da rota  $j$  calculada pela equação  $C_j = \frac{C_v}{C_{max}}$ , sendo  $C_v$  a capacidade do veículo que opera na rota  $j$  e  $C_{max}$  é a capacidade do maior veículo entre os modos disponíveis.

### **3.6 Avaliação da acessibilidade (nível de serviço) a um equipamento a partir da metodologia desenvolvida**

#### **3.6.1 Introdução**

Para além do que foi apresentado neste capítulo sobre a metodologia desenvolvida, procedeu-se à adaptação do índice da oferta sob outra perspetiva. Entendeu-se a importância de determinar a provisão de transportes públicos entre os bairros do território que estará sob análise e um determinado equipamento a ser escolhido, que poderá ser qualquer centralidade para a

qual se deseje não somente calcular a oferta, mas também detetar a acessibilidade (nível de serviço) entre si e os bairros, conforme se apresenta a seguir nos próximos subcapítulos.

### 3.6.2 Medida da Oferta entre os bairros da cidade e o equipamento

A referência espacial escolhida para o equipamento foi cada uma das paragens que estivesse no interior de um *buffer* de 200 metros de raio, tendo o equipamento como ponto central. Sendo identificadas as paragens contidas no *buffer*, estas são, por conseguinte, as mais próximas desse equipamento.

O objetivo é detetar as rotas que passam em pelo menos uma das paragens contidas no *buffer* do equipamento, a fim de se compor as RPSAs ‘paragens do equipamento-bairros e bairros-paragens do equipamento’ e assim calcular a medida da oferta entre os bairros do território de interesse e o equipamento.

Para a medida da oferta entre o equipamento e os bairros do território de estudo, adaptou-se o índice conforme se descreve abaixo:

$$IO_{kE} = \sum_{j=1}^m \left[ \frac{A_j \cap A_k}{A_k} \right] * F_j * C_j \quad (29)$$

Onde:

- $IO_{kE}$  é o índice da oferta entre o bairro  $k$  e o *buffer* do equipamento
- $k$  é o bairro em estudo
- $j$  é a rota do modal do bairro  $k$  que passa no *buffer* do equipamento
- $m$  é o total de rotas do bairro  $k$  que passam pelo *buffer* do equipamento
- $A_j \cap A_k$  é a área da RPSA referente à rota  $j$  em interseção com a área do bairro  $k$
- $F_j$  é o número de viagens da rota  $j$  (considerando os 5 dias úteis)
- $C_j$  é a capacidade relativa do veículo do modal da rota  $j$  calculada pela equação  $C_j = \frac{C_v}{C_{\max}}$ , sendo  $C_v$  a capacidade do veículo que opera na rota  $j$  e  $C_{\max}$  é a capacidade do maior veículo entre os modos disponíveis.

### 3.6.3 Indicador de acessibilidade (nível de serviço) entre os bairros e o equipamento

Para reforçar o cálculo da acessibilidade (nível de serviço) entre os bairros do território de estudo e o equipamento, foi criado um novo indicador, visto que o desenvolvimento de indicadores deste tipo são recomendáveis neste contexto de análise. Desta vez foi através da

intervenção no índice da oferta considerando a razão entre a oferta e a distância euclidiana entre os centroides de cada bairro e o equipamento. Assim, foi possível identificar os bairros que têm mais facilidade e os que têm menos, em alcançar os transportes públicos na trajetória ‘bairros - equipamento e equipamento - bairros’.

Abaixo, o índice da acessibilidade diante do exposto anteriormente.

$$IA_{kE} = \frac{1}{D_k} \left( \sum_{j=1}^m \left[ \frac{A_j \cap A_k}{A_k} \right] * F_j * C_j \right) \quad (30)$$

Onde:

- $IA_{kE}$  é o índice de acessibilidade entre o bairro  $k$  e o equipamento;
- $D_k$  é a distância euclidiana do centroide do bairro  $k$  e o equipamento;
- $k$  é o bairro em estudo;
- $j$  é a rota do modal do bairro  $k$  que passa no *buffer* do equipamento;
- $m$  é o total de rotas do bairro  $k$  que passam pelo *buffer* do equipamento;
- $A_j \cap A_k$  é a área da RPSA referente à rota  $j$  em interseção com a área do bairro  $k$ ;
- $F_j$  é o número de viagens da rota  $j$  (considerando os 5 dias úteis);
- $C_j$  é a capacidade relativa do veículo do modal da rota  $j$  calculada pela equação  $C_j = \frac{C_v}{C_{\max}}$ , sendo  $C_v$  a capacidade do veículo que opera na rota  $j$  e  $C_{\max}$  é a capacidade do maior veículo entre os modos disponíveis.

### 3.7 Síntese

Uma nova variação do método *need-gaps* de Currie (2010) foi desenvolvida nesta tese. Um índice para a provisão de transportes públicos para cada bairro de um determinado território foi construído a partir das linhas de modos de transportes públicos existentes e respectivas rotas.

Em vez da aplicação de *walking buffers* de Currie, foram criadas áreas de serviço para as paragens/estações integrando-se a rede viária local à análise de rede do GIS, possibilitando resultados de cobertura espacial sob uma perspectiva bem mais realista, tal como fez Chen et al (2018).

Na construção das RPSAs deste trabalho, *buffers* das rotas foram criados acompanhando o desenho da rede viária, com restrições espaciais predefinidas, permitindo assim maior precisão na determinação da área coberta pela oferta. Desta forma, rota a rota, obteve-se a porção de área do bairro coberta pelas mesmas e com a inclusão da correção da capacidade veicular de cada

uma e a respetiva frequência de viagens, construiu-se uma nova abordagem para a medida da oferta. A medida da procura foi calculada em variáveis que indicassem as desvantagens social e de transportes da população da localidade escolhida, de tal forma que quando confrontada com a medida da oferta, a perceção das *need-gaps* fosse efetiva.

No desenvolvimento metodológico deste trabalho procurou-se também elaborar um indicador de nível de serviço para cada bairro, o que foi realizado a partir da adaptação do índice da oferta e a inclusão de uma variável populacional. Utilizando-se setores censitários foram obtidos melhores resultados da distribuição espacial da população em relação ao acesso aos transportes públicos. Por fim, mostrando as possibilidades de perspectivas diversas para a metodologia aqui desenvolvida, foram elaboradas as medidas da oferta e da acessibilidade (nível de serviço) entre os bairros do território de estudo e um equipamento lá existente.

A figura 22 apresenta um esquema da metodologia desenvolvida na tese, cujo objetivo final é a identificação das falhas espaciais da oferta de transporte público numa determinada localidade.

Estando o desenvolvimento metodológico posto, as próximas etapas são a descrição do estudo de caso e a aplicação da metodologia desenvolvida, conforme se descreve no capítulo a seguir.

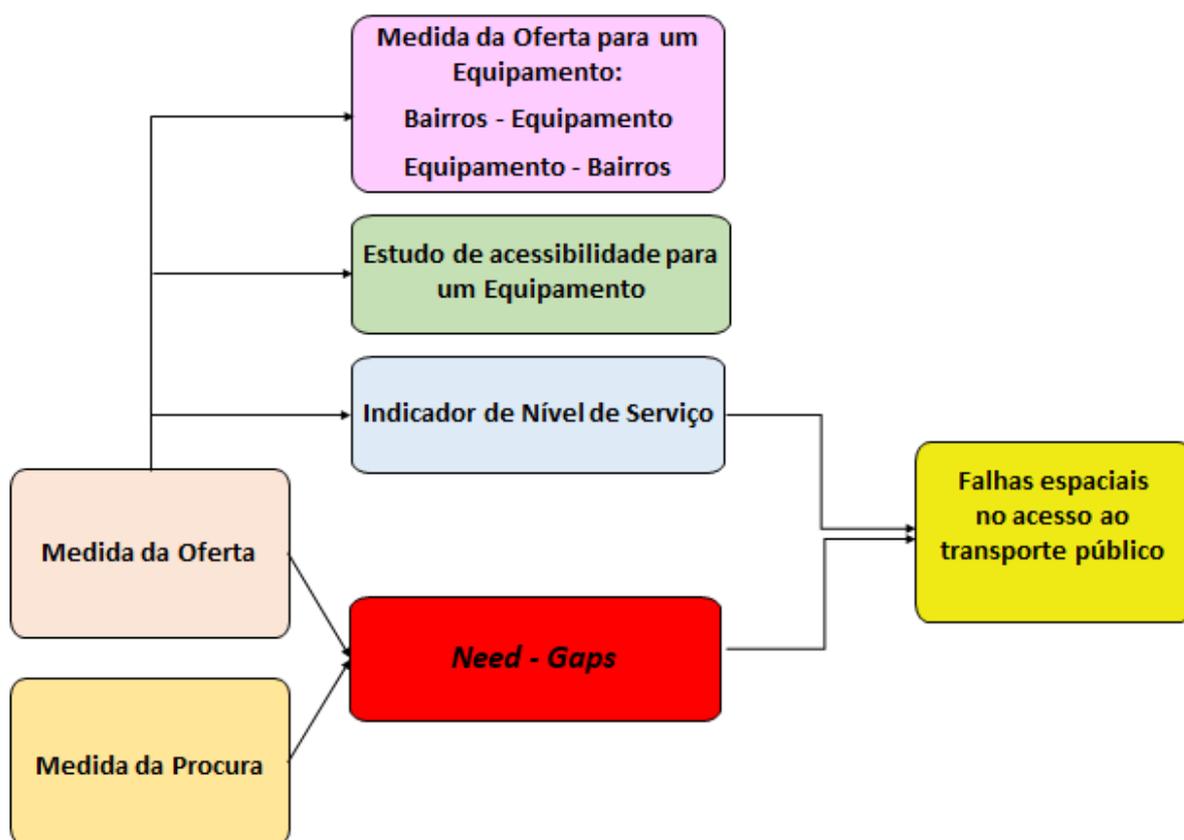


Figura 22 - Esquema da metodologia desenvolvida na tese

## 4 ANÁLISE DAS FALHAS DE TRANSPORTE PÚBLICO NA CIDADE DO RECIFE

### 4.1 Introdução

Neste capítulo, em primeiro lugar, fala-se sobre o estudo de caso, descrevendo as suas características. O estudo de caso compreende todos os noventa e quatro bairros do município do Recife, localizado na parte Nordeste do Brasil. Nessa descrição é também descrito o Sistema de Transporte Público de Passageiros da Região Metropolitana do Recife, no qual está inserido também a cidade do Recife, referindo-se ainda ao difícil caminho percorrido para a recolha dos dados utilizados para a aplicação do método proposto, uma vez que se tratou de um processo moroso e demorado pela dificuldade generalizada na obtenção de dados fiáveis. Finalmente, é apresentada a aplicação da metodologia desenvolvida.

### 4.2 Área de Estudo – Caracterização Geral

Capital do Estado de Pernambuco e localizada na região Nordeste do Brasil, a cidade do Recife é a área de estudo desta tese. A Fig. 23 mostra a posição do Recife em relação ao Estado de Pernambuco e ao Brasil.

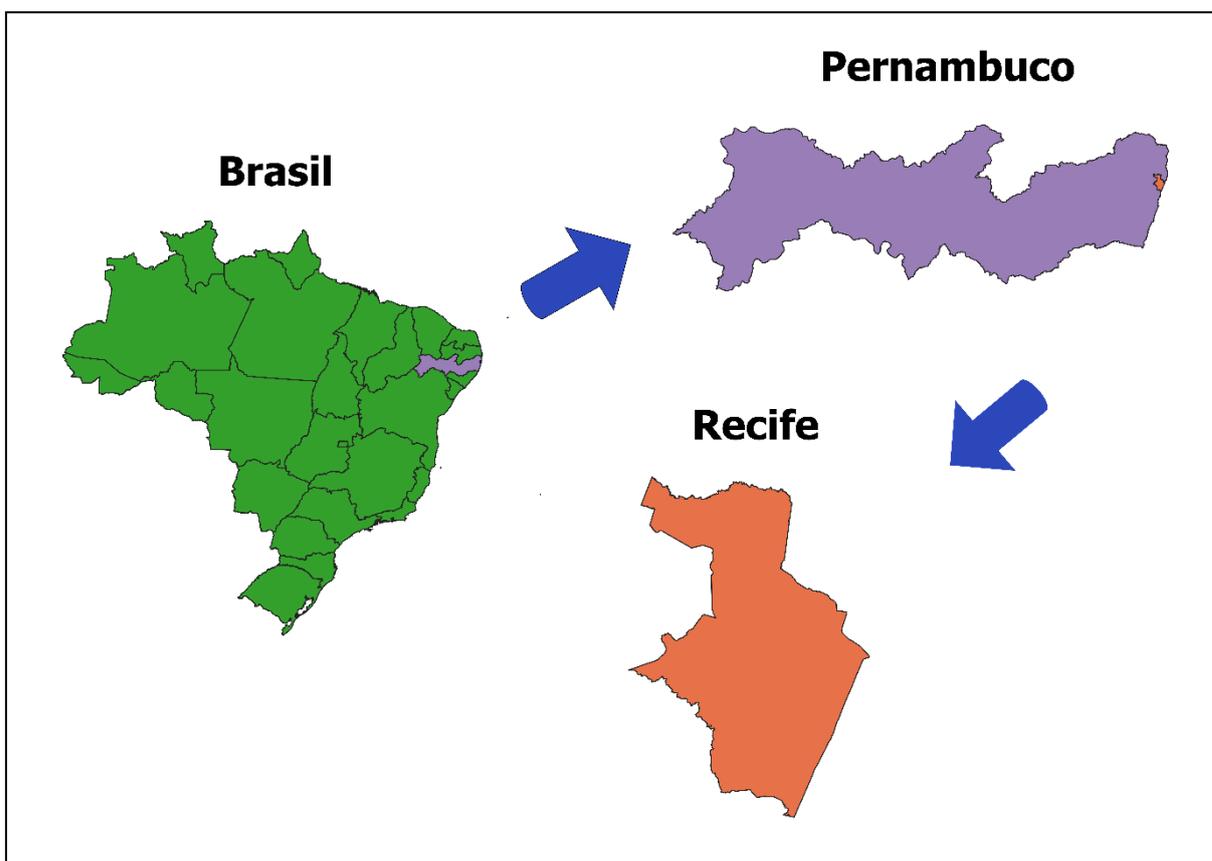


Figura 23 - Posição do Recife em relação ao Estado de Pernambuco e ao Brasil

Está inserida numa área metropolitana de estrutura policêntrica, sendo ela o centro de maior hierarquia territorial. A região metropolitana do Recife (RMR) é composta por 14 municípios, mencionados anteriormente no capítulo 1, com um total de 3.690.547 habitantes (IBGE, 2010). A cidade do Recife é responsável por 41% da população e 49% do PIB da RMR (PCR, 2010). Recife limita-se ao Norte com os municípios de Olinda e Paulista; ao Sul, Jaboatão dos Guararapes; a Leste com o oceano Atlântico e a Oeste com São Lourenço da Mata e Camaragibe.

A área territorial recifense é de 218,843 km<sup>2</sup> (IBGE,2017). Deste total, 67,43% é composta por morros, 23,26% por planícies, 9,31% por áreas aquáticas e 5,58% por Zonas Especiais de Preservação Ambiental.

O clima é o tropical-húmido e a altitude é de 4 metros acima do nível do mar (PCR, 2010).

O município que contabiliza um total de 1.537.704 habitantes e densidade demográfica de 7.039,64 habitantes / km<sup>2</sup>, tem apenas 69.2% dos domicílios com esgotamento sanitário adequado e somente 49.6% dos domicílios urbanos em vias públicas possuem urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio). Tão somente 60.5% dos domicílios urbanos estão em vias públicas com arborização (IBGE, 2017).

Recife tem o Índice de Desenvolvimento Humano (IDHM) correspondente a 0,772, situando o município na faixa de desenvolvimento humano alto. A dimensão que mais contribuiu para o IDHM do município foi a longevidade, com índice de 0,825, seguida de renda, 0,798, e de educação, 0,698 (PNUD, 2013). No entanto, vale salientar que este indicador deixa a desejar quando se trata da realidade socioeconômica dos territórios, sendo importante combiná-lo com outros dados, como trabalho, habitação e vulnerabilidade social, para que se tenha uma visibilidade mais realista e integral das condições de vida nas localidades pesquisadas. Por exemplo, uma grande limitação da dimensão renda é não considerar a desigualdade de renda entre os habitantes da área de referência. Assim, um município, por exemplo, pode apresentar uma elevada renda per capita, mas, ao mesmo tempo, pode ter uma grande parcela de sua população vivendo na pobreza (CONASS, 2018). No caso do Recife, a incidência da pobreza é de 39,46% (IBGE, 2004).

Na mesma linha de raciocínio, comparando-se as décadas de 2000 e 2010 no Recife, observa-se que a renda apropriada pelos 20% mais ricos foi de 71,76% e 72,5%, respectivamente. Vê-se, portanto, a evolução da desigualdade de renda descrita pelo índice de Gini, que passou de 0,67 para 0,68 naquele mesmo período (PCR, 2010).

O Recife concentra boa parte da base científica e tecnológica do Estado de Pernambuco. A estrutura está organizada em torno das universidades e dos institutos de pesquisa que se localizam no município. A construção civil e o turismo, este principalmente num viés cultural,

têm sido áreas prioritárias no crescimento econômico. Empreendimentos de Tecnologia da Informação e Comunicação e Economia Criativa no Porto Digital, como também os Polos Médico e Gastronômico, têm destaque na dinâmica da cidade (PCR, 2010).

### **4.3 As Regiões Político-Administrativas do Recife e seus Bairros**

O município do Recife é formado por 94 bairros que estão distribuídos em seis distritos sanitários denominados de Regiões Político-Administrativas (RPAs), 'para efeito de formulação, execução e avaliação permanente das políticas e do planejamento governamentais', conforme a Lei Municipal nº 16.293/97 (PCR, 1997). Ainda de acordo com esta legislação, as RPAs são subdivididas em microrregiões, com o propósito de definição de intervenções municipais no contexto local e articulação com a população. Este trabalho, no entanto, foi desenvolvido a nível de bairros.

As Regiões Político-Administrativas são as seguintes: RPA1, RPA2, RPA3, RPA4, RPA5 e RPA6 e estão localizadas nas regiões Centro, Norte, Noroeste, Oeste, Sudoeste e Sul do município, respectivamente (PCR, 2016). A figura 24, abaixo, mostra a divisão do Recife de acordo com as RPAs e municípios fronteiriços da Região Metropolitana do Recife.



Figura 24 - Mapa do Recife dividido por RPAs e municípios fronteiriços (Adaptado de PCR, 2016)

A RPA1 engloba 11 bairros que estão localizados na área Centro do Recife. São eles: Boa Vista, Cabanga, Coelho, Ilha do Leite, Ilha Joana Bezerra, Paissandu, Bairro do Recife, Santo Amaro, Santo Antônio, São José e Soledade.

Esta região é limítrofe à todas as demais RPAs a partir de eixos como a Avenida Agamenon Magalhães (corredor de transporte metropolitano-primeira perimetral e arterial principal), o braço morto do Rio Capibaribe e a Bacia do Pina; à leste está o Oceano Atlântico.

O centro histórico do Recife está localizado nesta RPA, onde se encontra um patrimônio arquitetônico muito representativo com data a partir do século XVII.

É no bairro do Recife que está o Porto do Recife que atua na prestação de serviços para atendimento de navios de longo curso e cabotagem para importação e exportação de cargas nacionais e estrangeiras. O Porto também tem estrutura para receber navios de cruzeiro e possui um Terminal Marítimo de Passageiros. Pela localização privilegiada, possui acessos estratégicos aos principais pontos da Região Metropolitana, com as menores distâncias aos principais centros de distribuição de mercadorias que se destinam ao interior e ao litoral do Estado. O Porto atende, praticamente, todo o Nordeste do brasileiro, no alcance de um raio de mil quilômetros, incluindo os estados da Paraíba, Rio Grande do Norte, Alagoas, Sergipe, Piauí, Ceará e Bahia. Está dentro da rota de navegação do Mercosul e das principais rotas internacionais (Porto do Recife, 2020).

Sendo eixo de conexão entre as regiões, a RPA1, além das atividades do Porto do Recife, absorve funções bastante representativas da Metrópole e nela estão centros financeiros, administrativo, comercial e de serviços, servindo também como o ponto de convergência dos transportes públicos, como será visto mais adiante neste capítulo.

Os bairros do Recife, São José, Santo Antônio e parte da Boa Vista, se destacam por serem localidades de intenso uso comercial e de serviço numa área central que carrega muita história e tradição.

Nas áreas ao redor da Avenida Agamenon Magalhães (corredor de transporte metropolitano) consolidam-se atividades empresariais, médico-hospitalares e escolas. Por outro lado, há também presença de galpões e fábricas no entorno imediato dessas localidades, e ao redor deles nos bairros de Santo Amaro, Coelhos e Ilha Joana Bezerra, comunidades carentes se consolidam (ICPS, 2017). A Fig. 25 destaca o mapa da RPA1 com seus bairros.

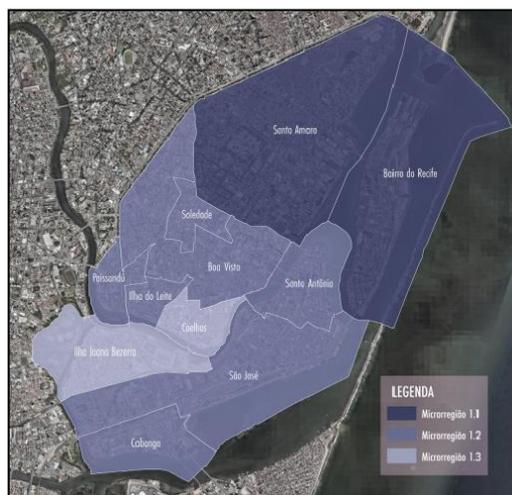


Figura 25 - Mapa da RPA1 com seus bairros (Adaptado de ICPS, 2017)

A RPA2, localizada na parte Norte da cidade, é limítrofe às RPAs 3 e 1 (oeste/sul e leste, respectivamente) e ao município de Olinda (norte/leste). É composta por 17 bairros: Arruda, Campina do Barreto, Encruzilhada, Hipódromo, Peixinhos, Ponto de Parada, Rosarinho, Torreão, Água Fria, Alto Santa Terezinha, Bomba do Hemetério, Cajueiro, Fundão, Porto da Madeira, Beberibe, Dois Unidos e Linha do Tiro. A Fig. 26 mostra os bairros da RPA2.

Em território de planície em grande parte alagada e também colinas cobertas de matas, a RPA2 teve sua urbanização intensificada com a implantação das linhas de transportes coletivos desde meados do século XIX ao início do século XX, com ocupação de residências de padrão médio em áreas menos adensadas, e de assentamentos mais precários nos baixos alagáveis. No entorno do Mercado da Encruzilhada se constituiu um centro de comércio que foi se expandindo para os bairros do Arruda e Água Fria. Os bairros de Água Fria e Beberibe começaram a ser ocupados nas décadas de 40 e 50, mais adiante agregando colinas situadas mais ao oeste, que ainda possuem sítios e trechos de matas, como é o caso do bairro de Dois Unidos. Ao longo dos anos com o adensamento de construções precárias, houve aumento nos pontos de risco de desabamento nos meses de chuva. Com a melhoria da infraestrutura básica, pavimentação, contenção de encostas e drenagem, uma valorização imobiliária foi observada como também a substituição de casas unifamiliares, que ainda é um padrão predominante, por edifícios residenciais em bairros como o Rosarinho, Encruzilhada e Torreão (ICPS, 2017).

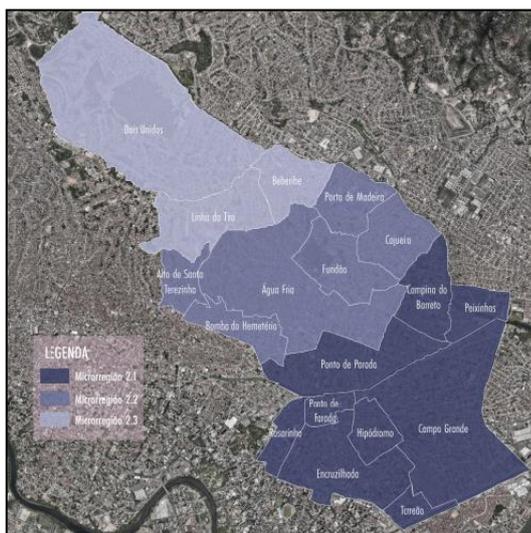


Figura 26 - Mapa da RPA2 com seus bairros (Adaptado de ICPS, 2017)

A RPA3 abrange 29 bairros que estão localizados na porção Noroeste do Recife e é limítrofe aos municípios de Olinda e Paulista e RPA2 ao norte, com a RPA4 e o Rio Capibaribe ao sul/sudoeste, a leste com a RPA 1 e a oeste com o município de Camaragibe. Ocupada por sítios e engenhos no século XIX, entrou no século XX com seu território transformado em bairros residenciais. Desde os anos 70 o perfil dos bairros desta região mudou com a construção de prédios de apartamentos de alto padrão, além da implantação de empreendimentos comerciais e de serviços, atraídos pela concentração de famílias de alta e média renda. No entanto, nas áreas de entorno do Rio Capibaribe e outros cursos d'água, pessoas mais carentes se mantiveram em pequenos assentamentos e a partir dos anos 40 a ocupação das colinas foi intensificada, constituindo nos altos e nos córregos o maior assentamento popular contínuo da cidade. Tal como na RPA2, o adensamento construtivo precário foi fator decisivo para o aumento dos pontos de risco de desabamentos em períodos chuvosos nesta região. No lado oeste da Rodovia BR 101, apesar da região ainda manter um perfil semi-rural, com grandes áreas de matas, vê-se um gradativo crescimento de loteamentos populares com ligações com ligações precárias com a parte urbanizada da cidade. (ICPS, 2017)

Os bairros pertencentes à RPA3 são os seguintes: Aflitos, Alto do Mandu, Alto José Bonifácio, Alto José do Pinho, Apipucos, Brejo da Guabiraba, Brejo de Beberibe, Casa Amarela, Casa Forte, Córrego do Jenipapo, Derby, Dois Irmãos, Espinheiro, Graças, Guabiraba, Jaqueira, Macaxeira, Monteiro, Nova Descoberta, Parnamirim, Passarinho, Pau-Ferro, Poço da Panela, Santana, Sítio dos Pintos, Tamarineira, Mangabeira, Morro da Conceição e Vasco da Gama. A Fig. 27 destaca o mapa da RPA3 e bairros contidos na mesma.

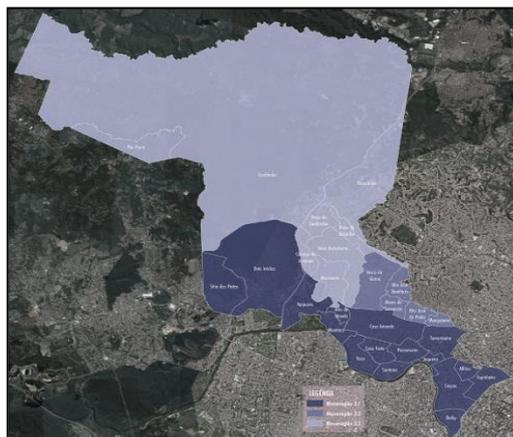


Figura 27 - Mapa da RPA3 com seus bairros (Adaptado de ICPS, 2017)

A RPA4 está localizada a oeste do Recife e é limítrofe aos municípios de São Lourenço da Mata e Camaragibe, ambos da Região Metropolitana do Recife, a oeste; ao norte com a RPA3 e o Rio Capibaribe, com a RPA5 ao sul e a leste com a RPA1.

Como em todo o Recife, a RPA4 também possui assentamentos de famílias carentes, já consolidados em áreas mal drenadas ou em invasões às margens do Rio Capibaribe. Bairros como Madalena, Torre e Ilha do Retiro, com a crescente valorização imobiliária, tiveram grande aumento na construção de edifícios de alto padrão e de empreendimentos comerciais e de serviço. Cordeiro, Iputinga, Cidade Universitária e Várzea ainda mantém o padrão de maior predominância de casas unifamiliares, porém, com melhoramentos no sistema viário e de drenagem, têm atraído o comércio e empreendimentos residenciais de pequenos edifícios. Nas colinas, a oeste, em áreas limítrofes à Camaragibe, atualmente servidas pelo Metro, a construção de conjuntos habitacionais de menor custo assegurou um forte crescimento de assentamentos populares.

A RPA4 é composta por 12 bairros, quais sejam: Cordeiro; Ilha do Retiro; Iputinga; Madalena; Prado; Torre; Zumbi; Engenho do Meio; Torrões; Caxangá; Cidade Universitária; Várzea.

A Fig. 28 apresenta o mapa da RPA 4 e respectivos bairros.

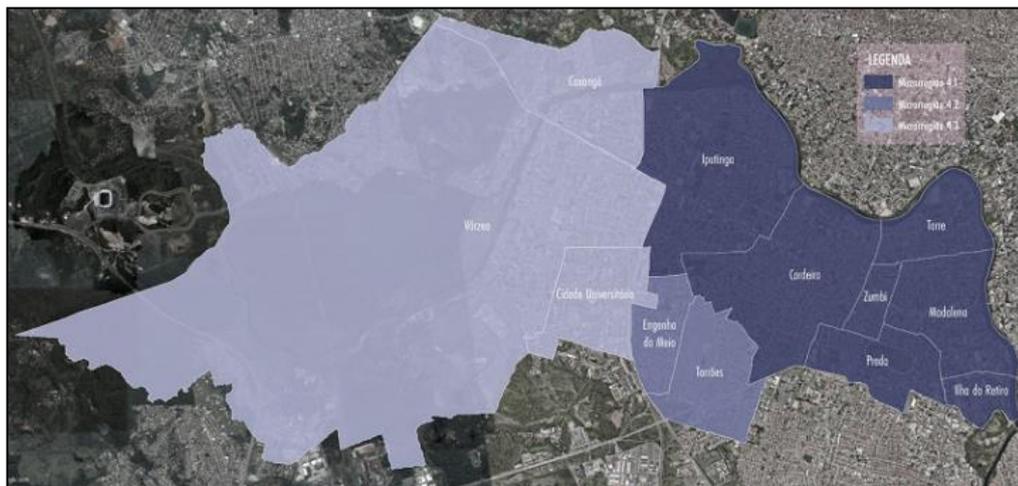


Figura 28 - Mapa da RPA4 com seus bairros (Adaptado de ICPS, 2017)

A RPA5 é formada por 16 bairros e está localizada a sudoeste do Recife, sendo limítrofe aos municípios de São Lourenço da Mata e Jaboatão a oeste, ao norte com a RPA4, ao sul com a RPA6 e a leste com a RPA1. Esta região abriga grandes conjuntos residenciais de característica popular, grandes estruturas comerciais como o Centro de Abastecimento e Logística de Pernambuco (CEASA) e supermercados, como também a Companhia Hidroelétrica do São Francisco (CHESF). Na parte ocidental, onde persistem as matas nos bairros do Curado e Barro, o adensamento habitacional através de conjuntos residenciais, loteamentos, vilas e ocupações em encostas, se deu no entorno de grandes equipamentos presentes na região, tais como hospitais públicos, complexo prisional, cemitério e distrito industrial.

Os bairros da RPA5 são os que se descreve a seguir: Afogados, Areias, Barro, Bongü, Caçote, Coqueiral, Curado, Estância, Jardim São Paulo, Jiquiá, Mangueira, Mustardinha, San Martin, Sancho, Tejiipió e Totó (ICPS, 2017). O mapa da RPA5 com os seus bairros está na Fig. 29.



Figura 29 - Mapa da RPA5 com seus bairros (Adaptado de ICPS, 2017)

Por fim, a RPA6, localizada na porção Sul do território recifense, abriga 8 bairros denominados a seguir: Boa Viagem, Brasília Teimosa, Imbiribeira, Ipsep, Pina, Ibura, Jordão e Cohab. Esta região é limítrofe ao município de Jaboatão dos Guararapes ao sul e a oeste, e, ao norte, com as RPAs 1 e 5. Nesta região encontra-se o Aeroporto Internacional do Recife (Guararapes-Gilberto Freire). Como em outras regiões recifenses, a presença de assentamentos de famílias pobres contrasta com prédios de alto padrão na orla marítima e na região de modo geral. Boa Viagem e Pina se destacam com a grande valorização imobiliária, existência de grandes shoppings centers e edifícios empresariais em seus entornos, além de infraestrutura hoteleira e de turismo (ICPS, 2017). A Fig. 30 apresenta o mapa da RPA 6 e respectivos bairros.

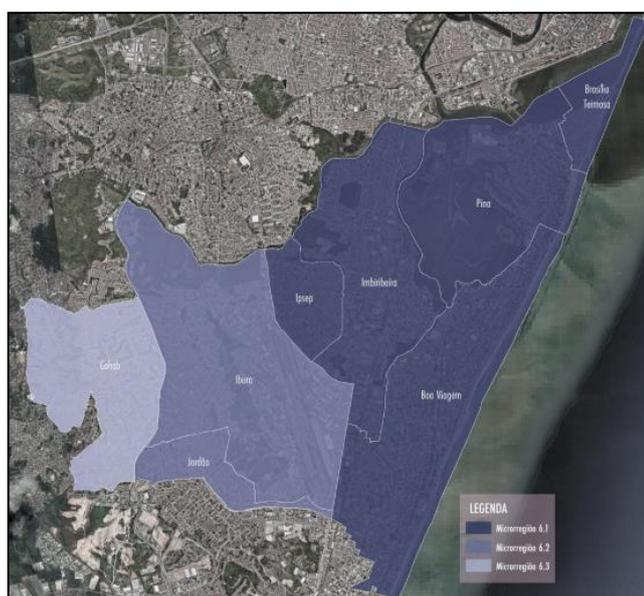


Figura 30 - Mapa da RPA6 com seus bairros (Adaptado de ICPS, 2017)

Os dados sobre desvantagem em transportes desses bairros são essencialmente os seguintes:

- População de 0-4 anos de idade;
- População com mais de 60 anos;
- População analfabeta;
- População matriculada na educação básica;
- Renda média mensal dos responsáveis pelo domicílio;
- Número de desempregados;
- Número de deficientes;
- População que recebe Bolsa Família;
- Frota de veículos motorizados;
- Homicídios;
- Distância ao Marco Zero;

- População sem água por sistema de distribuição de rede;
- População sem esgotamento sanitário por coleta da rede.

Estes dados serão descritos com detalhes mais adiante na análise, sendo explicado ainda neste capítulo como foram recolhidos, em conjunto com os dados referentes à oferta de transporte.

#### **4.4 O Sistema de Transporte Público de Passageiros da RMR e do Recife**

O sistema de transporte público da cidade do Recife faz parte de uma grande rede de integração dos modos autocarro, primordialmente, e metro, da Região Metropolitana do Recife (RMR). Esta rede de transporte público é gerida por uma empresa pública que absorve toda a RMR. Apresenta-se, a seguir, a sistemática dos transportes públicos da RMR e por conseguinte, a do Recife também.

O Poder Executivo Recifense e o Poder Executivo Olindense, ambos localizados na Região Metropolitana do Recife, e o Governo do Estado de Pernambuco, gerenciam de forma associada o Sistema de Transporte Público de Passageiros da Região Metropolitana do Recife (STPP/RMR). Esta gestão é realizada através do Consórcio de Transporte da Região Metropolitana do Recife (CTM), também denominado de Grande Recife Consórcio de Transporte. Assim, o CTM é responsável pela gestão das linhas intermunicipais da RMR e municipais do Recife e Olinda. Apesar dos demais municípios da RMR cuidarem da gestão de suas linhas locais, alguns deles possuem convênios com o CTM e delegam a este consórcio parte da gestão de suas linhas.

Além do CTM, participa da gestão do STPP/RMR o Conselho Superior de Transporte Metropolitano (CSTM), instituído em 2007, no âmbito da Agência de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do Estado de Pernambuco (ARPE). O CSTM é a instância normativa do sistema de transportes, cumprindo a ele, também, avaliar a atuação do Consórcio. O Conselho é composto por 23 membros, entre integrantes de secretarias municipais e estaduais, do CTM, do Legislativo municipal (Recife e Olinda) e estadual, entidades de classe, pessoas idosas, estudantes, pessoas com deficiência e outros (IEMA, 2018).

O STPP/RMR é operacionalizado por 13 empresas de autocarros privadas, com dois consórcios operacionais, como também pelo metro e o veículo leve sobre trilhos (VLT), estes últimos são operados por uma empresa pública federal. O principal modo de transporte é o autocarro, com uma frota de cerca de 3.000 veículos que realizam mais de 26 mil viagens por dia em 385 linhas e que transportam juntamente com o metro e o VLT, cerca de 2.200.000 utentes por dia na Região Metropolitana do Recife (ICPS, 2017).

A oferta de transporte público é ainda complementada pelos veículos de pequeno porte (VPP), com capacidade de 12 a 20 passageiros. Este transporte complementar no município do Recife

é gerido pela Autarquia de Trânsito e Transporte Urbano do Recife (CTTU) e foi criado para fazer ligações entre bairros e áreas de difícil acesso, que não são atendidas pelos autocarros regulares. O serviço atende cerca de 90 localidades e é composto por linhas alimentadoras e ‘interbairros’ que transportam em média 26.225 utentes por dia (ICPS, 2017). As linhas alimentadoras, com carácter social, transportam gratuitamente as pessoas que moram em áreas de difícil acesso até localidades onde circulam veículos de transporte público de passageiros. Ao todo, 18 linhas estão em operação. As linhas ‘interbairros’ facilitam o deslocamento das pessoas entre os subúrbios da cidade, sem circular pelo centro do Recife e nem nos corredores de autocarros. Neste caso, o transporte é remunerado. Existem sete linhas em circulação (CTTU, 2020). No caso da RMR, existem três linhas de VPP com frota de 23 veículos que transportam 7.565 utentes por dia (ICPS, 2017).

O STPP/RMR é constituído por dois sistemas: o Sistema Complementar e o Sistema Estrutural Integrado (SEI).

O Sistema Complementar é formado por linhas convencionais radiais, transversais e diametrais, que estão paulatinamente sendo transferidas para o SEI, com a implantação dos corredores estruturados.

O Sistema Estrutural Integrado (SEI) é um sistema tronco-alimentador multimodal composto por linhas de autocarros e metro, e que disponibiliza diversas alternativas de deslocamento com o pagamento de apenas uma tarifa, através de integrações em terminais fechados, circulando através de corredores estruturados. Este sistema apresenta uma configuração espacial constituída por eixos radiais e perimetrais, e no cruzamento destes eixos ficam situados os terminais de integração que permitem ao usuário a troca de linha sem pagar nova tarifa. É formado por uma malha com oito corredores rodoviários radio-concêntricos, dos quais três corredores são operados por Bus Rapid Service (BRS), dois por Bus Rapid Transit (BRT) e dois metro-ferroviários, convergentes ao Centro do Recife, e mais quatro corredores perimetrais, conectando diretamente os bairros sem passar pelo centro da cidade (Vanderlei e Andrade, 2014). A figura 31 apresenta o mapa do SEI.

Os autocarros do SEI podem ter as cores vermelho, amarelo, azul, verde ou branco. As cores escolhidas são as da bandeira do Estado de Pernambuco e representam o tipo de trajeto percorrido pelo autocarro, de forma a criar uma identificação visual para facilitar o passageiro que na escolha da linha.

O acesso do subúrbio aos terminais de integração se dá por meio das linhas alimentadoras, que utilizam veículos amarelos. As linhas perimetrais dispõem de veículos vermelhos na sua operação, as radiais são operadas pelos de cor azul, as ‘inter-terminais’ são representadas pelos verdes e a cor branca mostra que as linhas são circulares. Destacando-se que perimetrais são as

linhas que cruzam grandes corredores sem passar pelo centro da cidade; as radiais levam os usuários dos Terminais de Integração até o Centro do Recife; as ‘inter-terminais’ transitam levando os passageiros de um terminal a outro e as circulares trafegam nas áreas do entorno dos terminais.

No total, são 10 empresas operadoras responsáveis por 185 linhas, das quais 123 são alimentadoras, 3 perimetrais, 24 troncais, 18 ‘inter-terminais’, 6 transversais e 11 circulares, atendendo dez dos quatorze municípios da Região Metropolitana do Recife. O número de passageiros por dia, no ano de 2015 que utilizavam o SEI, era em torno de 800.000, ou seja, 40% da procura do STPP/RMR naquele período era relativa ao Sistema Estrutural Integrado (Grande Recife, 2015).

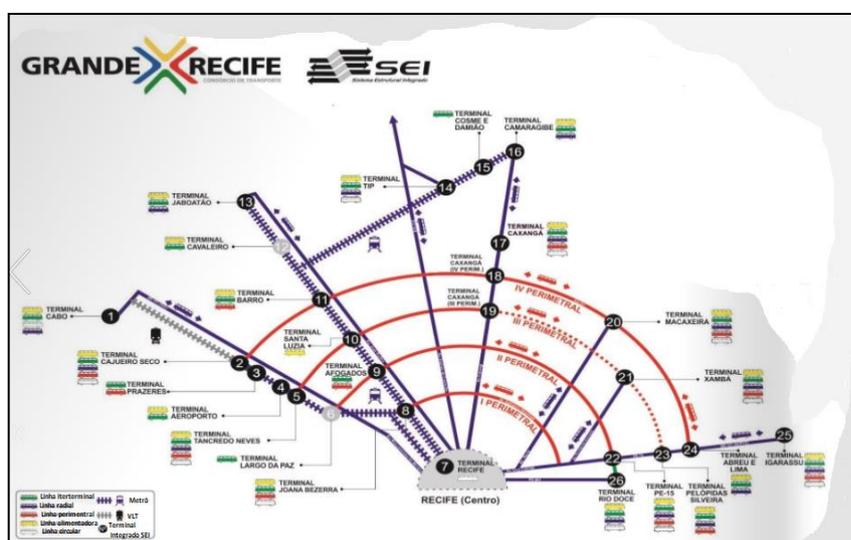


Figura 31 - Rede do Sistema Estrutural Integrado (SEI) (Adaptado de Grande Recife Consórcio de Transporte, 2019)

O Bus Rapid Service (BRS) trafega em corredores importantes do STPP/RMR, totalizando cerca de 40 km de faixas exclusivas (faixas azuis) implantadas no Recife. As vias componentes destes corredores e que tem as faixas azuis são as seguintes: Avenida Governador Agamenon Magalhães (Espinheiro, Derby, Paissandu, Ilha do Leite), Avenida Antônio de Góes (Pina), Avenida Recife (vários bairros), Avenida Marechal Mascarenhas de Moraes (Imbiribeira), Avenida Herculano Bandeira/Avenida Domingos Ferreira (Pina/Boa Viagem), Avenida Conselheiro Aguiar (Boa Viagem) e a Estrada dos Remédios (Madalena, Ilha do Retiro, Afogados e Torre), além da Rua Cosme Viana (Afogados) e Rua Real da Torre (Torre) (CTTU, 2020). Todas as faixas azuis garantiram resultados satisfatórios, gerando uma diminuição significativa no tempo de viagem dos passageiros. O ganho de velocidade média dos coletivos nos corredores beneficiados chega em até 118%, como aconteceu na Avenida Herculano Bandeira, onde a velocidade de 11km/h passou para 24km/h (CTTU, 2017).

O Bus Rapid Transit (BRT) ‘Via Livre’ opera na RMR desde o ano de 2014. Para seu funcionamento foram construídos dois corredores de ônibus, o Norte/Sul e o Leste/Oeste. O corredor Norte/Sul, esquematizado na Fig. 32, faz a ligação desde o município de Igarassu (RMR-lado norte), passando pelos municípios de Cruz de Rebouças, Abreu e Lima, Paulista e Olinda até o Centro do Recife. Operando com oito linhas e 26 estações, o Corredor atende uma demanda de 66 mil usuários nos dias úteis. O corredor Leste/Oeste, conforme o esquema da Fig 33, faz a conexão da cidade de Camaragibe (RMR-lado oeste) com o Centro do Recife. São seis linhas de BRT em operação. Este Corredor possui 19 estações em funcionamento e atende uma demanda de 63 mil usuários nos dias úteis. Nas estações Forte do Brum e Istmo do Recife, ambas no Centro do Recife, dá-se a integração dos dois corredores (Grande Recife, 2020). Ambos os corredores se destacam como eixos importantes do SEI e fazem parte da estratégia para aprimoramento desta rede conforme foi definido no PDTU-RMR (CBTU, 2008).



Figura 32 - Corredor Norte/Sul (Adaptado de Grande Recife Consórcio de Transporte, 2020)



Figura 33 - Corredor Leste/Oeste (Adaptado de Grande Recife Consórcio de Transporte, 2020)

A Figura 34 seguinte mostra um mapa esquemático do Sistema BRT Via Livre, considerando os trechos em que há prioridade de passagem com circulação exclusiva para ônibus (traçado contínuo) e os trechos em que os veículos operam em tráfego misto (traçado em pontilhado).

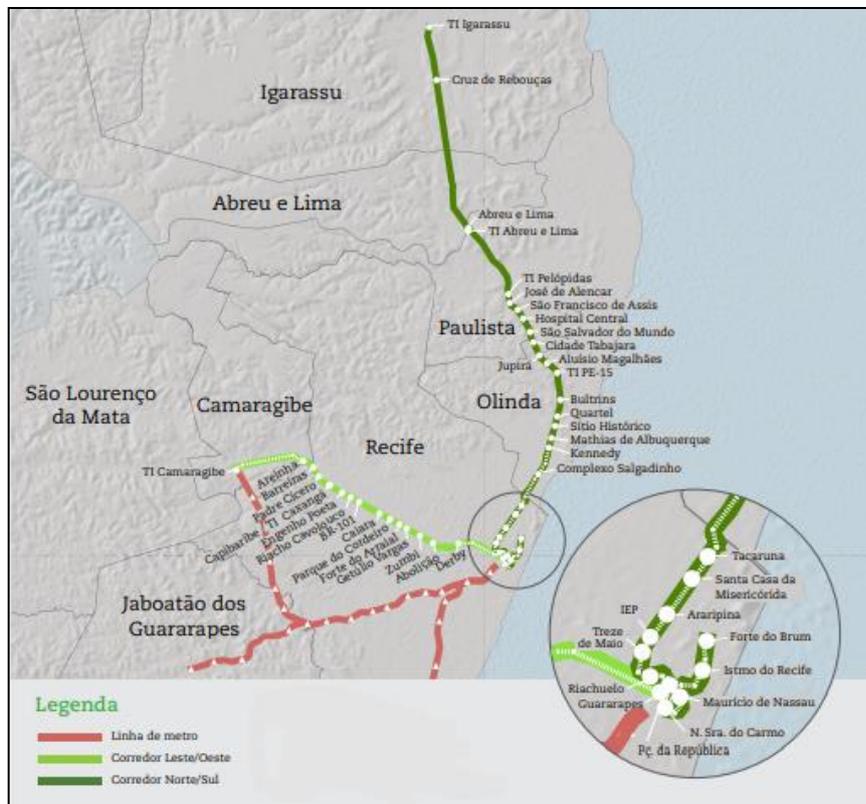


Figura 34 - Sistema BRT Via Livre da Região Metropolitana do Recife.(Adaptado de ITDP Brasil, 2017)

Em relação às linhas férreas do STPP/RMR, o sistema de trens urbanos do Recife é administrado pela Companhia Brasileira de Trens Urbanos (CBTU) e vem sendo operado através de 2 linhas eletrificadas (metro) e 1 linha operada por composições a diesel (VLT). A extensão total da malha viária é de 71 km com 37 estações. Além do Recife, o sistema abrange também os municípios de Jaboatão dos Guararapes, Camaragibe e Cabo de Santo Agostinho, transportando cerca de 400 mil passageiros/dia. A Linha Centro, eletrificada, alcança 3 municípios: Recife, Jaboatão dos Guararapes e Camaragibe. Esta possui 19 estações em operação, nos trechos Recife/Jaboatão e o ramal Coqueiral/Camaragibe. A Linha Sul, também eletrificada, passa pelos municípios do Recife e Jaboatão dos Guararapes, com 10 estações em operação, no trecho Recife/Cajueiro Seco. A linha operada através do VLT, abrange as seguintes cidades: Recife, Jaboatão dos Guararapes e Cabo de Santo Agostinho e conta com 8 estações em operação (CBTU, 2020). A figura 35 mostra o mapa do Sistema Metro e VLT.

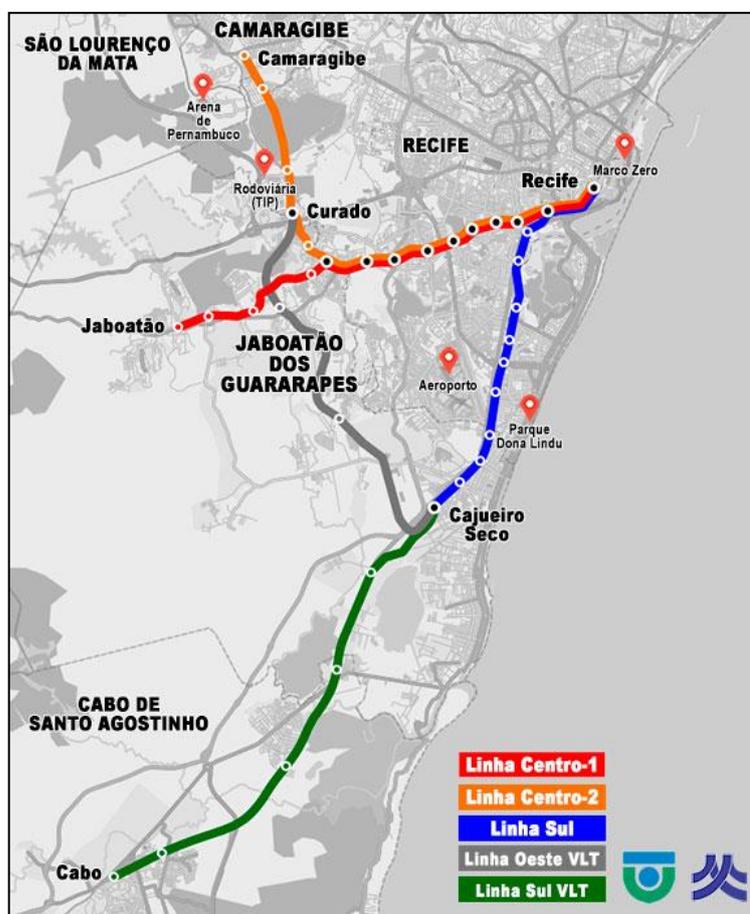


Figura 35 - Sistema Metro e VLT na RMR (Adaptado de CBTU, 2019)

Para o enquadramento especificamente da cidade do Recife e de como se apresenta sendo parte integrante do STPP-RMR, mostra-se abaixo características e o quantitativo de linhas do Recife, além do próprio STPP-RMR, permitindo uma visão direcionada agora, para o Recife. Trata-se

de resultados do diagnóstico do Plano Diretor de Mobilidade do Recife, cujos cenários são até o ano de 2011 (ICPS, 2011). O quadro na época era o seguinte:

- Eram 395 linhas/itinerários que compunham o STPP;
- 372 linhas/itinerários eram geridas pelo Grande Recife Consórcio de Transporte;
- 23 linhas/itinerários eram vinculadas ao Transporte Complementar, gerido pela CTTU;
- 377 linhas/itinerários transitavam dentro da cidade do Recife (95,4% do total do STPP);
- 281 linhas/itinerários acediam ao centro expandido do Recife (74,5% do total de linhas que transitavam na cidade).

Observando a Fig. 36 abaixo, da densidade de linhas, a configuração geográfica das linhas/itinerários à época, era de um sistema predominantemente concêntrico, com baixa densidade de linhas nas periferias e alta densidade no centro da cidade.

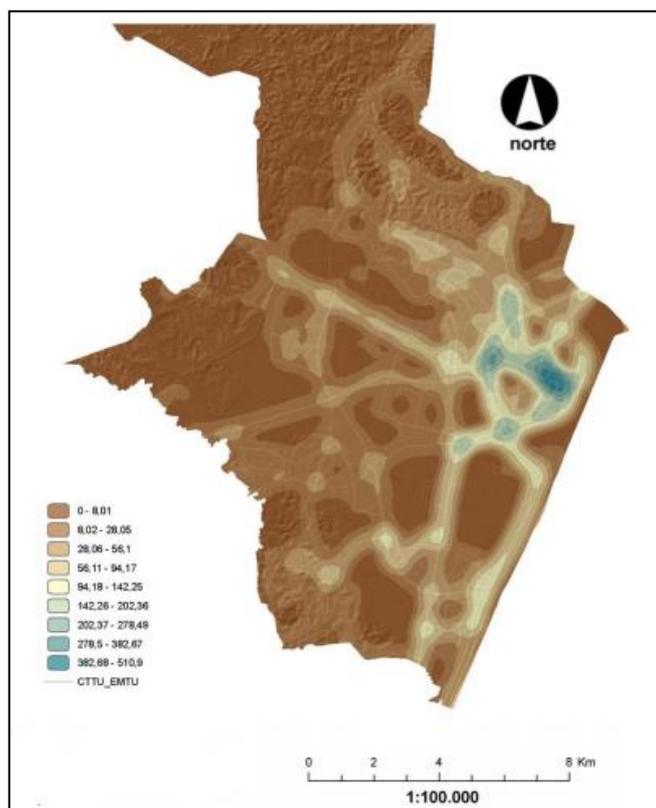


Figura 36 - Densidade geográfica das linhas do STPP e do transporte complementar Adaptado de ICPS (2011)

O centro principal do Recife e o centro expandido continental do Recife, conforme se vê na Fig. 37, juntos são compostos pelos bairros do Recife, Santo Antônio e São José, além da Ilha do leite, Paissandu, Coelhoos, Soledade, Boa Vista e Santo Amaro.

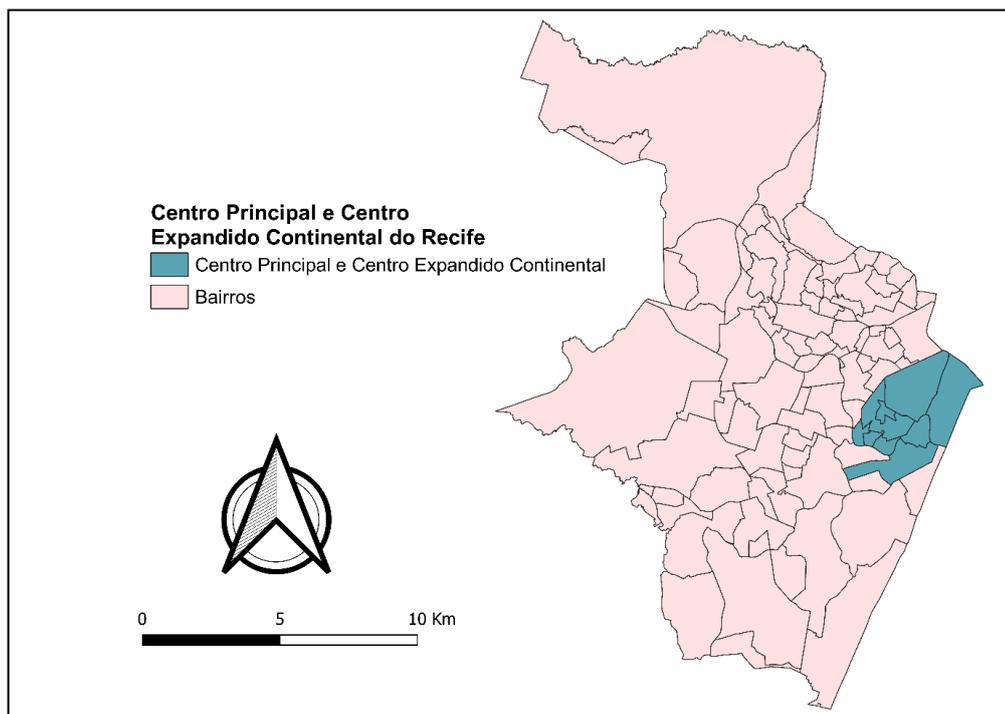


Figura 37 - Centro Principal e Centro Expandido Continental

Ainda de acordo com o diagnóstico do Plano Diretor de Mobilidade, a distribuição das linhas foi voltada para um sistema baseado na concepção ‘origem-destino’, mostrando o centro da cidade como objetivo principal dos deslocamentos no sistema, aspecto remanescente do sistema mais antigo de transporte de passageiros estabelecido no Recife.

A concentração das linhas na região central do Recife reflete uma condição de centralidade e convergência, por se tratar de um dos centros urbanos principais da cidade, para onde ‘convergem atividades econômicas diversificadas, intensificando conflitos entre os modos de transporte pela própria natureza dos usos nele localizados, mas, por outro lado, desempenhando também importante papel de conexão entre meios de transporte urbanos’ (Plano Centro Cidadão, 2018).

Diferentemente da concepção ‘origem-destino’ acima citada, o Sistema Estrutural Integrado (SEI) busca uma distribuição mais homogênea do sistema de transporte metropolitano dentro da malha viária, através de uma concepção de rede integrada visando uma multiplicidade de destinos na RMR do Recife. A ideia sempre foi a de que com o aperfeiçoamento do SEI, através da implantação de corredores exclusivos de transporte já previstos à época do diagnóstico, tais como o corredor Norte-Sul, por exemplo, a fim de complementar os já implantados Leste-Oeste, além das próprias linhas de metro, seria necessária a reestruturação do sistema de forma a alimentar estes novos equipamentos de alto desempenho, já que o cenário daquele momento era o de competição entre linhas metropolitanas e linhas do Sistema Estrutural Integrado, reduzindo a eficiência da rede de transporte de passageiros como um todo.

Desta forma, o diagnóstico previa que com a redistribuição da rede metropolitana, reduzindo sobreposições de itinerário, seria possível ao mesmo tempo, o adensamento da malha em áreas de baixa densidade e a redução de linhas em trechos de saturação, como é o caso de vias na área do centro do Recife. Até o transporte complementar do município, aquele com veículos de pequeno porte, para alcançar áreas de trajeto economicamente deficitários e de localidades de morros, estruturado também com linhas ‘origem-destino’, já praticava a sobreposição de linhas, inclusive compartilhando longos trechos do SEI.

Atualmente, o centro do Recife mantém a condição de centralidade urbana e também articuladora de um sistema concêntrico. Tal como no diagnóstico de 2011, a área central permanece fortemente congestionada. Apesar de ter havido uma grande racionalização das linhas de autocarros do STPP/RMR, como se vê entre os anos de 2015 (496 linhas) e 2018 (412 linhas) nos anuários do grande Recife Consórcio de Transporte e um aumento da mobilidade dos utentes dos transportes públicos devido à construção dos terminais integrados do SEI, a parte da área central do Recife com aproximadamente 10 km<sup>2</sup>, centro principal e centro expandido continental, ainda concentrava em 2017 um total de 1.600 autocarros que efetuavam 15.500 viagens por dia (ICPS, 2017).

No subcapítulo seguinte, referem-se as fontes e os processos de recolha de dados para aplicação da metodologia desenvolvida para este estudo de caso.

#### **4.5 Recolha de Dados**

A recolha dos dados foi uma etapa essencial no decorrer desta tese. Todo o processo foi moroso e demorado, mas permitiu uma aproximação mais realista das variáveis inicialmente propostas. Assim, esta parte é bastante significativa no estudo de caso, principalmente para pôr à prova a metodologia proposta e os seus resultados, validando-os ou não.

A dificuldade nesta investigação esteve relacionada essencialmente com esta recolha de dados. Percebeu-se que os sítios institucionais da cidade do Recife e do Estado de Pernambuco não se mantêm atualizados e na maioria das vezes não disponibilizam informações que fazem parte da transparência das instituições, além prejudicando as atividades de investigação. Houve uma dificuldade extrema na obtenção de respostas às perguntas que iam sendo colocadas no decorrer da investigação, parecendo que muitas vezes não se pretende encontrar soluções, para políticas públicas adequadas.

Em todo o caso, explorou-se até ao limite possível as possibilidades disponíveis para a obtenção de dados.

Um primeiro passo foi procurar fontes de dados em portais de Transparência Ativa. Trata-se de plataformas onde são divulgados dados por iniciativa do próprio setor público brasileiro, isto é,

quando são tornadas públicas informações, independente de requerimento, utilizando-se principalmente a internet.

Procurou-se também a utilização de dados secundários, ou seja, aqueles que já estavam disponíveis e sistematizados no momento da recolha. Assim, quando as informações não estavam disponíveis através de Transparência Ativa, eram solicitadas através de insistentes pedidos de informação através de Ouvidorias do município do Recife ou do governo do Estado de Pernambuco, com base na Lei de Acesso à Informação (LAI), lei federal nº 12.527/2011 que ‘assegura o direito fundamental de acesso às informações produzidas ou armazenadas por órgãos e entidades da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios’. Após busca exaustiva pelos dados secundários, nos casos em que nem todos os dados pretendidos estavam disponíveis para uso - porque o órgão responsável não tinha ainda o conteúdo solicitado no seu banco de dados ou mesmo não os disponibilizava - procurou-se, portanto, produzir alguns dados primários, aspeto que foi integrado nos procedimentos metodológicos desta tese.

Assim, foram visitados presencialmente pela autora da tese, várias instituições públicas que trabalham com ordenamento do território, desenvolvimento social, educação, saúde, saneamento, segurança pública, trânsito e transportes públicos, em Recife e na sua área metropolitana, além do governo do Estado de Pernambuco, como também aquelas instituições públicas e privadas relacionadas a equipamentos de saúde. Nestas visitas, foi possível obter dados e respostas para muitas perguntas, de acordo com os objetivos deste processo. .

Registra-se também a demora em muitas das respostas, apesar de prazo regulamentado, além da incompletude de conteúdo e da disponibilização de documentos não datados.

De uma forma global, tanto a Prefeitura do Recife, como o Governo do Estado de Pernambuco, demonstraram limitada capacidade na coleta, armazenagem, organização e divulgação de dados. Enquanto à primeira vista as dificuldades possam ser interpretadas como falta de vontade dos responsáveis pela interlocução do lado do poder público, após um grande número de experiências e diálogos em várias ocasiões, observaram-se também indícios de problemas administrativos - ora por falta de experiência, ora por desinteresse com o serviço público, ora por interesses específicos em não fornecer a informação - como uma grande falta de organização de bases de dados, além de falha na comunicação entre secretarias e também dentro das mesmas.

Apesar dos problemas apresentados, foram obtidos alguns retornos e informações, mas merece destaque uma questão bastante importante: observou-se sempre uma cautela fora do comum na divulgação das informações solicitadas.

Entende-se aqui, além do problema da organização administrativa citada, tratar-se de contexto de interesse político o fato da ausência de agilidade e transparência no provisionamento dos

dados, tendo em vista que os órgãos e entidades públicos são geridos por pessoal nomeado através de indicação daquela natureza. Acrescente-se ainda a isto, que durante a elaboração desta tese houveram eleições municipais (2016), estaduais (2018) e presidenciais (2018) no Estado brasileiro, o que prejudicou ainda mais a liberação e em alguns casos, deu lugar a negação dos dados solicitados.

Apresentam-se abaixo as tabelas 5 e 6 com os dados recolhidos e os métodos de aquisição.

*Tabela 5 - Dados levantados e métodos de aquisição através da Transparência Ativa*

<b>Dados</b>	<b>Fonte</b>
Base georreferenciada do município do Recife: bairros e estrutura viária	Portal de Dados Abertos, PCR, 2017
Base georreferenciada e banco de dados dos setores censitários, dados essenciais do município	Censo de 2010, IBGE
Dados sobre itinerários, horários, empresas operadoras e linhas de autocarros do Recife e RMR	Grande Recife Consórcio, 2015
Dados sociodemográficos do Recife	Censo de 2010, IBGE
Dados de vulnerabilidade por bairro	Atlas do Desenvolvimento Humano do Recife, 2005, IBGE
Dados frequência, linha e frota do transporte complementar do Recife- veículos de pequeno porte	CTTU, 2020
Dados estatísticos do transporte público da RMR	Anuário 2018, Grande Recife Consórcio de Transporte
Dados sobre sistema viário e modos de transporte no Recife	ICPS, 2017
Dados sobre transportes públicos no Recife	ICPS, 2017

*Tabela 6 - Dados levantados e métodos de aquisição através de Pedidos de Informação*

<b>Dados</b>	<b>Fonte</b>
Dados características operacionais do metro e VLT	CBTU-METROREC, 2017
Mapa rede metro e VLT com coordenadas geográficas das estações	CBTU-METROREC, 2017
Base georreferenciada da RMR com os dados estruturais do sistema de transporte público: sistema viário, paragens, linhas, rotas e <i>patterns</i> de autocarros	Grande Recife Consórcio de Transporte, 2015

Base georreferenciada da RMR com os dados estruturais do sistema de transporte público: estações do metro	FIDEM/PE, 2013
Dados sobre a capacidade veicular	Grande Recife Consórcio de Transporte, 2019
Dados sobre o programa distribuição de renda por bairro do Recife	PCR, 2018
Dados sobre pessoas com deficiência por bairro do Recife	PCR, 2018
Dados sobre rendimento familiar por bairro	Atlas do Desenvolvimento Humano no Recife, 2005
Dados sobre pessoas desempregadas por bairro do Recife	PCR, 2018
Dados educação: estudantes e escolas municipais por bairro do Recife	PCR, 2018
Dados educação: estudantes e escolas estaduais e particulares por bairro do Recife	Secretaria de Educação do Governo do Estado de Pernambuco, 2018
Dados sobre analfabetismo por bairro do Recife	PCR, 2012
Dados sobre frota de veículos motorizado por pessoa (jurídica/física) por bairro do Recife	DETRAN-PE, 2018
Dados sobre abastecimento de água e esgoto por bairro do Recife	Censo 2010, IBGE
Dados sobre homicídios por bairro do Recife	Secretaria de Defesa Social do Governo do Estado de Pernambuco, 2013

## **4.6 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA AO ESTUDO DE CASO E ANÁLISE DOS RESULTADOS**

### **4.6.1 Introdução**

A metodologia deste estudo desenvolveu uma medida para a oferta, bem como uma medida para a procura dos transportes públicos. O confronto entre os índices leva às falhas espaciais (*need-gaps*) da oferta para cada um dos bairros do Recife.

A importância da acessibilidade aos transportes públicos aprofundou ainda mais o estudo, sendo desenvolvido também um indicador de nível de serviço para cada bairro.

Diante da recolha de dados realizada, conforme explicitado no subcapítulo 4.5, os dados obtidos de forma mais detalhada, repise-se com muita dificuldade, foram angariados a nível de bairros. Desta forma, o zoneamento de áreas homogêneas em cada bairro, a fim de se considerar um nível espacial com menor unidade, não se mostrou factível pela inexistência dos respetivos dados.

Ademais, considerou-se que a medida geográfica dos dados obtidos, qual seja, bairros, se mostra qualitativa a fim de aplicação da metodologia que pode ser reproduzida de modo universal a qualquer dimensão espacial a que se tenha acesso aos dados nos futuros trabalhos. Também, os bairros correspondem à medida geográfica adotada pelo Brasil quanto à divisão dos municípios. Portanto, sendo o estudo de caso da cidade do Recife, localizada no Estado de Pernambuco, no Brasil, entendeu-se que o presente estudo é esclarecedor quanto ao que se propõe utilizando os bairros como medida para análise das falhas no serviço de transporte público daquele município.

Anote-se que quando do tratamento do indicador de nível de serviço, subcapítulo 3.5, foi possível a utilização de uma malha mais fina (os setores censitários) cumulativamente com a malha grossa (bairros), tendo em vista tratar-se de um indicador alternativo pois agrega a oferta e a procura (população) no mesmo indicador, não sendo necessário em sua concepção dados detalhados dos setores censitários, salvo área e população, e ainda assim fornecendo resultados efetivos do grau de vizinhança dos transportes públicos.

No entanto, o mesmo não acontece com as *need-gaps*, que em sua concepção necessitam das informações relativas à inclusão das necessidades sociais e desvantagem em transportes pelo lado da procura e desta forma, diante da indisponibilidade de dados para as unidades geográficas menores, o estudo foi feito na perspectiva da malha mais grossa (os bairros).

Apresenta-se agora, a aplicação do método ao estudo de caso da cidade do Recife.

#### 4.6.2 Aplicação da Medida da Oferta

A medida da oferta foi realizada com base nas 312 linhas de autocarros<sup>8</sup> que trafegam dentro da cidade do Recife e que fazem parte de um total de 402 linhas que operam em toda a Região Metropolitana do Recife e são geridas pelo Grande Recife Consórcio de Transporte, bem como foram consideradas as 2 linhas de metro<sup>9</sup> na extensão em que operam no município recifense, e que são administradas pela Companhia Brasileira de Trens Urbanos. O total de paragens/estações é de 2.172. A Fig. 38 abaixo mostra a divisão do Recife por bairros e a distribuição no território das paragens de autocarros e das estações do metro e através da figura 39, logo após, percebe-se o adensamento da malha viária da cidade, como também a linha do metropolitano.

---

<sup>8</sup>Existem 25 linhas de autocarros operadas com veículos de pequeno porte dentro do Recife, administradas pela autarquia recifense CTTU (vide subcapítulo 4.2). No entanto, no momento do desenvolvimento desta tese, a autarquia não dispunha dos dados georreferenciados referentes às mesmas. Assim, não foi possível a inclusão de tais linhas.

<sup>9</sup> Existe 1 linha de VLT gerida pela CBTU (vide subcapítulo 4.2), que também não foi possível sua inclusão. O fato ocorreu devido à indisponibilidade dos dados georreferenciados durante este estudo.

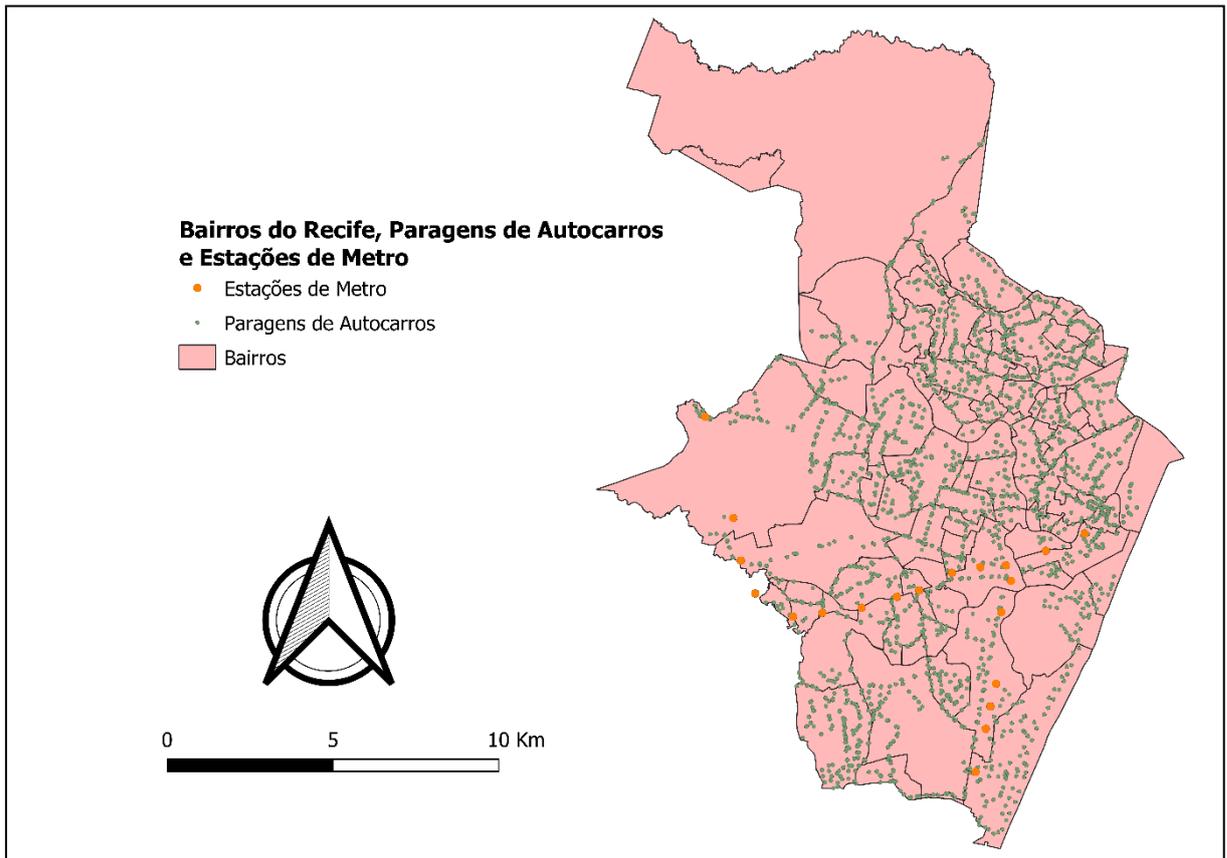


Figura 38 - Divisão do Recife por bairros e distribuição de paragens/autocarros e estações/metro

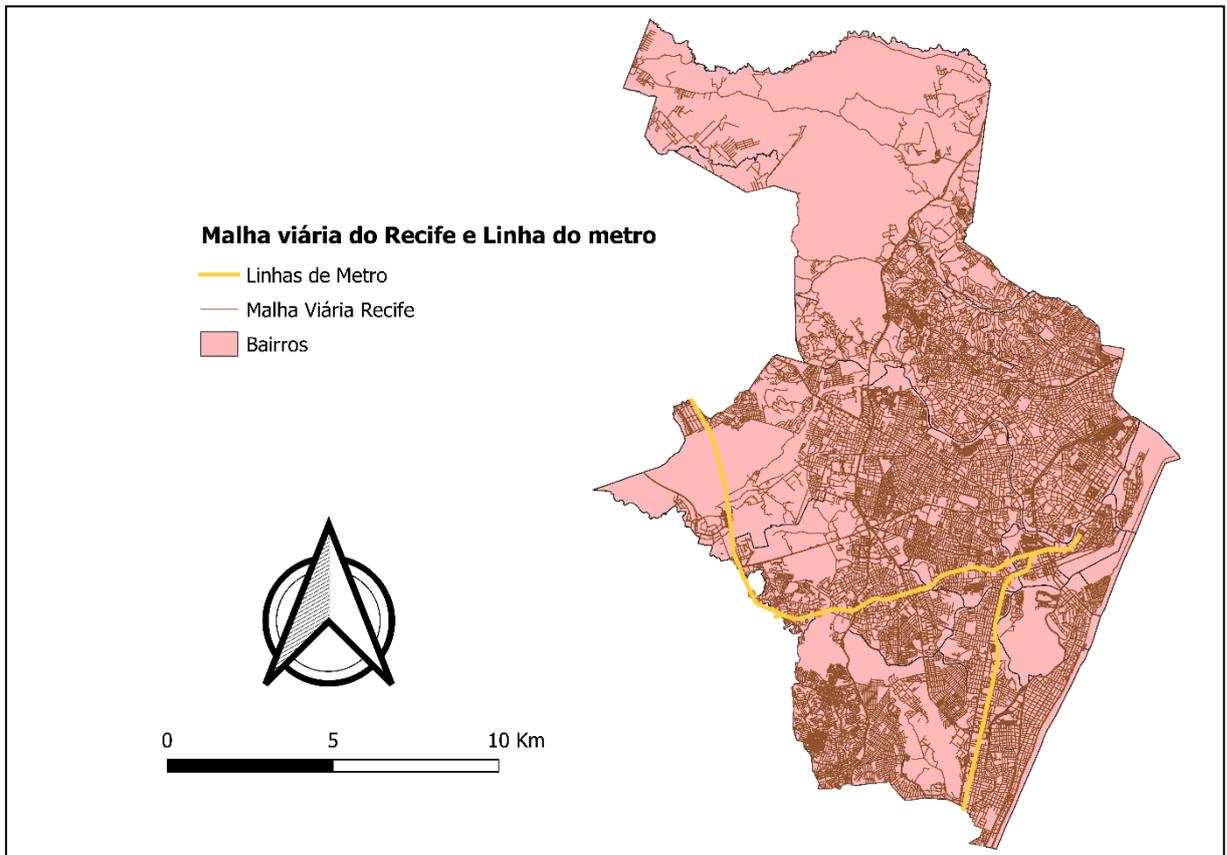


Figura 39 - Malha viária do Recife e linha do metropolitano

Para a aplicação da metodologia proposta nesta tese utilizou-se o índice da oferta desenvolvido, conforme a equação (23) descrita no Capítulo 3 deste trabalho.

Os arquivos de dados seguintes foram aqueles utilizados para a aplicação do índice acima exposto:

- *shapefiles* dos bairros e malha viária do Recife (PCR, 2017);
- *shapefiles* das estações do metro (FIDEM, 2013);
- Arquivo KML das paragens, rotas e *patterns* dos autocarros (Grande Recife Consórcio de Transporte, 2015).
- Dados sobre a capacidade veicular (Grande Recife Consórcio de Transporte, 2019);
- Dados sobre frequência das linhas de autocarros no Recife (Grande Recife Consórcio, 2015);
- Dados sobre frequência das linhas de metro no Recife (CBTU, 2017).

Desta forma, utilizando-se os recursos do ArcGIS 10.6 e os dados acima relacionados, foi calculado o índice da oferta para cada bairro do Recife, de acordo com o método desenvolvido e seguindo os procedimentos que se descreve de forma simplificada. Através da análise de rede foram construídas as áreas de serviço poligonais (PSAs) de cada paragem/estação. Uma RPSA (área de serviço poligonal de rota) é o agrupamento de PSAs relativas às paragens/estações de uma determinada rota de uma linha. Destaca-se que uma linha pode apresentar mais de uma rota, tais como um itinerário de ida diferente do itinerário de volta, ou até mesmo alguma trajetória secundária. É o caso, por exemplo, da linha 522 que apresenta três itinerários em seu percurso, conforme se mostra na figura 40. Os mapas obtidos para as outras linhas são apresentados em anexo.

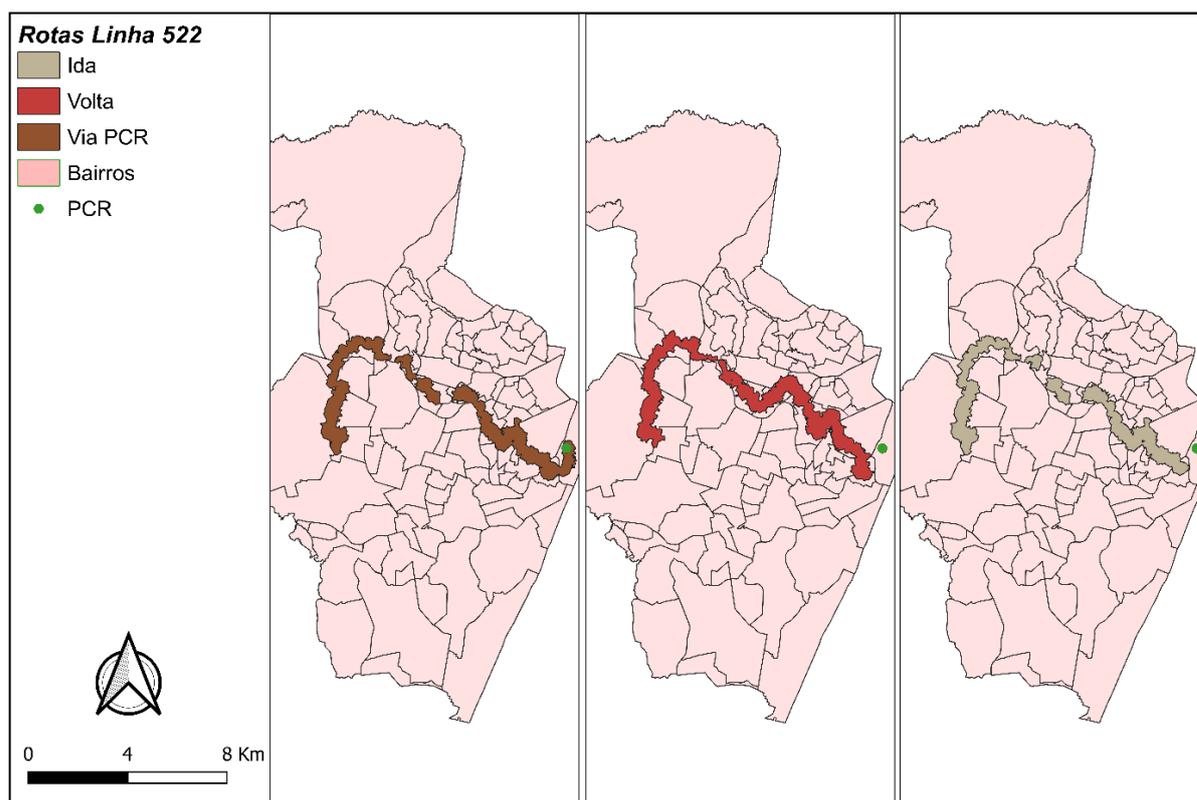


Figura 40 – RPSAs das rotas da linha 522

O próximo passo foi a junção geométrica das camadas de *patterns*<sup>10</sup> e de paragens/estações, o que resultou numa camada cuja tabela de atributos relaciona as paragens/estações às suas respetivas rotas. Os atributos desta tabela resultante serão agora relacionados aos atributos da tabela da camada das PSAs através de uma junção por atributos, o que vai gerar o número de rotas que passam pela mesma PSA. Por exemplo, se uma PSA recebe 3 rotas, significa que ela faz parte de 3 RPSAs. Cada rota corresponde a uma RPSA. Desta forma, para a nova camada gerada, na tabela de atributos constará 3 PSAs iguais que mais adiante serão dissolvidas juntamente com outras PSAs pertencentes a uma determinada rota, formando RPSAs. A identificação das RPSAs é realizada através de um identificador composto pelo número e nome da linha e identificação da rota. Para esta paragem/estação por onde passam as 3 rotas deste exemplo, serão 3 PSAs sobrepostas, ou seja, o sistema identifica que uma pertence a RPSA 1, a segunda é da RPSA 2 e a terceira é referente à RPSA 3.

No final da etapa em comento, todas as RPSAs estarão formadas, ou seja, todas as rotas do sistema estarão estruturadas com todas as respetivas áreas de serviço (PSAs) que seriam disponíveis através da rede viária para caminhada entre 400 metros (autocarros) e 600 metros (metro) para o utente.

<sup>10</sup> *Patterns* são traços geométricos que ligam as paragens de uma mesma rota de autocarro.

A etapa seguinte é o cálculo do índice da oferta propriamente dito.

À tabela de atributos da camada das RPSAs será acrescentada as informações de frequência de cada rota e capacidade veicular respectiva, também. Ressalta-se que a frequência inserida foi a correspondente ao número de viagens nos cinco dias úteis da semana, conforme já descrito no capítulo 3.

O índice da oferta por bairros será calculado através da camada dos bairros do Recife (área dos bairros já constando na tabela de atributos) e da camada das RPSAs (calculando-se a área de cada RPSA). É feita a interseção destas duas camadas. Encontra-se, assim, a porção da RPSA que passa no bairro A, no bairro B, e assim por diante; isso para cada RPSA. Procede-se à razão desta porção e da área do bairro. O próximo passo é a inserção dos fatores frequência e capacidade veicular da rota no cálculo. Obtém-se, então, o quanto esta RPSA contribui para o bairro A e demais bairros. Para um melhor entendimento, e de modo geral, o que será obtido é quanto cada RPSA está contribuindo para a oferta de cada bairro. Por fim, faz-se o somatório da contribuição de cada RPSA por bairro e será, portanto, obtido o índice da oferta de cada bairro.

Através do método proposto foram encontrados os resultados relativos à medida da oferta de transporte público para cada um dos 94 bairros do Recife. O índice da oferta foi organizado em 8 classes distintas com as seguintes nomenclaturas que começam em *zero oferta*, seguido pela classificação mais desfavorável até a mais favorável, a saber:  *muito baixo, baixo, abaixo da média, média, acima da média, alto e muito alto*.

A classe denominada de *zero oferta* é devido ao fato de apenas um único bairro não dispor de transporte público, enquanto que as 7 classes restantes foram divididas de acordo com o método de classificação ‘*natural breaks*’ de Jenks. Este é um método de otimização que determina a melhor organização de valores (procurando por padrões nos dados) em intervalos diferentes, ou seja, minimiza o desvio médio de cada classe da média da classe, enquanto maximiza o desvio de cada classe das médias dos outros grupos. O método de Jenks procura reduzir a variação dentro das classes e maximizar a variação entre as classes (Jenks, 1967).

O resultado está exposto na tabela 7.

Tabela 7 - Classificação do índice da oferta segundo a população residente

Classes do Índice da Oferta	Número de Bairros	População Residente	
		Total	% Total
Muito Alto	1	285	0,019%
Alto	7	84.123	5,471%
Acima da Média	6	69.119	4,495%
Média	10	125.351	8,152%
Abaixo da Média	17	324.208	21,084%
Baixo	28	550.959	35,830%
Muito Baixo	24	383.587	24,945%
Zero Oferta	1	72	0,005%
<b>Total</b>	<b>94</b>	<b>1.537.704</b>	<b>100,000%</b>

De igual modo, na figura 41 pode-se observar que a oferta está geográfica e demograficamente distribuída da seguinte forma:

- São 14 os bairros que abrigam apenas e aproximadamente 10% da população do Recife que possuem os melhores índices da oferta de transporte público, distribuídos entre as classes *muito alto*, *alto* e *acima da média* e estão localizados primordialmente próximos do centro geográfico da cidade, o Marco Zero.
- A classificação *média* está praticamente numa continuidade geográfica das classes com melhor serviço da oferta. Nela estão incluídos 10 bairros que concentram somente 8% da população residente na cidade.
- O total de 70 bairros que concentram 1.258.826 pessoas, ou seja, 82% da população recifense, tem a oferta de transportes públicos distribuída para além do centro geográfico em todas as direções e até a periferia, classificada entre *zero oferta* e *abaixo da média* em 87,6% do território municipal.

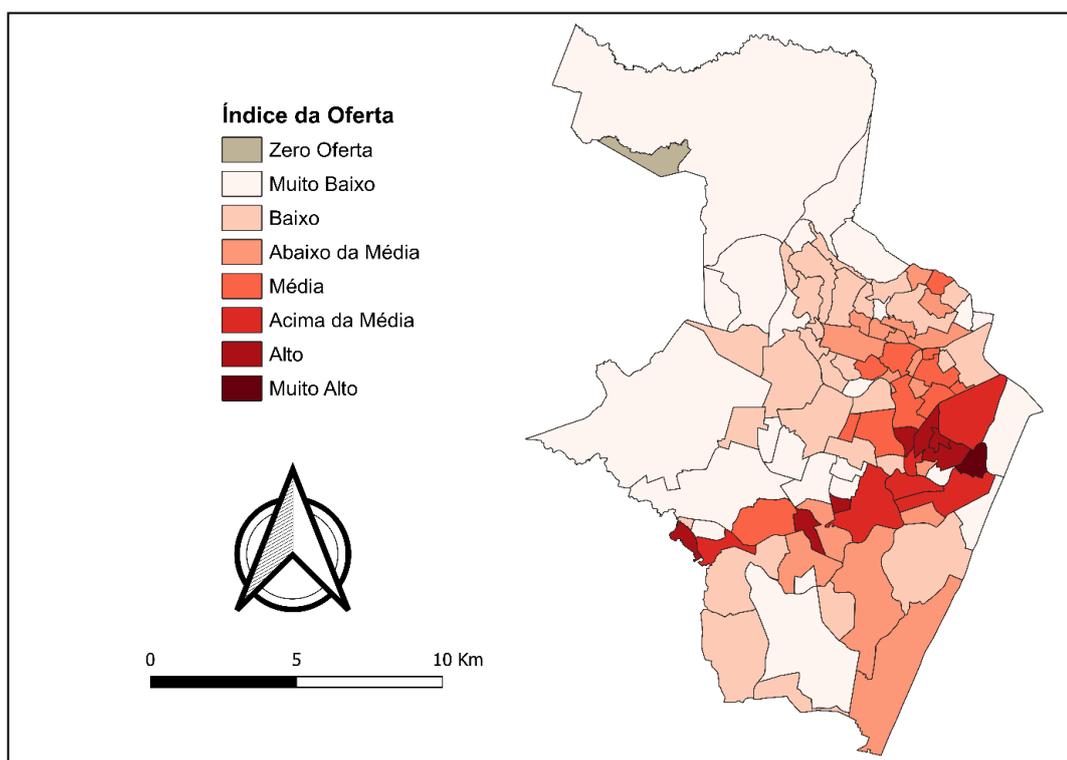


Figura 41 - Índice da Oferta de Transportes Públicos com resultados por bairro

Na perspectiva do nível de serviço da provisão de transportes públicos em Recife, de tal forma a mostrar detalhadamente como está a distribuição deste serviço nos bairros da cidade, no âmbito da cobertura do território pelas RPSAs, frequências e paragens/estações, apresenta-se na Tabela 8 os resultados encontrados.

Tabela 8 – Pontuações do índice da oferta e elementos dos componentes das medidas do nível de serviço

Indicadores	Categorias			Total
	A	B	C	
1. Número de Bairros	14	10	70	94
2. Área (km <sup>2</sup> )	18	10	196	223
3. Número total de paragens/estações	326	174	1.672	2.172
4. Número médio de paragens/estações, por bairro	23	17	24	23
5. Frequência de serviço média por paragem/estação no período de 5 dias úteis	1.861	1.607	716	959
6. Frequência de serviço média por bairro, no período de 5 dias úteis	43.330	27.968	8.666	22.156
7. Porção média coberta por RPSAs por bairro (%)	90	98	81	83
8. Porção total coberta por RPSAs (%)	86	97	49	54
9. Valor médio da oferta por bairro	2.077	913	318	643

Destaca-se que para um melhor entendimento, as classes da oferta foram agrupadas em três categorias: categoria A, categoria B e categoria C. À categoria A pertencem as classes  *muito alto, alto e acima da média*. Na categoria B está a classe *média*. E na categoria C estão incluídas as classes *abaixo da média, baixo, muito baixo e zero oferta*. Assim, para esta análise do nível de serviço da oferta, cada bairro do Recife foi enquadrado nas categorias A, B ou C, isto é, naquela a que pertence a sua classe de oferta.

- O número médio de paragens/estações, por bairro, da cidade (23) é idêntico aqueles dos bairros das categorias A (23) e C (24). No entanto, há de se observar que a área média dos bairros de C (2,80 km<sup>2</sup>) chega a ser 217% maior que a área média dos bairros de A (1,29 km<sup>2</sup>) e 257% maior que a da categoria B (1,00 km<sup>2</sup>), esta última com uma média de 17 paradas por bairro, indicando vantagem diferenciada na estrutura das ofertas de A e B, em detrimento de C.
- Um olhar sobre a frequência de serviço nos bairros, deteta um valor médio (22.156) bastante distante daqueles de cada categoria, o que mostra uma desigualdade bastante acentuada no nível de serviço entre os bairros.
- Em bairros das categorias A e B é evidente a sobreposição de RPSAs quando se vê o valor médio geral de cobertura de RPSAs por bairro (83%), constatando-se valores de cobertura superiores para A e B (90% e 98%, respetivamente), ao contrário do valor encontrado para os bairros pertencentes à categoria C (81%).
- Se a porção média coberta por RPSAs em cada bairro da cidade é de 83%, quando se calcula a cobertura da cidade como um todo, vê-se que somente um pouco mais da metade de sua área está espacialmente coberta por RPSAs (54%). A controvérsia entre estes dois resultados se explica pelo fato de que existem grandes bairros periféricos com pouca cobertura de RPSAs, ao contrário de um grande quantitativo de bairros menores com melhor cobertura, esclarecendo-se que os bairros recifenses variam entre 0,14 e 46,80 km<sup>2</sup> de área.
- Diante do conjunto de características de cada categoria, tais como, área, quantidade de bairros envolvidos, cobertura de RPSAs e frequência média dos serviços existentes em cada uma, é notório o favorecimento das categorias A e B em relação à C. Cada paragem/estação de C, no período de 5 dias úteis da semana dispõe de apenas 716 serviços, enquanto A vem com seus 1.861 e B com 1.607 serviços. Por bairro, a média de serviços de A e B é de valores cinco vezes e três vezes maiores, respetivamente, do que aqueles observados para os bairros da categoria C (8.666), no mesmo intervalo de tempo acima destacado. C também se distancia das demais categorias com uma

cobertura espacial esparsa de 49% por RPSAs, diante de B com o dobro (97%) e A com 86%.

- O índice médio da oferta por bairro, nas categorias A, B e C, vem corroborar todos os resultados acima destacados, enfatizando como C (318) está bastante aquém até mesmo do valor médio do índice (643).

#### 4.6.3 *Aplicação da Medida da Procura*

A medida da procura desta tese foi desenvolvida de acordo com a equação (26) apresentada anteriormente no Capítulo 3.

Observando as desvantagens social e de transportes das populações das cidades dos países da América Latina, especificamente os problemas do Recife, foram escolhidos de forma judiciosa os indicadores que se apresentam a seguir para a composição do índice:

1. *População de 0-4 anos de idade* é um indicador que mostra a população de crianças para cuja faixa etária, qualquer que seja o deslocamento exigido, é compulsório o acompanhamento de um tutor e cuidados especiais no transporte;
2. *População com mais de 60 anos* é o indicador relativo à população idosa e que exige um transporte público mais acessível para as características próprias de idade mais avançada;
3. *População analfabeta* é um indicador de grande desvantagem social pelo facto de se tratar de pessoas em condição que induz à dificuldade de melhores oportunidades de emprego;
4. *População matriculada na educação básica*, é um indicador que abrange a população que frequenta a educação escolar incluída a educação infantil, o ensino fundamental e o ensino médio. A educação superior não está incluída neste indicador;
5. *Renda média mensal dos responsáveis pelo domicílio*, trata-se de indicador relativo ao rendimento das famílias de cada bairro da cidade;
6. *Número de desempregados*, é o indicador relacionado à desvantagem social ‘desemprego’;
7. *Número de deficientes* é o indicador de desvantagem social que é baseado nas pessoas com algum tipo de deficiência (visual, auditiva, motora, mental ou intelectual);
8. *População inscrita em programa de transferência de renda*, é concernente ao indicador que está baseado no número de pessoas consideradas em vulnerabilidade social e que podem receber algum auxílio do governo;

9. *Frota de veículos motorizados* trata-se de um indicador de desvantagem em transportes e é referente à incidência de propriedade de veículos motorizados para o deslocamento;
10. *Homicídios* é um indicador de desvantagem em transportes, pois ele reflete o grau de insegurança no território da cidade, podendo promover a exclusão social baseada no medo: onde o temor pela segurança pessoal impede o uso de espaços públicos e/ou serviços de transportes em determinados horários do dia. Este indicador é baseado no número de óbitos por homicídios;
11. *Distância ao Marco Zero* é o indicador que traduz o grau de acessibilidade ao centro geográfico da cidade. Este indicador é baseado na distância linear entre o Marco Zero da cidade e o centroide do bairro;
12. *População sem água por sistema de distribuição de rede* é um indicador de desvantagem social e relaciona as pessoas que não dispõem de abastecimento de água potável na cidade;
13. *População sem esgotamento sanitário por coleta da rede* é o indicador de desvantagem social e está relacionado à população que não dispõe da coleta de esgoto na cidade.

Os arquivos de dados utilizados relativos aos indicadores acima relacionados e pertinentes à cidade do Recife para a aplicação do método proposto, são os seguintes:

- Dados sociodemográficos do Recife (Censo de 2010, IBGE);
- Dados de vulnerabilidade por bairro (Atlas do Desenvolvimento Humano do Recife, 2005; IBGE, 2010);
- Dados sobre o programa distribuição de renda por bairro do Recife (PCR, 2018);
- Dados sobre pessoas com deficiência por bairro do Recife (PCR, 2018);
- Dados sobre rendimento familiar por bairro (Atlas do Desenvolvimento Humano no Recife, 2005);
- Dados sobre pessoas desempregadas por bairro do Recife (PCR, 2018);
- Dados educação: estudantes e escolas municipais por bairro do Recife (PCR, 2018);
- Dados educação: estudantes e escolas estaduais e particulares por bairro do Recife (Secretaria de Educação do Governo do Estado de Pernambuco, 2018);
- Dados sobre analfabetismo por bairro do Recife (PCR, 2012);
- Dado sobre o grau de acessibilidade ao centro geográfico da cidade: distância ao Marco Zero (PCR, 2012)
- Dados sobre frota de veículos motorizado por pessoa (jurídica/física) por bairro do Recife (DETRAN-PE, 2018);

- Dados sobre abastecimento de água e esgoto por bairro do Recife (Censo 2010, IBGE);
- Dados sobre homicídios por bairro do Recife (Secretaria de Defesa Social do Governo do Estado de Pernambuco, 2013).

O cálculo do índice da procura para cada bairro do Recife foi feito através da soma ponderada desses indicadores e os pesos relativos a eles foram determinados a partir da análise multivariada da componente principal, conforme está descrito no capítulo 3. A principal componente explicou 59,27 % da variância total, o que significa dizer que das 13 variáveis usadas no índice, 59,27 % da informação delas (em variância) é explicada pelo índice (que é apenas 1 dimensão), ou seja, com a redução de dimensão de 13 para 1, manteve-se 59,27 % da informação.

A tabela 9 abaixo apresenta os pesos dos indicadores das necessidades de transportes que compõem o índice da procura.

*Tabela 9 - Indicadores de necessidade da procura por transportes e respectivos pesos*

<b>Tipo De Desvantagem</b>	<b>Fator Da Desvantagem De Transporte</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Pesos</b>
<b>Fatores Pessoais Da Desvantagem De Transporte</b>	Crianças	População de 0-4 anos	0,0993
	Idosos	População com mais de 60 anos	0,0380
	Analfabetismo	População analfabeta	0,1348
	Educação básica	População matriculada na educação básica	0,0644
	Rendimento familiar	Renda média mensal dos responsáveis pelo domicílio	0,0565
	Desemprego	Número de desempregados	0,0574
	Pessoas com deficiência	Número de deficientes	0,1240
	Programa nacional de transferência de renda	População que recebe Bolsa Família	0,0481
	Incidência de veículos motorizados	Frota de veículos motorizados	0,0435
		Grau de insegurança	Homicídios em 2013

<b>Fatores Da Desvantagem De Transporte Relativos À Cada Bairro</b>	Grau de acessibilidade ao centro geográfico da cidade	Distância ao marco zero	0,0347
	Abastecimento de água potável	População sem água por sistema de distribuição da rede	0,0504
	Coleta de esgoto	População sem esgotamento sanitário por coleta da rede	0,1122

A figura 42 e a tabela 10 mostram os resultados referentes à aplicação do índice da procura para este estudo de caso. O mapa do Recife está dividido em bairros que são identificados por numeração e respetivos nomes na figura A1, constante no Anexo deste estudo.

Tendo em vista que a formação do índice da procura foi alicerçada por fatores que traduzem a desvantagem social existente, decorrente das necessidades de transportes públicos, procedeu-se a divisão do índice em 7 classes, e tal como na medida da oferta, o método utilizado foi o ‘*natural breaks*’ de Jenks. Numa variação de menor necessidade social /menor desvantagem (*muito baixo*) para a maior necessidade social/ maior desvantagem (*muito alto*), foram consideradas as seguintes classes da procura: *muito baixo*, *baixo*, *abaixo da média*, *média*, *alto* e *muito alto*.

Desta forma, a tabela 10 mostra a população residente e o número de bairros, segundo as classes da procura acima citadas.

Tabela 10 - População residente e número de bairros segundo a classe do índice da procura

Classes do índice da procura	Número de Bairros	População Residente	
		Total	% Total
<b>Muito Alto</b>	3	260.658	16,95%
<b>Alto</b>	5	229.070	14,90%
<b>Acima da Média</b>	3	97.069	6,31%
<b>Média</b>	9	279.263	18,16%
<b>Abaixo da Média</b>	10	175.994	11,45%
<b>Baixo</b>	35	360.140	23,42%
<b>Muito Baixo</b>	29	135.510	8,81%
<b>Total</b>	<b>94</b>	<b>1.537.704</b>	<b>100,00%</b>

De igual modo e através da figura 42 abaixo, são feitas as seguintes considerações:

- É na área central da cidade, e também em parte dos lados oeste e noroeste, onde se concentram os bairros em situação mais confortável no que concerne às necessidades sociais de transporte público, estando distribuídos nas classes *baixo* e  *muito baixo* do índice da procura. Aí estão bairros como Derby e Graças, Espinheiro e Aflitos, todos estes incluídos no status  *muito baixo* da procura por transportes públicos.
- De modo geral, em todas as direções da cidade têm a presença de bairros em situação de mais desvantagem em relação ao transporte público, com variações principalmente entre as classes  *acima da média*,  *alto* e  *muito alto*.
- Apesar das necessidades sociais que causam a desvantagem em transportes públicos permearem a cidade ao longo de seu território, principalmente em bairros da periferia, como por exemplo, Água Fria e Nova Descoberta, ambos na classe  *alto* no norte e noroeste do município, respetivamente, vê-se que para o lado sul há uma grande concentração de bairros de grandes áreas e necessidades, entre eles estão Boa Viagem e Cohab inseridos na classe  *muito alto*, acrescentando-se também o Ibura e a Imbiribeira, classificados como  *alto*. Na periferia oeste do Recife, a Várzea destaca-se como  *muito alto* também.

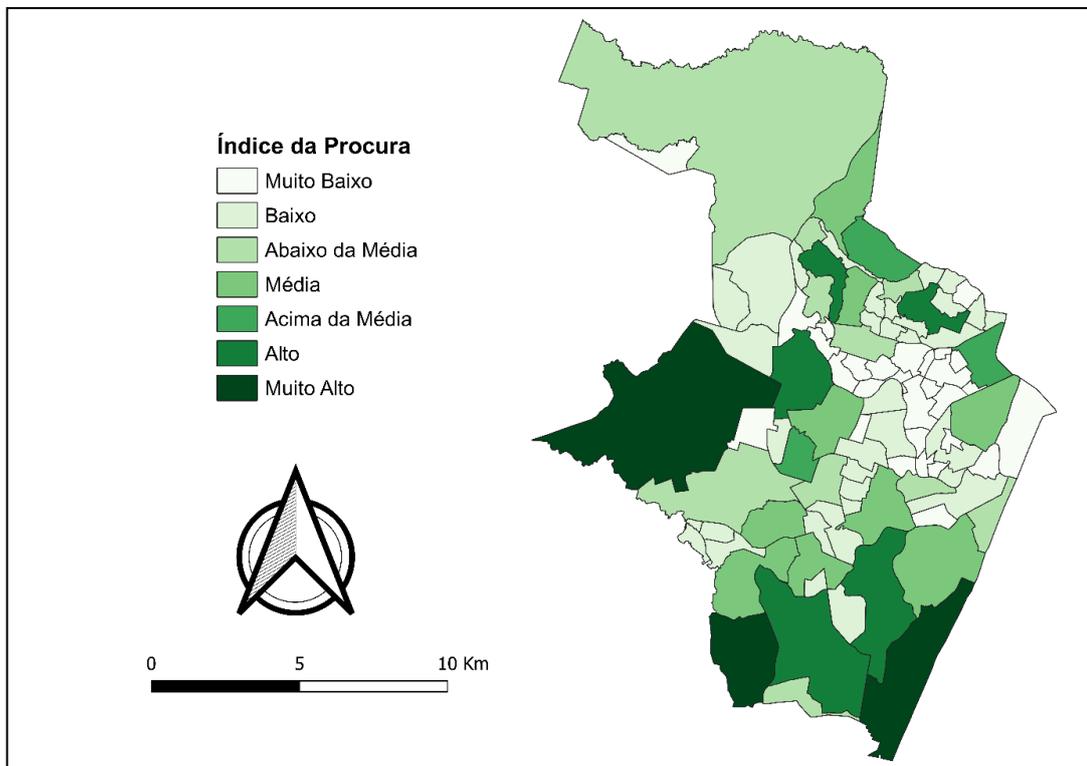


Figura 42 - Índice da Procura de transportes públicos com resultados por bairro

#### 4.6.4 Avaliação das Need-Gaps

Como já explicado anteriormente, as *need-gaps* surgem quando há o desequilíbrio entre a oferta e a procura dos transportes públicos. Assim, com os índices da oferta e da procura obtidos para cada bairro recifense, conforme os subcapítulos anteriores, e estando estes bairros já enquadrados por classe de oferta e de procura, procedeu-se à determinação das *need-gaps* no território do Recife.

As *gaps* foram calculadas de acordo com a metodologia desta tese, isto é, a diferença entre o índice da oferta e o índice da procura, estando ambos padronizados linearmente com um mínimo de 0 (zero) e um máximo de 1(um), conforme se apresenta na equação (27) do capítulo 3 desta tese.

Através do método ‘natural breaks’ de Jenks, optou-se por distribuir as *need-gaps* dos bairros em 5 categorias, considerando a seguinte ordem da pior para a melhor situação: *alta deficiência*, *deficiência*, *equilíbrio*, *oferta alta* e *oferta excessiva*. A Fig. 43 mostra as *need-gaps* do Recife por bairro, enquanto na Tabela 11 encontram-se o número de bairros e a população distribuídos por classe de oferta e procura. A Tabela 12 mostra a distribuição das *need-gaps* por categorias, população e número de bairros.

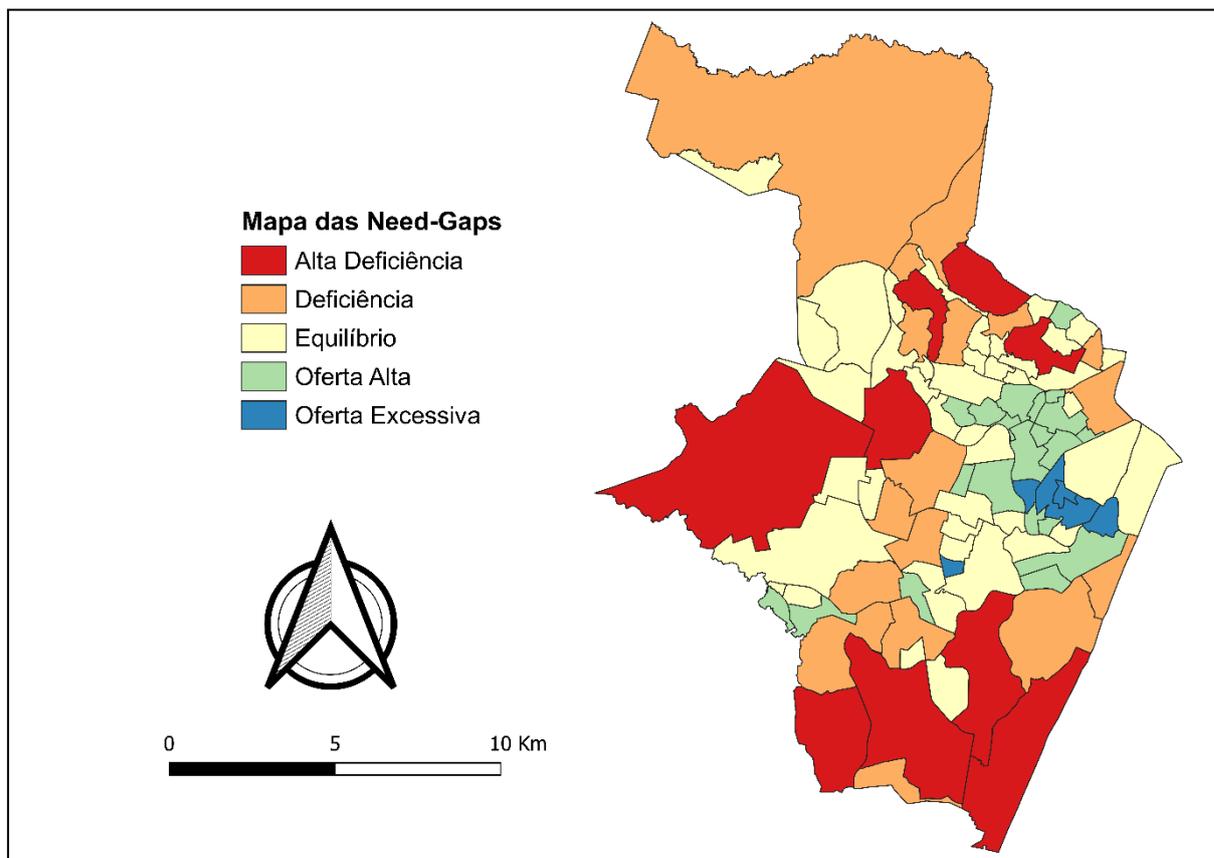


Figura 43 - Falhas espaciais da oferta de transportes públicos (*need-gaps*): resultados por bairro

Tabela 11 - Distribuição da Oferta e da Procura por Classe

Índice da Oferta	Índice da Procura																				
	Muito Alto			Alto			Acima da Média			Média			Abaixo da Média			Baixo			Muito Baixo		
	Bairros	Pop.	% Pop.	Bairros	Pop.	% Pop.	Bairros	Pop.	% Pop.	Bairros	Pop.	% Pop.	Bairros	Pop.	% Pop.	Bairros	Pop.	% Pop.	Bairros	Pop.	% Pop.
<b>Muito Alto</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	285	0,02%
<b>Alto</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	36.265	2,36%	-	-	-	4	43.292	2,82%	2	4.566	0,30%
<b>Acima da Média</b>	-	-	-	-	-	-	1	12.629	0,82%	1	27.939	1,82%	1	12.629	0,82%	2	17.606	1,14%	2	10.945	0,71%
<b>Média</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	31.648	2,06%	-	-	-	2	30.795	2,00%	7	62.908	4,09%
<b>Abaixo da Média</b>	1	122.922	7,99%	1	48.512	3,15%	1	29.180	1,90%	1	29.894	1,94%	1	29.180	1,90%	8	79.701	5,18%	5	13.999	0,91%
<b>Baixo</b>	1	67.283	4,38%	3	129.941	8,45%	3	55.957	3,64%	4	133.212	8,66%	3	55.957	3,64%	8	96.680	6,29%	8	35.737	2,32%
<b>Muito Baixo</b>	1	70.453	4,58%	1	50.617	3,29%	5	78.228	5,09%	1	20.305	1,32%	5	78.228	5,09%	11	92.066	5,99%	3	6.998	0,46%
<b>Zero Oferta</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	72	0,00%
<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>260.65</b>	<b>16,95</b>	<b>5</b>	<b>229.07</b>	<b>14,90%</b>	<b>10</b>	<b>175.99</b>	<b>11,45%</b>	<b>9</b>	<b>279.26</b>	<b>18,16</b>	<b>10</b>	<b>175.99</b>	<b>11,45%</b>	<b>35</b>	<b>360.140</b>	<b>23,42%</b>	<b>29</b>	<b>135.510</b>	<b>8,81%</b>

Tabela 12 - População e número de bairros segundo a categoria das *need-gaps*

<i>Need-gaps</i> por classes	Número de bairros	População
Oferta excessiva	5	28.109
<b>Oferta alta</b>	21	163.037
Equilíbrio	42	417.451
<b>Deficiência</b>	17	406.474
Alta deficiência	9	522.633
<b>Total</b>	<b>94</b>	<b>1.537.704</b>

Os resultados obtidos mostram que em torno de 34% da população do Recife, o que corresponde a quase 523.000 pessoas, estão incluídas na categoria *alta deficiência* das *need-gaps*, ou seja, com oferta de transporte público *abaixo da média*, mas primordialmente, *baixo* ou  *muito baixo*. Estes mesmos residentes fazem parte das classes da procura com desvantagem social que variam entre *acima da média*, *alto* e *muito alto*. Neste caso, estas duas últimas classes citadas, agregam aproximadamente 88% da população da categoria *alta deficiência*. As *need-gaps alta deficiência* estão localizadas principalmente em bairros na periferia da cidade. Na direção norte estão os bairros de Água Fria e Dois Unidos. À noroeste está o bairro de Nova Descoberta. Na direção oeste, Iputinga, Torrões e Várzea. No sul, os que estão enquadrados nesta categoria são os bairros de Boa Viagem, Imbiribeira, Cohab e Ibura.

As *need-gaps* da categoria *deficiência* estão distribuídas em 17 bairros que possuem 26,4% da população recifense. Estes bairros estão distribuídos em várias direções, destacando-se Campo Grande ao norte e Torrões a oeste, como os bairros mais necessitados da classe da procura (*acima da média*) desta categoria *need-gaps*. Os demais estão incluídos nas classes de necessidade *média* e *abaixo da média*, mas com oferta de transportes públicos enquadrada primordialmente nas categorias *baixo* e *muito baixo*. São bairros que tenderam à localização periférica, distanciando-se do centro geográfico do Recife.

Por outro lado, no Recife, encontram-se também *spatial gaps* em situação diametralmente oposta às analisadas acima. É o caso daquelas em que a oferta supera a procura, categorias *oferta alta* e *oferta excessiva*. Na categoria *oferta excessiva* estão os seguintes bairros que detém cerca de 1,8% da população recifense: Santo Antônio que fica na área central e se destaca por ser aquele que dispõe da maior provisão de transportes públicos, além de ser contíguo ao bairro do Recife onde está localizado o Marco Zero da cidade; os demais são Derby, ao noroeste, Soledade e Boa Vista, na área central e vizinhos a Santo Antônio; e por derradeiro, a Mangueira,

distante de todos da categoria *oferta excessiva*, na parte sudoeste do município. Os bairros classificados como *oferta alta*, num total de 21, têm aproximadamente 10,6% dos habitantes da cidade, estão enquadrados entre as classes *baixo* e  *muito baixo* da medida da procura. Como *oferta alta*, os bairros de Tejipió, Coqueiral, Estância e Porto da Madeira ficam localizados na periferia e do lado sudoeste do Recife, ao contrário dos demais que ficam principalmente na área central, norte e noroeste, ao redor e vizinhos daqueles anteriormente descritos como sendo *oferta excessiva*.

Com características de maior equilíbrio entre a oferta e a procura, a categoria de gaps aqui denominada de *equilíbrio* espalha-se pela cidade em todas as direções e está em 42 bairros que abrigam cerca de 27,1% da população residente. Neste caso, observa-se que as classes da procura daqueles bairros variam entre *média*, *abaixo da média*, *baixo* e *muito baixo*. O bairro do Recife, onde está localizado o Marco Zero da Cidade, encontra-se classificado como em *equilíbrio*.

#### 4.6.5 Indicador do Nível de Serviço

O indicador de nível de serviço desenvolvido neste estudo, de acordo com o que foi apresentando no capítulo 3, conforme a equação (28), foi proveniente da adaptação da medida da oferta com a inclusão do fator populacional. Por ser um indicador distribucional de muito valor, a população foi integrada à área geográfica ao nível de setores censitários, com o propósito de detetar a proximidade do transporte público em relação aos utentes em cada bairro da cidade do Recife.

Para a determinação desta medida de acessibilidade foram utilizados os seguintes arquivos de dados com o auxílio do ArcGIS 10.6:

- *shapefiles* dos bairros e malha viária do Recife (PCR, 2017);
- *shapefiles* das estações do metro (FIDEM, 2013);
- *shapefiles* dos setores censitários (IBGE, 2010);
- arquivo KML das paragens, rotas e *patterns* dos autocarros (Grande Recife Consórcio de Transporte, 2015).
- População dos bairros e setores censitários do Recife (IBGE, 2010);
- Dados sobre a capacidade veicular (Grande Recife Consórcio de Transporte, 2019);
- Dados sobre frequência das linhas de autocarros no Recife (Grande Recife Consórcio, 2015);
- Dados sobre frequência das linhas de metro no Recife (CBTU, 2017).

Para o índice desenvolvido neste trabalho, a técnica a ser usada no ArcGIS 10.6, é semelhante àquela do cálculo do índice da oferta do subcapítulo 3.2. Ou seja, serão construídas as PSAs e as RPSAs para cada rota da cidade com os dados listados acima. No entanto, a diferença reside no fato de que haverá interseção das camadas dos setores censitários com as camadas das RPSAs. A porção de área da RPSA em relação ao setor censitário sofrerá o ajuste da população deste setor e este resultado será relacionado à população do bairro. Desta forma, consegue-se mostrar quais são os bairros mais acessíveis para o transporte público e quais são aqueles que estão mais distantes de sua população.

Este indicador foi organizado em 8 classes distintas distribuídas entre a menor proximidade e a maior proximidade aos transportes públicos da seguinte forma: *zero oferta* (não há transportes públicos), *muito baixo*, *baixo*, *abaixo da média*, *média*, *acima da média*, *alto* e *muito alto*.

Tal como nos demais índices desenvolvidos neste trabalho e excluindo a classificação 'zero oferta', pois apenas um bairro não dispõe de transporte público, as 7 categorias restantes foram divididas através do método '*natural breaks*' de Jenks.

Os resultados da aplicação do índice de serviço aos bairros do Recife de acordo com a tabela 13.

Tabela 13 - Classificação do Índice de Nível de Serviço segundo a população residente

Indicador de Nível de Serviço	Número de bairros	População residente	
		Total	% Total
<b>Muito Alto</b>	1	285	0,02
<b>Alto</b>	5	36.512	2,37
<b>Acima da Média</b>	6	69.671	4,53
<b>Média</b>	10	134.729	8,76
<b>Abaixo da Média</b>	13	231.554	15,06
<b>Baixo</b>	36	782.653	50,90
<b>Muito Baixo</b>	22	282.228	18,35
<b>Zero Oferta</b>	1	72	0,01
<b>Total</b>	<b>94</b>	<b>1.537.704</b>	<b>100,00</b>

Com recurso a esta tabela e à figura 44 mostra-se que:

- São 12 os bairros que abrigam apenas e aproximadamente 7% da população do Recife que possuem os melhores indicadores de nível de serviço do transporte público, distribuídos entre as classes *muito alto*, *alto* e *acima da média* e estão localizados primordialmente próximos do centro geográfico da cidade, o Marco Zero.

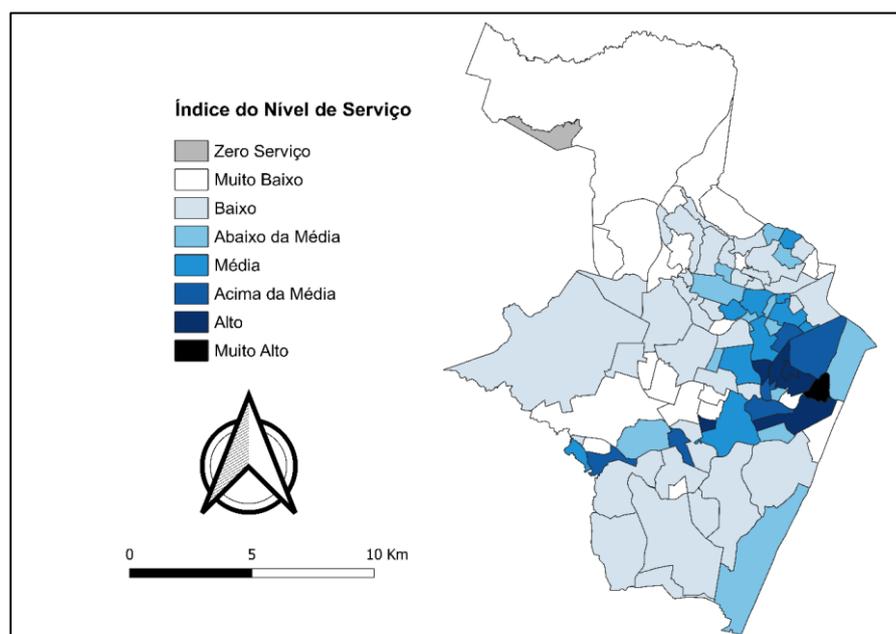


Figura 44 – Nível de serviço: Proximidade da população de cada bairro em relação aos transportes públicos

- A classe *média* está praticamente numa continuidade geográfica das classes com melhor nível de serviço. Nela estão incluídos 10 bairros que concentram somente 9% da população residente na cidade.
- O total de 72 bairros que concentram 1.296.507 pessoas, ou seja, 84% da população recifense, apresentam um nível de serviço de transportes públicos classificado entre *zero oferta* e *abaixo da média*, espalhado para além da área central do Recife, em todas as direções e até a periferia e abrangendo 88% do território municipal.

#### 4.7 Síntese

Neste capítulo foi caracterizado o estudo de caso, a cidade do Recife e os seus bairros, tendo presente desde o início que esta área geográfica iria permitir uma análise das falhas de transportes públicos em função da procura, a partir do desenvolvimento das análises propostas por Currie e outros autores. Para além da caracterização dos aspetos essenciais associados, sobretudo do lado da oferta de transportes públicos existente à data da recolha de dados, foi também descrito o processo de recolha de dados para a análise, o que requereu um esforço adicional por serem dados não facilmente acessíveis.

O capítulo mostrou também a aplicação da metodologia desenvolvida no que concerne à obtenção das *need-gaps* e dos indicadores de nível de serviço para os 94 bairros do Recife.

Será assim interessante comparar, oferta, procura, *need gaps* e nível de serviço verificando-se que a leitura territorial das falhas de transporte públicos (*need-gaps*) é distinta da leitura que obtemos quando olhamos para um mapa apenas da oferta ou apenas da procura.

O indicador de nível de serviço aqui criado, procurou detetar a proximidade dos transportes públicos em relação aos residentes do município. Para isso, adaptando-se a medida da oferta, integrou-se a população à área geográfica ao nível de setor censitário (menor unidade geográfica brasileira), propiciando resultados mais efetivos do grau de vizinhança dos transportes públicos. Ou seja, neste caso podemos verificar que se identificam com maior clareza as zonas com alta deficiência ou alta oferta de transporte público no mapa do indicador de nível de serviço do que no índice de oferta.

As *need-gaps* são as falhas espaciais no serviço de transporte público, na perspectiva de inclusão das necessidades sociais e desvantagem em transportes pelo lado da procura.

Tal como já referido, o método *need-gaps* adaptado nesta tese, cujo precursor foi Currie (2010) através de um outro viés, calculou a oferta de transportes públicos, como também calculou a procura revendo todos os aspetos espaciais, económicos e sociais que afetam a população quando precisam utilizar o transporte público. A observação do mapa das *need-gaps* permite identificar situações não detetadas nos outros mapas. Ou seja, identifica situações de extrema carência ou extrema abundância face à procura que não são identificadas nos outros mapas.

Observando-se ambos os métodos, sob uma análise comparada, além dos mapas da figura 45 abaixo, conclui-se que tanto a análise relativa entre procura e oferta local como a de provisionamento de transporte público ajustado à população residente no bairro mostram o viés do sistema de transporte público aos bairros centrais do Recife, que possuem bons níveis de serviço e *need-gaps* com mais oferta que procura. Esse viés consequentemente traz não só uma falta de serviço para os bairros mais periféricos como também dá luz a uma procura reprimida por transportes públicos nessas áreas, que são as que mais precisam e são a menos bem servidas, de acordo com as *need-gaps*.

Já observando em conjunto, os dois métodos trazem uma análise conjugada interessante, uma vez que o nível de serviço facilmente identifica bairros com pouquíssima ou nenhuma oferta, algo indesejável mesmo que haja pouca procura. Outro ponto distinto é ver as diferenças entre mapas do índice da oferta e do indicador do nível de serviço, uma vez que mudanças podem dar *insights* de como o transporte público está sendo ofertado no bairro, somente em quantidade ou também com uma cobertura espacial inteligente.

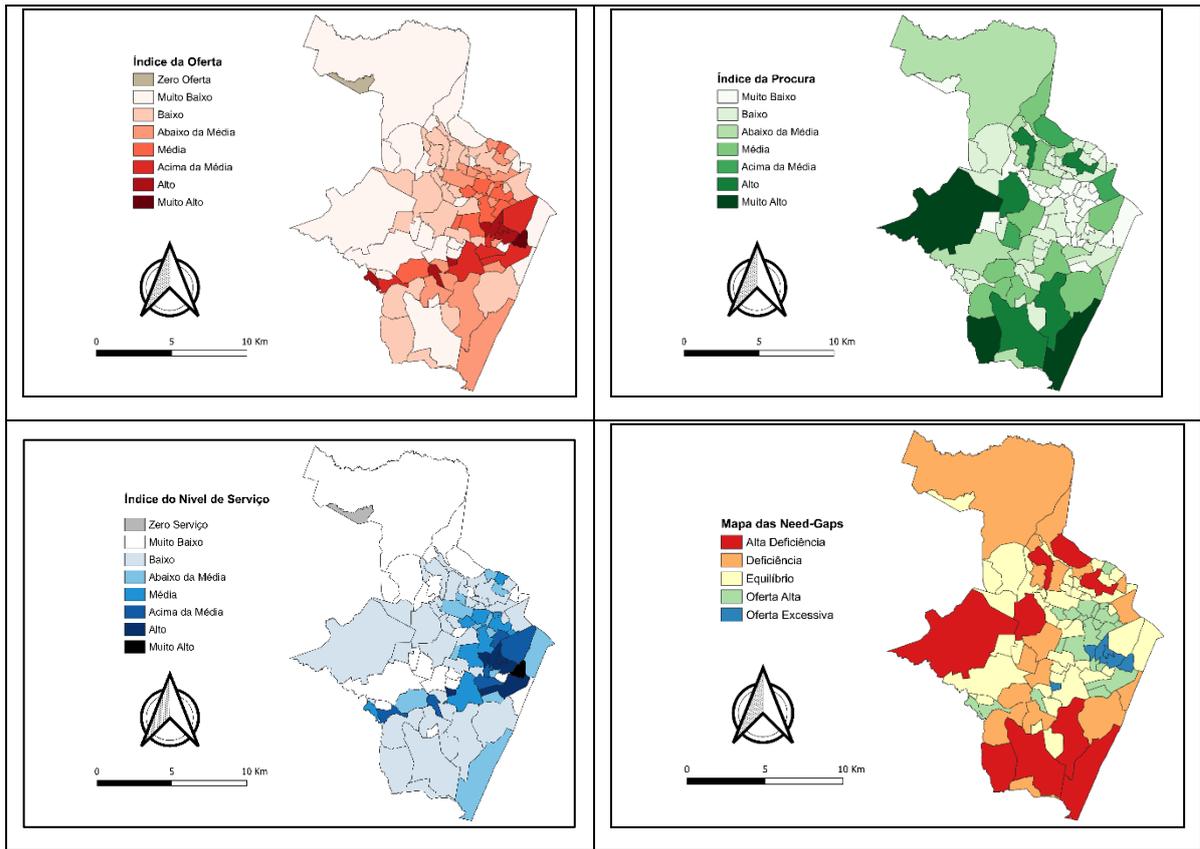


Figura 45 - Análise comparada

## 5 A ACESSIBILIDADE (NÍVEL DE SERVIÇO) POR TRANSPORTE PÚBLICO AO HOSPITAL DA RESTAURAÇÃO

### 5.1 Introdução

Para além da análise do Recife foi também selecionado no contexto deste estudo um equipamento público de saúde na mesma cidade, ou seja, um hospital que se destaca pelas especialidades médicas e grande procura, e para o qual foi aplicado o *Gap Assessment* aqui desenvolvido.

O Hospital da Restauração Governador Paulo Guerra é um equipamento público de particular distinção no setor médico pernambucano, demandado por todo o Estado e até mesmo pela região Nordeste do Brasil, no que concerne ao atendimento de casos de queimaduras graves, intoxicação exógena e por animais peçonhentos, vítimas de violência por agressões por arma de fogo e arma branca, além de acidentes de trânsito. É credenciado como hospital de Ensino em programas de Residência Médica e possui uma grande importância social como centro formador para a saúde de Pernambuco (Secretaria Estadual de Saúde, 2018).

Diante da influência deste equipamento para a sociedade recifense, percebeu-se deveras relevância na determinação da provisão dos transportes públicos que chegam ao hospital e que saem do mesmo, considerando todos os bairros do Recife, além da elaboração de uma medida de acessibilidade (nível de serviço) entre este equipamento e os bairros.

A figura 46 mostra a posição do Hospital da Restauração no mapa do Recife (bairro do Derby) e seus bairros vizinhos.

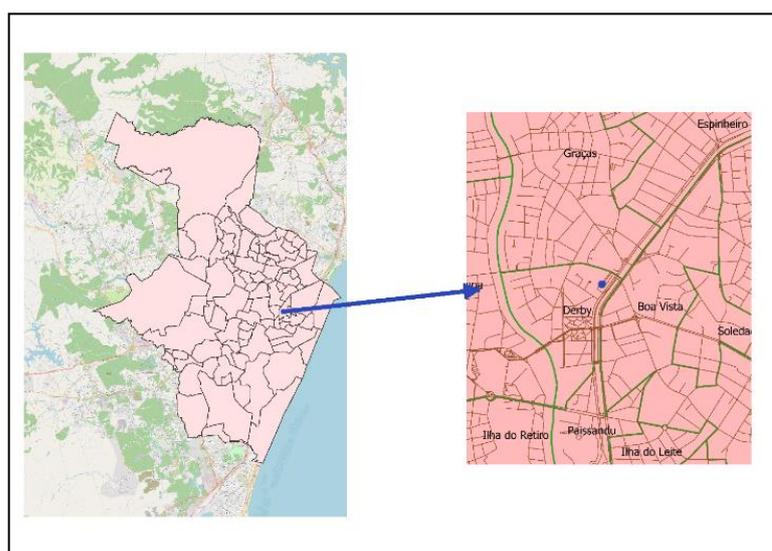


Figura 46 - Localização do Hospital da Restauração na cidade do Recife

## 5.2 Ligação por transporte público entre o Hospital da Restauração e os bairros do Recife – Oferta

Para o cálculo da oferta, por bairro, como explicado anteriormente na metodologia do capítulo 3, o objetivo era a identificação das rotas que passavam próximas ao hospital e para isso ajustou-se um *buffer* de 200 metros de raio, estando o hospital no centro do mesmo. Foram encontradas seis paragens no interior do *buffer*. Por conseguinte, são as mais próximas do equipamento de saúde. A figura 47 mostra o *buffer* do Hospital da Restauração.

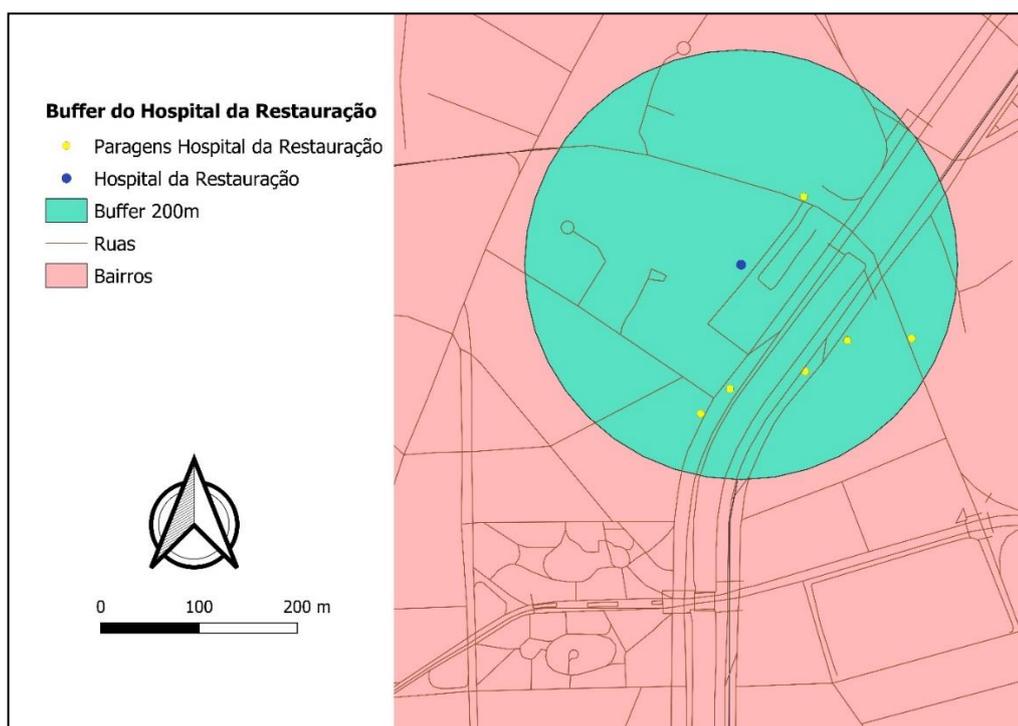


Figura 47 - Buffer do Hospital da Restauração

Para a composição das RPSAs ‘paragens do hospital-bairros e bairros-paragens do hospital’, foram consideradas todas as rotas que passavam em pelo menos uma das seis paragens contidas no *buffer* do hospital. A figura 48 apresenta o mapa do Recife com as RPSAs entre os bairros da cidade e o equipamento de saúde, através da aplicação da metodologia desenvolvida nesta tese.

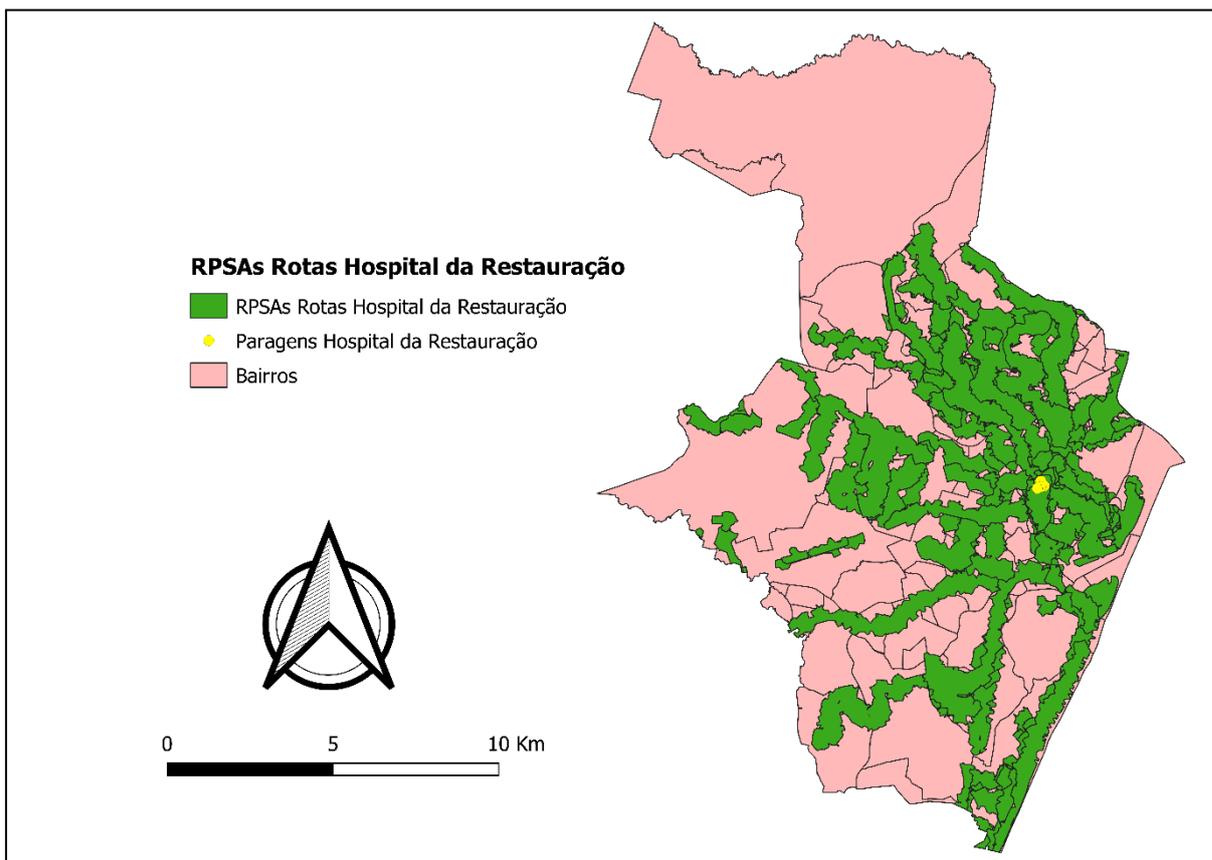


Figura 48 - RPSAs das rotas 'paragens do hospital-bairros' ou 'bairros-paragens do hospital'

Desta forma, para o cálculo da oferta entre o Hospital da Restauração e os bairros do Recife, foi utilizada a equação (29) constante no capítulo 3.

A tabela 14 abaixo, contém o número de rotas que passam entre cada bairro e o hospital, o percentual de área que é coberta pelas RPSAs de autocarros em cada bairro e o respetivo contingente populacional que pode dispor desta oferta. Faz-se a observação de que a posição dos bairros no conjunto de tabelas, estão de acordo com o número de rotas que os mesmos dispõem, considerando a ordem decrescente. A figura 49 ilustra bem como a oferta entre os bairros e o Hospital da Restauração está distribuída no Recife.

Para um melhor entendimento das tabelas e dos mapas deste capítulo, é interessante relembrar que na composição deste índice da oferta, tem-se, conforme a equação (29), o termo  $\left[ \frac{A_j \cap A_k}{A_k} \right]$ , que significa que procede-se à razão da interseção entre a área da RPSA referente à rota  $j$  (área do *buffer* da rota  $j$ ) e a área do bairro  $k$ , ou seja,  $(A_j \cap A_k)$ , pela área do bairro  $k (A_k)$ . O resultado disso é traduzido por 'quanto' a rota  $j$  contribui para o índice da oferta do bairro  $k$ . O resultado está expresso na figura 49.

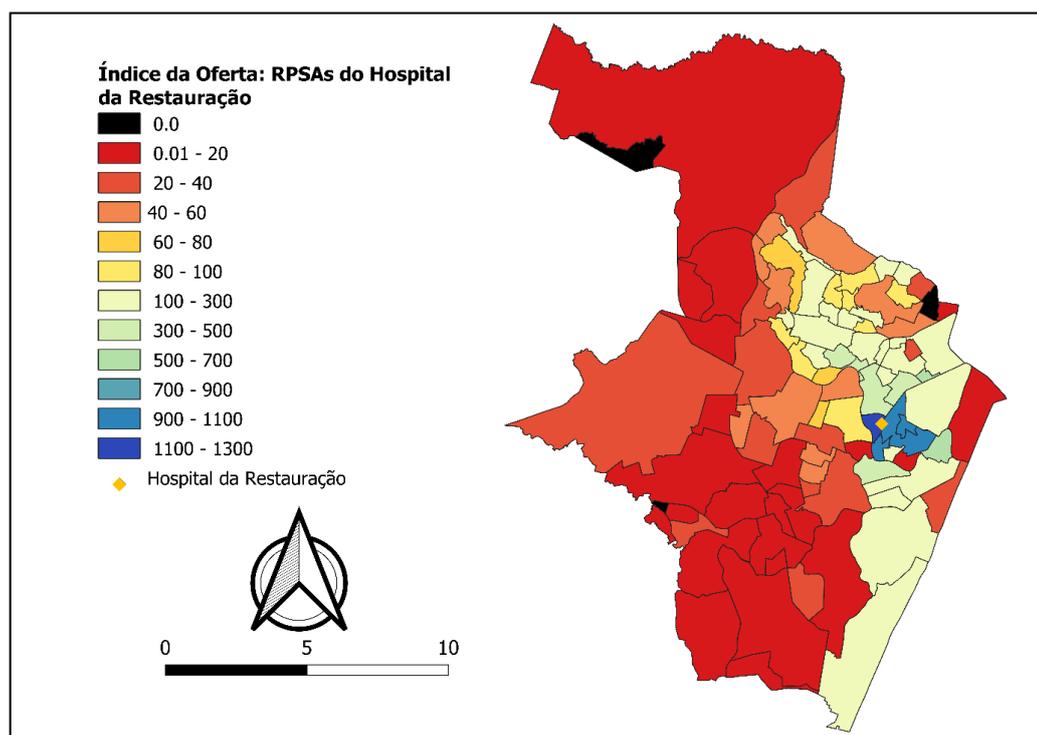


Figura 49 - Índice da oferta considerando as RPSAs de autocarros nos trajetos 'paragens hospital-bairros' ou 'bairros-paragens do hospital'

Da observação da figura 49 e da tabela 14, retiram-se as seguintes conclusões.

São os bairros da Boa Vista, Soledade, Paissandu e Derby, os detentores da melhor provisão de transportes públicos de/para o Hospital da Restauração. Os três primeiros bairros têm oferta alta, variando entre (900-1.100) no índice, enquanto que o último, bairro do Derby, onde fica o hospital, tem oferta muito alta, com o índice variando entre (1.100-1.300). A cobertura espacial de RPSAs nestes bairros é de 96,30%, 99,70%, 75,00% e 92,30%, respetivamente. Os bairros da Boa Vista e Derby, cada um dispõe de 99 rotas ligando-os ao equipamento, o que corresponde ao número máximo de rotas entre bairros e hospital, considerando-se todos os bairros do Recife. Os bairros do Paissandu e Soledade, possuem, respetivamente, 76 e 74 rotas. Por sua vez é interessante observar o bairro de Santo Amaro com apenas 45% de área coberta pelas RPSAs, que também estão concentradas nas fronteiras dos lados norte e noroeste deste bairro, conforme se vê na figura 48. A maior parte do bairro não é servido por linhas que passem pelo hospital. A figura 49 corrobora este resultado, mostrando que o bairro tem uma oferta média (o índice varia entre 100-300) e que apesar das 81 rotas disponíveis no bairro, a contribuição individual de cada uma não é suficiente para uma boa oferta.

O bairro de Parnamirim, apesar de 99,7% de cobertura de RPSAs, tem oferta um pouco acima da média (índice entre 300-500), mas não condizente com a área coberta, o que significa que as 24 rotas entre este bairro e o hospital não possuem atributos que contribuam efetivamente para o índice da oferta.

O bairro dos Coelhos enquadra-se em situação parecida com o bairro de Parnamirim. O índice da oferta dos Coelhos é muito baixo, está entre (0,01-20), possui área de cobertura de 94,1% pelas RPSAs e 17 rotas que passam pelo bairro e pelo hospital. Vê-se, a partir destes resultados, como estas rotas praticamente não contribuem para a oferta deste bairro.

A aplicação da metodologia desenvolvida neste trabalho conseguiu mostrar de forma prática e ágil, a oferta de transportes públicos entre os bairros da cidade e o Hospital da Restauração.

A medida da oferta desenvolvida é autoexplicativa, no momento em que o índice estava alto ou baixo, independente do número de rotas disponíveis no bairro, bastava se remeter à metodologia e ver se as rotas estavam contribuindo individualmente ou não para o resultado do índice. Um maior número de rotas, não necessariamente indicam uma oferta melhor, apenas indicam que a possibilidade é maior. Uma cobertura grande pelas RPSAs no bairro também é indicativa de melhor oferta. No entanto, quando da aplicação do índice, é que se terão os resultados efetivos, pois a linha de transporte público, através de suas rotas e frequências, além das demais restrições colocadas neste método, é quem traduzirá sua real contribuição para a oferta do bairro.

*Tabela 14 – Cobertura da população em termos de acesso ao hospital por bairro*

BAIRROS	Número de rotas	Cobertura % da área do bairro	População coberta
BOA VISTA	99	0,9630	13956
DERBY	99	0,9230	1962
GRACAS	99	0,9380	19320
MADALENA	84	0,8790	19723
SANTO AMARO	81	0,4500	15080
PAISSANDU	76	0,7500	411
SOLEDADE	74	0,9970	2484
ESPINHEIRO	71	0,9620	10435
SANTO ANTONIO	63	0,8970	254
SAO JOSE	63	0,6590	6768
ILHA DO LEITE	61	0,9070	892
ILHA JOANA BEZERRA	55	0,5010	6335
TAMARINEIRA	36	0,9340	13191
CASA AMARELA	30	0,9980	29171
CAMPO GRANDE	28	0,6830	21389
AFLITOS	26	0,7550	3967
TORREAO	25	0,7800	1014
JAQUEIRA	24	0,9760	1586
PARNAMIRIM	24	0,9970	7541
PINA	24	0,2570	15156
CABANGA	23	0,6700	1027

Análise Territorial da Oferta de Transportes Públicos - Estudo sobre a Cidade do Recife

VASCO DA GAMA	23	0,8820	27397
RECIFE	22	0,2480	548
ROSARINHO	22	0,8220	3301
ALTO JOSE DO PINHO	20	0,8860	10905
ILHA DO RETIRO	20	0,4410	1169
MORRO DA CONCEICAO	20	0,9220	9179
CASA FORTE	19	0,9340	6293
IPUTINGA	19	0,3730	17466
COELHOS	17	0,9410	7155
ENCRUZILHADA	16	0,9750	11464
PRADO	16	0,6310	5084
ALTO DO MANDU	15	1,0000	4654
BOA VIAGEM	15	0,6430	86898
CORDEIRO	15	0,6430	25854
POCO	15	0,6550	3109
TORRE	15	0,7540	13031
AFOGADOS	14	0,3930	24582
MANGABEIRA	14	0,8820	5475
LINHA DO TIRO	13	1,0000	14856
AGUA FRIA	12	0,6880	28013
SANTANA	12	0,5640	2227
BEBERIBE	11	0,9980	8843
DOIS UNIDOS	11	0,4570	16728
MONTEIRO	11	0,8830	5718
NOVA DESCOBERTA	11	0,7770	28224
PORTO DA MADEIRA	11	0,9680	7511
ZUMBI	11	0,5950	3193
APIUCOS	10	0,3970	1649
ARRUDA	10	0,4530	5118
BOMBA DO HEMETERIO	10	0,9970	8470
BREJO DE BEBERIBE	10	0,9790	8238
IBURA	10	0,1780	14783
MACAXEIRA	10	0,5040	8530
DOIS IRMAOS	9	0,1800	678
FUNDAO	9	0,8290	6484
HIPODROMO	9	0,5950	1642
PONTO DE PARADA	9	1,0000	1519
VARZEA	9	0,2070	40178
ALTO STA. TEREZINHA	8	0,9330	6989
IMBIRIBEIRA	8	0,4750	20938
TORROES	8	0,7400	26317
BRASILIA TEIMOSA	7	0,3520	17521

CAJUEIRO	7	0,3010	1772
CAXANGA	7	0,2440	3245
CURADO	7	0,1740	694
PASSARINHO	7	0,1390	6139
ALTO JOSE BONIFACIO	6	0,9550	11783
BONGI	6	0,6110	7707
BREJO DA GUABIRABA	6	0,6420	7262
SAN MARTIN	6	0,3240	12898
CORREGO DO JENIPAPO	5	0,6990	5999
SÍTIO DOS PINTOS	5	0,2560	2947
ENGENHO DO MEIO	4	0,9700	9837
IPSEP	4	0,9460	22961
CIDADE UNIVERSITARIA	3	0,7750	622
GUABIRABA	3	0,0020	376
JORDAO	3	0,0180	168
MANGUEIRA	3	0,8400	7114
AREIAS	2	0,1750	5716
BARRO	2	0,2180	7087
COHAB	2	0,3320	30242
MUSTARDINHA	2	0,7870	10968
PEIXINHOS	2	0,3510	1057
CACOTE	1	0,3920	678
COQUEIRAL	1	0,0030	21
ESTÂNCIA	1	0,2810	2729
JARDIM SAO PAULO	1	0,0120	332
JIQUEIA	1	0,1750	2028
SANCHO	1	0,0080	38
TEJIPIO	1	0,5630	5263
CAMPINA DO BARRETO	0	0,0000	0
PAU FERRO	0	0,0000	0

No caso do Hospital da Restauração, o comportamento da oferta é bastante distinto.

A oferta é excelente partindo do *buffer* do hospital e se dispersa à medida em que os bairros da parte central, do norte e parte do noroeste da cidade vão se afastando deste *buffer*, todavia, ainda assim, se mantém num patamar de categoria média. Acrescente-se ainda no benefício os bairros de Boa Viagem e Pina que ficam no sul da cidade, com oferta média e já comentado anteriormente.

No entanto, analisando-se todas as direções da cidade do Recife, é impressionante como a maior parte da direção sul e direções sudoeste, oeste e parte do noroeste, estão prejudicadas em relação

à provisão de transporte público por autocarros entre seus bairros e o hospital. O resultado médio para todas essas direções do Recife é o de oferta muito baixa.

Nesta análise foi possível identificar que dos 94 bairros do Recife, apenas 3 bairros não dispõem de acesso direto ao Hospital da Restauração, quais sejam: Campina do Barreto, Pau Ferro e Totó. Os 91 bairros restantes possuem alguma ligação por autocarros com o equipamento, por menor que seja a disponibilidade.

Os bairros que estão mais bem servidos, excluindo os já destacados que têm a melhor oferta, são os mais próximos da área central do Recife e do hospital, entre eles estão os bairros das Graças, Espinheiro, Torreão, Parnamirim, Santo Antônio e Ilha Joana Bezerra, ressaltando que se trata de uma oferta acima da média, mas distante de ser a ideal.

Observou-se que o comportamento da oferta piora bastante à medida que se distancia do Hospital da Restauração na direção sul, sudoeste, oeste e parte do noroeste do Recife.

Entre os bairros muito mal servidos pelo transporte público de autocarros, dispendo de oferta baixa ou muito baixa, estão a maioria do lado sul do Recife, entre eles, Ibura, Jordão, Cohab, Imbiribeira, Brasília Teimosa e Ipsep. Apenas os bairros de Boa Viagem e Pina, ambos da parte sul da cidade, apresentam oferta média, o índice fica entre (100-30).

A parte sudoeste do Recife, onde estão os bairros da RPA-5, apresenta oferta muito baixa na maioria de seus bairros, entre eles estão: San Martin, Areias, Caçote, Estância, Jiquiá, Barro, Coqueiral, Curado, Jardim São Paulo e Sancho. Bairros como Afogados, Mangueira, Mustardinha, Bongi e Tejipió, têm oferta baixa. E o bairro do Totó, como citado anteriormente, que fica neste lado da cidade, sequer dispõe de linha que passe no hospital.

Na parte oeste destacam-se os seguintes bairros com oferta muito baixa: Caxangá, Cidade Universitária e Ilha do Retiro. Excetuando-se os bairros da Madalena e Zumbi que chegam a ter uma oferta média (índice entre 80-100), os demais bairros do oeste dispõem de oferta abaixo da média (Cordeiro, Engenho do Meio e Torre) e oferta baixa (Várzea, Iputinga, Torrões e Prado).

No noroeste da cidade, os bairros em situação de oferta muito baixa são os da Guabiraba, Dois Irmãos e Sítio dos Pintos. O bairro de pau Ferro se destaca por não ter o acesso ao hospital. Os demais bairros do noroeste, do qual faz parte o bairro do Derby, onde está localizado o hospital, vão apresentando melhor oferta, quanto mais próximos ficam deste bairro. É o caso de bairros como Casa Amarela, Tamarineira, Poço, Santana, Casa Forte, Jaqueira, Aflitos, entre outros.

Na direção norte do Recife, os bairros mal servidos são Dois Unidos, Água Fria e Ponto de Parada, com oferta baixa e Cajueiro, Peixinhos e Hipódromo, com oferta muito baixa. O bairro de Campina do Barreto não dispõe de acesso ao hospital. O restante dos bairros do norte têm oferta média, como os bairros de Campo Grande, Encruzilhada e Bomba do Hemetério e até

acima da média, como é o caso do bairro do Torreão. Abaixo da média, exemplifica-se com o bairro do Fundão e Linha do Tiro.

Na área central, com bairros vizinhos ao Hospital da Restauração, excetuando-se os Coelho e o bairro do Recife, com oferta muito baixa, os demais bairros como Boa Vista, Soledade e Paissandu tem oferta excelente, como explicado anteriormente neste capítulo, estando os demais bairros variando entre oferta média (Santo Amaro) e acima da média com o índice entre (500-700), o bairro de Santo Antônio.

### **5.3 Cálculo do Índice de Acessibilidade (Nível de Serviço) ao Hospital da Restauração**

Com a finalidade de uma perspectiva diferente, evidenciando a medida da oferta em relação à distância que se tem entre dois pontos, neste caso bairro e hospital, concluiu-se que um índice de acessibilidade nestes termos iria aperfeiçoar a informação obtida quando do cálculo da oferta. Basicamente, o índice inclui o quão distante um bairro está do ponto de interesse, que no caso é o hospital, ou seja, consegue indicar o quanto bairros que estão mais longe do hospital podem estar desfavorecidos em relação a outros que estejam mais perto. Por exemplo, o caso de dois bairros com índices da oferta próximos, porém, as distâncias deles para o hospital são diferentes. Com o índice de acessibilidade pode-se constatar que um deles, na verdade, deveria ter mais oferta por ser mais longe, porque se fosse considerar outros meios de transportes que não o público, seria mais caro para quem está mais distante poder chegar ao hospital. Desta forma, a proposta foi a de considerar a razão entre o índice da oferta do bairro pela distância euclidiana do centro deste bairro ao equipamento de saúde.

Assim, foi desenvolvido um índice de acessibilidade (nível de serviço) entre os bairros do Recife e o hospital de acordo com a expressão (30) descrita no capítulo 3.

A tabela 15 que se apresenta a seguir, contém a distância euclidiana entre o Hospital da Restauração e o centroide de cada bairro do Recife, o índice da oferta entre o hospital e cada bairro, calculado no subcapítulo 5.2 e o índice da acessibilidade (nível de serviço) entre o hospital e cada bairro desenvolvido neste subcapítulo 5.3.

Tabela 15 - Índice de Acessibilidade entre os bairros do Recife e o Hospital da Restauração

Bairros	Distância euclidiana entre o Hospital da Restauração e o centroide do bairro (km)	Índice da oferta entre o hospital e o bairro	Índice de Acessibilidade ao Hospital da Restauração
Aflitos	1,476	154	104
Afogados	3,071	24	8
Água Fria	4,097	47	11
Alto Do Mandu	4,840	114	23
Alto José Bonifácio	4,754	89	19
Alto José do Pinho	3,669	114	31
Alto Santa Terezinha	4,336	86	20
Apipucos	5,845	35	6
Areias	5,940	7	1
Arruda	3,320	48	14
Barro	7,782	6	1
Beberibe	5,338	152	29
Boa Viagem	8,256	187	23
Boa Vista	0,974	911	935
Bomba do Hemetério	3,633	133	37
Bongi	2,690	44	16
Brasília Teimosa	3,634	24	6
Brejo da Guabiraba	7,781	53	7
Brejo de Beberibe	6,719	133	20
Cabanga	2,972	156	52
Caçote	6,444	2	0
Cajueiro	4,857	34	7
Campina do Barreto	4,374	0	0
Campo Grande	3,196	150	47
Casa Amarela	3,716	268	72
Casa Forte	3,178	133	42
Caxangá	6,686	12	2
Cidade Universitária	5,809	16	3
Coelhos	1,792	19	11
Cohab	9,809	1	0
Coqueiral	8,669	0,0677	0
Cordeiro	3,295	40	12
Córrego do Jenipapo	7,091	52	7
Curado	7,063	1	0
Derby	0,384	1129	2939
Dois Irmãos	7,575	14	2
Dois Unidos	6,330	48	8
Encruzilhada	2,098	120	57
Engenho do Meio	4,988	40	8
Espinheiro	1,276	324	254

Análise Territorial da Oferta de Transportes Públicos - Estudo sobre a Cidade do Recife

Estância	4,968	10	2
Fundão	4,395	91	21
Graças	0,910	432	475
Guabiraba	12,277	5	0
Hipódromo	2,612	20	8
Ibura	8,295	1	0
Ilha do Leite	1,335	253	190
Ilha do Retiro	1,410	20	14
Ilha Joana Bezerra	1,909	488	256
Imbiribeira	5,928	20	3
Ipsep	6,770	34	5
Iputinga	4,669	27	6
Jaqueira	1,975	301	153
Jardim São Paulo	6,012	0,3726	0
Jiquiá	4,526	7	2
Jordão	10,064	0,2085	0
Linha do Tiro	4,982	93	19
Macaxeira	5,870	40	7
Madalena	1,183	98	83
Mangabeira	3,264	92	28
Mangueira	3,615	32	9
Monteiro	4,596	84	18
Morro da Conceição	4,172	119	28
Mustardinha	3,120	42	13
Nova Descoberta	6,337	71	11
Paissandu	1,135	1084	955
Parnamirim	2,607	310	119
Passarinho	8,557	31	4
Pau Ferro	13,022	0	0
Peixinhos	4,445	12	3
Pina	4,510	151	34
Poço	3,452	99	29
Ponto de Parada	2,717	127	47
Porto da Madeira	5,170	176	34
Prado	2,232	32	14
Recife	3,213	18	5
Rosarinho	2,336	128	55
San Martin	3,896	16	4
Sancho	7,862	0,1192	0
Santana	2,453	62	25
Santo Amaro	2,039	263	129
Santo Antônio	2352	551	234
Sao José	2,531	204	81
Sítio Dos Pintos	8,031	17	2

Soledade	0,904	944	1043
Tamarineira	2,593	230	89
Tejipió	7,799	21	3
Torre	1,748	43	25
Torreão	2,133	609	286
Torrões	4,387	37	9
Totó	8,431	0	0
Várzea	8,659	21	2
Vasco Da Gama	5,182	164	32
Zumbi	2,203	75	34

A figura 50 clarifica a situação dos bairros em relação ao acesso para o hospital, pois representa os resultados da aplicação do índice de acessibilidade (nível de serviço) no mapa do Recife.

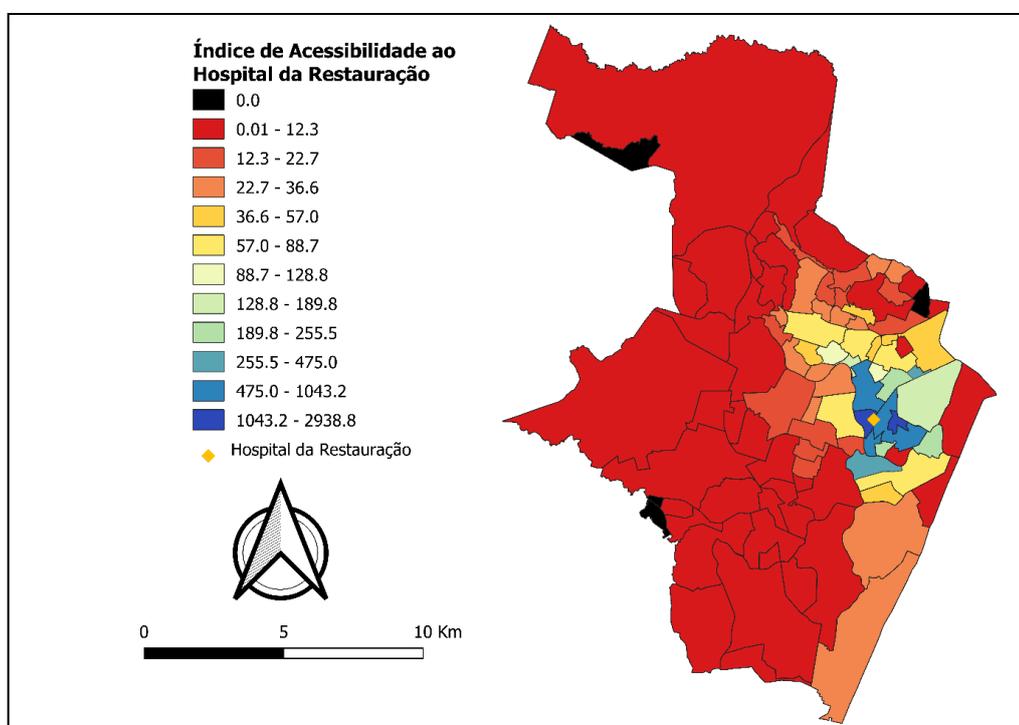


Figura 50-Índice de acessibilidade dos bairros em relação ao Hospital da Restauração, considerando a oferta e a distância da área central dos bairros ao equipamento de saúde

Os resultados mostram que os bairros com melhor acessibilidade ao Hospital da Restauração são aqueles no entorno deste equipamento. O próprio bairro onde o hospital está localizado, Derby, além do bairro da Soledade, são os que dispõem de acessibilidade muito alta (índice entre 1.043,2-2.938,8). Os bairros da Boa Vista, Paissandu e Graças, possuem acessibilidade alta (índice entre 475,0-1.043,2). Ainda com boa acessibilidade tem-se os bairros de Ilha Joana Bezerra e Torreão (índice varia entre 255,5-475,0). Os bairros de Santo Antônio, Espinheiro e Ilha do leite, dispõem de acessibilidade acima da média (o índice está entre 189,8-255,5).

Observando a cidade com todos os seus bairros, vê-se uma acessibilidade muito penosa entre o hospital e os bairros dos lados sul, sudoeste, oeste, parte do noroeste e parte do norte, melhorando realmente para os bairros de entorno do equipamento. O índice de acessibilidade ao hospital, na maior parte da cidade, é baixíssimo, variando entre (0,01-12,3). Bairros como a Imbiribeira (sul) tem índice de acessibilidade igual a (3), Ibura (sul) tem índice igual a (zero), Areias e Barro (ambos no sudoeste) têm índice igual a (1), Várzea (oeste) tem índice igual a 2, Torrões (oeste) tem índice (9), Passarinho (noroeste) tem índice (4), Nova descoberta (noroeste) tem índice igual a (11), Dois Unidos (norte) tem índice igual a (8), Hipódromo (8), Coelhos (centro) tem índice igual a (11) e bairro do Recife (centro) igual a (5). Estes foram exemplos de bairros em todas as direções do Recife, o que mostra comprometimento de acessibilidade ao Hospital da Restauração em todos os lados da cidade.

Interessante a análise do índice de acessibilidade, por exemplo, numa perspectiva de ofertas similares em alguns bairros. Casa Forte e Brejo de Beberibe, possuem ofertas iguais a (133). A distância euclidiana entre estes bairros e o hospital é de 3,178 km e 6,719 km, respectivamente. O índice de acessibilidade de Casa Forte será igual a (42), enquanto o de Brejo de Beberibe será igual a (20). Analisando estes resultados, observa-se que este último está desfavorecido em relação ao primeiro, tendo em vista o fato de estar mais distante do hospital. Neste caso, o índice está mostrando que Brejo de Beberibe deveria ter uma oferta melhor para compensar a distância maior em relação ao hospital. Se o utente deste bairro optar por não aceder ao transporte público para ir ao hospital, ele terá uma despesa maior do que aquele que reside em Casa Forte.

#### 5.4 Síntese

A figura 51, abaixo, contém os mapas da oferta e da acessibilidade entre os bairros do Recife e o Hospital da Restauração, já apresentados anteriormente neste mesmo capítulo, mas com o objetivo de facilitar a compreensão estando as figuras mais próximas.

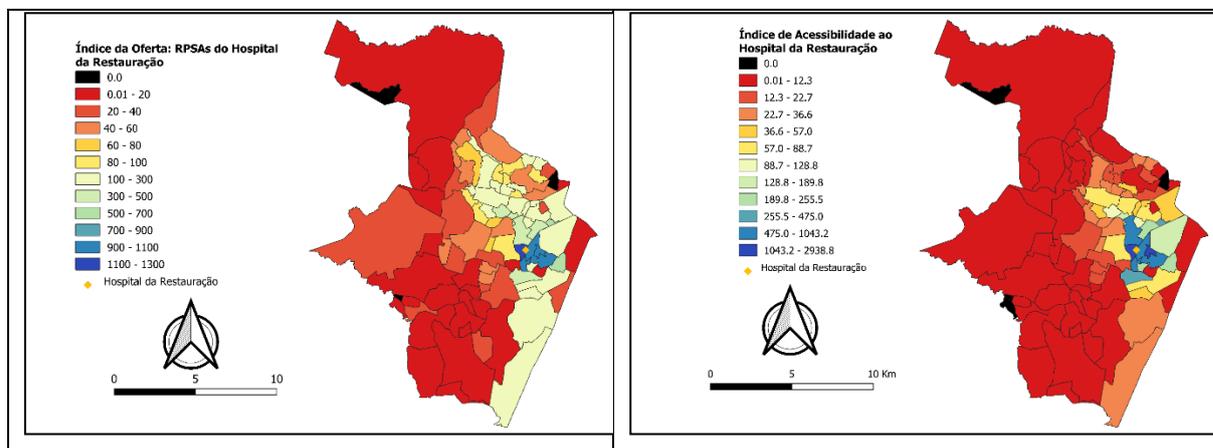


Figura 51 - Análise Comparada

A medida da oferta de forma intuitiva conseguiu mostrar que são as linhas de autocarros, através da contribuição espacial individual de suas rotas nos bairros (acrescente-se frequência e demais fatores incluídos no método), que definem o *status* da oferta do bairro. O número maior de rotas dá a entender que há uma melhor oferta, o que não é uma verdade absoluta, pois há de se investigar como cada rota dá a sua contribuição no bairro. Os resultados provenientes da aplicação deste índice mostraram uma concentração da oferta em bairros do entorno do hospital na parte central do Recife, espalhando-se na direção norte e parte do Noroeste, no entanto variando na categoria de média oferta. Quando vai na direção sul, timidamente segue pelos bairros do Pina e Boa Viagem. Em contrapartida, a oferta é muito pequena no restante da cidade, em todas as demais direções.

O índice da acessibilidade (nível de serviço) aqui desenvolvido vem complementar o índice da oferta. Trata-se de uma medida da oferta em relação à distância que se tem entre dois pontos, ou seja, neste caso é a distância euclidiana entre o bairro e o ponto de interesse que é o hospital. Assim, foi possível analisar a acessibilidade sob várias perspectivas, como o caso de bairros mais distantes do equipamento que tem a acessibilidade reduzida, ou estão em desvantagem quando comparados a outros de oferta semelhante por estarem mais distantes e se seus residentes optarem pelo não uso de transporte público, restará o desfavorecimento por precisar fazer maior despesa do que aqueles que morem em bairros mais próximos.

Os capítulos seguintes dizem respeito a propostas de desenvolvimento da análise, que é possível fazer depois da aplicação da metodologia. Nomeadamente, uma análise da equidade sob as perspectivas das curvas de Lorenz e do coeficiente de Gini, considerando a cidade do Recife de forma global e através de uma análise estatística territorial para as duas variáveis obtidas: os ‘need-gaps’ calculados e padronizados e o índice de acessibilidade(nível de serviço) calculado, procurando identificar a existência de ‘clusters’ ou ‘outliers’.

## **6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DA EQUIDADE NO ACESSO AO TRANSPORTE PÚBLICO**

### **6.1 Introdução**

As falhas espaciais nos transportes públicos, a nível local, isto é, bairro a bairro, determinando a disparidade entre a oferta e a procura, foram identificadas anteriormente neste estudo. Procura-se neste capítulo, num viés quantitativo, detetar tais desequilíbrios no contexto global, considerando a cidade do Recife como um todo. Assim, será utilizada a combinação das curvas de Lorenz e o coeficiente de Gini. A discussão dos resultados obtidos fica ainda mais consistente diante de mais esta perspectiva. As curvas Lorenz e o coeficiente de Gini

As curvas de Lorenz (Lorenz, 1905) desenvolvidas inicialmente no campo da economia, correspondem a representações gráficas que mostram a distribuição cumulativa da riqueza pela população, permitindo, assim, estudos acerca da concentração de riqueza e consequentemente, da desigualdade. No entanto, tais curvas possibilitam também pesquisas relacionadas à concentração de outras distribuições (Medeiros, 2012).

Chen et al. (2018) mostram que as falhas espaciais relativas do transporte público a nível global conseguem medir as discrepâncias relativas entre a oferta e a demanda ao agregar todas as áreas estatísticas usando as curvas de Lorenz e o coeficiente de Gini.

Desta forma, para o Recife, as curvas de Lorenz foram implementadas para mensurar as disparidades da oferta de transporte público (quantificada pelo índice da oferta desenvolvido), com a procura de transporte público (quantificada pelo índice da procura baseado nas desigualdades sociais). Também foi comparada a oferta com cada indicador utilizado na construção do índice da procura, a fim de se verificar os núcleos que mais afetam a discrepância, calculada numericamente pelo coeficiente de Gini da oferta, tanto versus a demanda, quanto aos componentes usados para a construção da demanda.

As curvas de Lorenz, neste trabalho, foram elaboradas ao se elencar as observações por bairro, em ordem crescente, da razão entre percentual de índice da oferta e percentual de índice da procura ou percentual do indicador em estudo. Assim, os bairros alocados no início da curva serão aqueles com menor razão entre o percentual de índice da oferta e o percentual de índice da procura. Já numa perspectiva de final da curva, serão acrescidos os bairros com maior valor daquela razão. Os percentuais em questão foram calculados como a divisão do índice ou indicador do bairro, pelo somatório do mesmo índice ou indicador de todos os bairros do Recife, no formato decimal. O eixo vertical do gráfico da curva possui a medida de percentual cumulativo do índice da oferta, enquanto que o eixo horizontal representa a medida de percentual cumulativo do índice da procura ou de um indicador que o compõe.

Em uma distribuição perfeitamente igualitária, por exemplo, dez por cento da procura deve dispor de dez por cento da oferta, metade da procura deve ter a disponibilidade de metade da oferta, e assim sucessivamente. Se isso ocorresse, a Curva de Lorenz seria uma linha reta com inclinação de 45 graus no gráfico. Esta linha é chamada de Linha da Perfeita Igualdade e é usada como parâmetro de referência para a análise de distribuições reais (IPEA, 2006). No caso das curvas estarem abaixo desta diagonal, formando um arco convexo e quanto mais distantes estiverem, significa um grau maior de desigualdade nos serviços de transportes.

Já o coeficiente de Gini (Gini, 1912) é uma medida numérica de desigualdade que está estritamente relacionada às curvas de Lorenz. É um valor compreendido no intervalo de 0 a 1, onde 0 representa igualdade perfeita e 1 representa desigualdade perfeita. Logo, quanto maior o coeficiente de Gini, mais desigualdade existe entre as duas variáveis analisadas. O cálculo é realizado ao se extrair a área entre a Linha da Perfeita Igualdade e a curva de Lorenz (área A na Figura 52) dividida pela área abaixo da Linha da Perfeita Igualdade até o eixo horizontal (área A somada a área B na Figura 52). Um cálculo matemático aproximado do coeficiente de Gini pode ser também feito através da equação 20 do subcapítulo 2.3 (Delbosc and Currie, 2011).

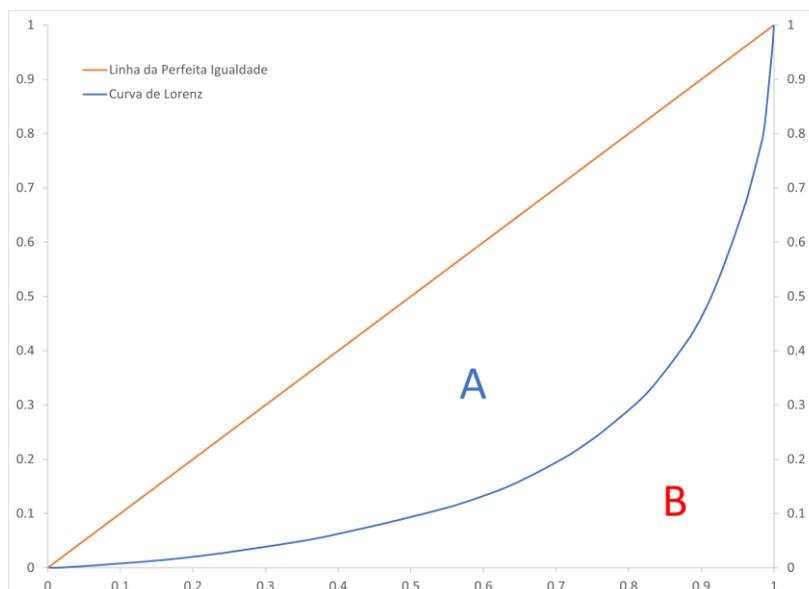


Figura 52 – Curva de Lorenz

## **6.2 Análise das need-gaps do estudo de caso sob a perspectiva das curvas de Lorenz e do coeficiente de Gini**

Aplicando-se a técnica para todas as variáveis de interesse conforme explicado acima, apresenta-se agora os gráficos das curvas de Lorenz da oferta versus a procura, bem como os respectivos índices de Gini.

A Figura 53 mostra as curvas de Lorenz do índice da oferta em relação ao índice da procura e também em relação aos indicadores componentes da procura, como também os respectivos coeficientes de Gini.

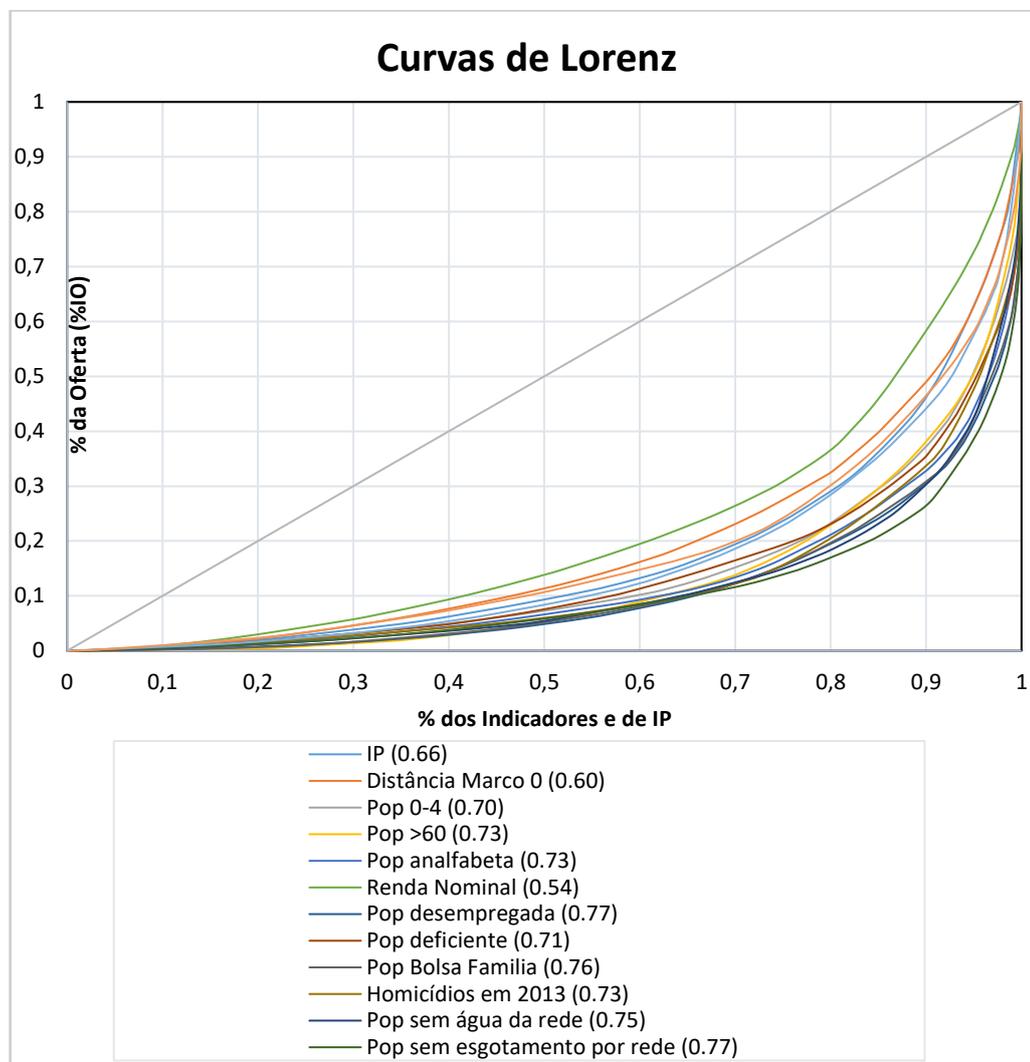


Figura 53 - Falhas relativas no transporte público do Recife a nível global

Na análise da Fig. 53, foi observado que as curvas de Lorenz estão abaixo da linha diagonal e o coeficiente de Gini de todos os indicadores são maiores do que 0,5 e em sua maioria estão mais próximos de 1. Vê-se, desde já, que estas curvas sugerem baixa equidade horizontal, pois a maior parte do transporte público está disponível apenas para uma pequena proporção da procura.

Os gráficos abaixo traduzem a dimensão da procura diante da provisão de transportes públicos na cidade do Recife. O primeiro gráfico, na figura 54, é um detalhe do gráfico da figura 53: curva de Lorenz referente à oferta e à procura. O segundo gráfico, na figura 55, mostra vieses individuais dos bairros relativos às contribuições percentuais para os índices da oferta e da procura numa perspectiva global

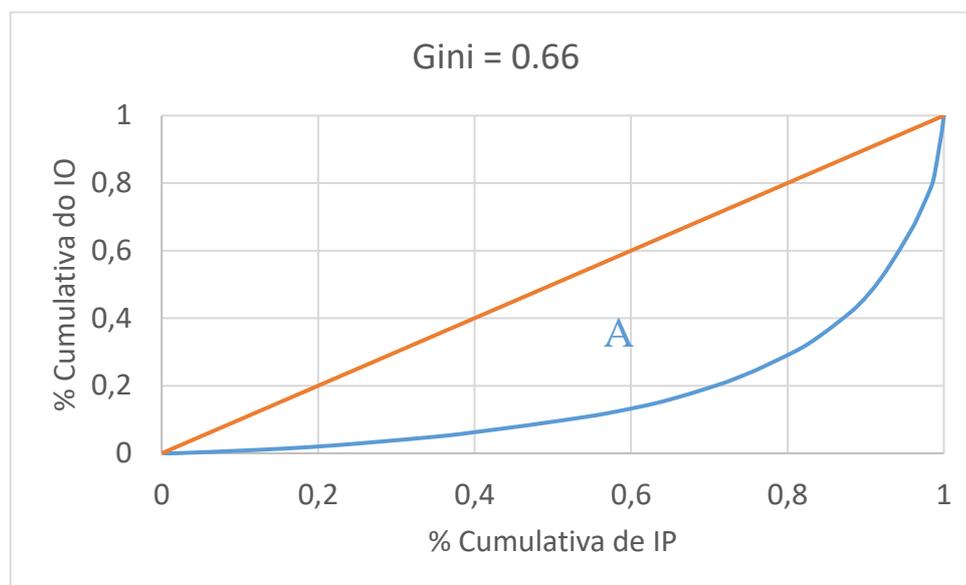


Figura 54 - Curva de Lorenz Oferta x Procura

O índice de Gini encontrado,  $G=0,66$ , é indicativo de grande desigualdade na distribuição do provisionamento de transportes públicos, pois através do gráfico observa-se, por exemplo, tomando o ponto  $(0,8, 0,3)$ , um grupo de bairros que detém de 80% da necessidade de transporte público, dado pelo índice da procura, possui aproximadamente 30% da oferta de transporte público, dado pelo índice da oferta. Por outro lado, o restante dos bairros possui apenas 20% da necessidade de transporte público, mas tem acesso a aproximadamente 70%. O índice de Gini alto, como o calculado para a oferta e procura designa uma curva de Lorenz mais à direita, pois a área entre a curva e a Linha de Igualdade Perfeita é maior (área A da Figura 54).

Esta análise global mostra o quanto as demandas sociais por transporte público no Recife não são bem atendidas pelo serviço ofertado, de forma que está longe de uma equidade no sistema de oferta x necessidades. Além disso, sustenta os resultados da análise local de desigualdades pela metodologia *need-gaps*, ao corroborar a existência de falhas espaciais nos transportes públicos em grande parte dos bairros, sejam elas positivas ou negativas, isto é, oferta excessiva ou oferta muito baixa, respetivamente.

Na Figura 55, apresenta-se um gráfico de dispersão com variáveis não cumulativas, diferentemente da curva de Lorenz. O eixo x, %IP, representa o índice da procura do bairro dividido pela soma dos índices da procura de todos os bairros enquanto que o eixo y, %IO, representa o índice da oferta do bairro dividido pela soma dos índices da oferta de todos os bairros (ou seja, o gráfico representa a percentagem da procura de cada bairro em relação a todos os bairros).

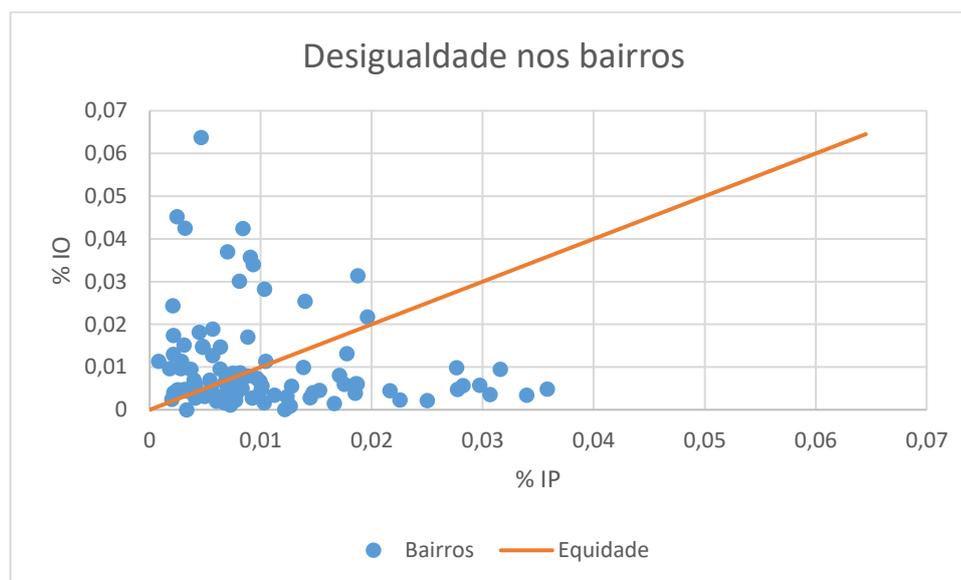


Figura 55 – Desigualdade percentual dos bairros a nível global

O mesmo acontece no caso da oferta: representa o percentual da oferta de cada bairro em relação à soma da oferta de todos os bairros).

Os que estão abaixo da linha laranja representam bairros que possuem menos oferta do que procura, relativo ao total de oferta e procura do Recife. Os que estão acima da linha laranja tem característica diametralmente oposta.

Existem 41 bairros acima da linha de equidade e 53 abaixo. Considerando os 94 bairros, na igualdade horizontal, cada bairro teria um percentual de  $1/94 = 1,06\%$ . Na equidade horizontal, os pontos deveriam estar sobre a linha laranja, independente do percentual em que se encontrassem, pois resultaria em bairros que precisam mais, com mais oferta e bairros que precisam menos, com menos oferta, convergindo ao conceito de equidade. A distribuição dos pontos mostra uma pequena quantidade de bairros próximos a reta laranja, e a maioria deles em posições desequilibradas, sejam enviesados para oferta, sejam para procura. No caso, quanto mais próximo a um dos eixos, mais ele contribui para a desigualdade no transporte público no Recife, como pode ser visto, principalmente, na fatura de pontos próximos ao eixo horizontal.

### 6.3 Síntese

A introdução das curvas de Lorenz e do coeficiente de Gini trouxe mais clareza quanto às desigualdades na cidade do Recife do ponto de vista global. Ao avaliar a relação de índice da oferta com índice da procura ou com seus indicadores, sob a lente desta metodologia, percebeu-se um elevado nível de desigualdade, considerando tais parâmetros. Não só a relação com o índice da procura, mas também com seus indicadores, trouxe coeficientes de Gini maiores que 0,5, dentro do possível intervalo de 0, representando igualdade perfeita, até 1, representando a desigualdade perfeita. Logo, este foi um resultado bastante significativo.

Tanto as falhas relativas globais calculadas neste capítulo como as falhas relativas locais explicitam que existe um grande espaço para melhoria na distribuição do transporte público na cidade do Recife. Observando a falta de equidade horizontal, existem bairros em ambos os extremos, tanto os com muito mais oferta do que procura como os com muito mais procura que oferta, porém, os da última categoria são mais frequentes, conforme mostrou a figura 55. Portanto, os dados globais corroboram a visão de que Recife é uma cidade com elevado índice de desigualdades sociais e que essas desigualdades são presentes na relação do recifense com o transporte público.

## 7 ANÁLISE ESTATÍSTICA TERRITORIAL DA OFERTA DE TRANSPORTES PÚBLICOS NO RECIFE

### 7.1 Introdução

Uma forma de garantir que as tendências observadas para a distribuição territorial de uma determinada variável têm validade estatística é proceder a uma análise estatística territorial, neste caso recorrendo a um programa específico que realiza as mesmas análises sobre uma *shapefile* dos resultados finais (GeoDa<sup>11</sup>). Assim optou-se por realizar uma análise estatística territorial para duas variáveis obtidas: as ‘need-gaps’ calculadas e padronizadas e o indicador de nível de serviço calculado, procurando identificar a existência de ‘clusters’ ou ‘outliers’. No contexto do programa referido, essa identificação é obtida através da computação de três estatísticas relacionadas: o I de Moran, o mapa de clusters e o mapa de significância estatística. O I de Moran dá uma medida do grau de associação territorial para um conjunto de dados, e pode ser avaliado através do gráfico do I de Moran, com um desenvolvimento tal como se indica na figura 56. Neste tipo de gráfico cada ponto tem como abcissa o valor de uma variável e como ordenada o ‘spatial lag’ dessa variável, ou seja, a média dos valores da mesma variável nas unidades vizinhas de uma determinada unidade.

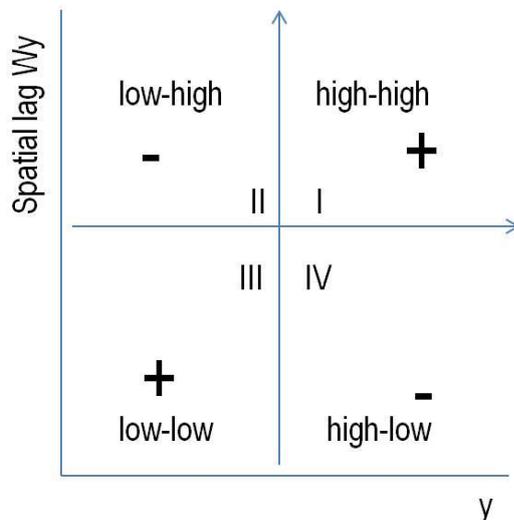


Figura 56 – Gráfico de Auto correlação territorial

A fórmula do valor de I de autocorrelação global não é mais do que a inclinação da recta que melhor ajusta todos esses pontos. Os pontos que pertencem ao quadrante superior direito (alto-alto – normalmente identificados num mapa de clusters com a cor vermelha) ou inferior

<sup>11</sup> <https://geodacenter.github.io/>

esquerdo (baixo-baixo – normalmente identificados num mapa de clusters com a cor azul) são o centro de um *cluster*, ou seja, os vizinhos têm valores igualmente altos ou baixos.

Os que pertencem ao quadrante superior esquerdo (baixo-alto – normalmente identificados num mapa de clusters com a cor azul claro) ou inferior direito (alto-baixo – normalmente identificados num mapa de clusters com a cor vermelho claro), são *outliers*, ou seja, os vizinhos têm valores antagonicamente diferentes. Os que não surgem com cor no mapa de clusters, são os que não tem significância estatística.

## 7.2 A significância estatística territorial da variável *need-gaps*

Procedendo-se a essa avaliação no contexto do programa referido foi possível obter o gráfico do I de Moran patente na figura 57.

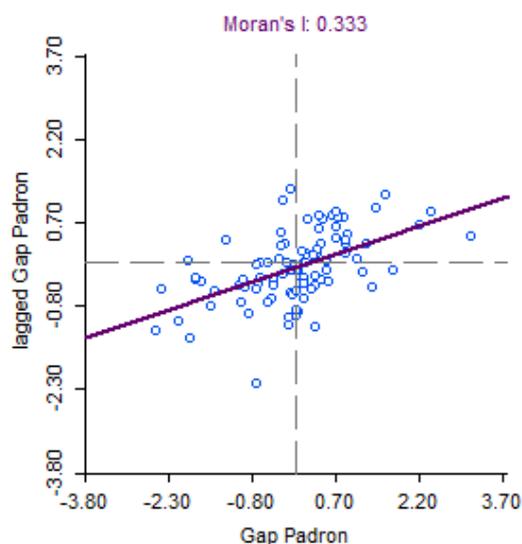


Figura 57 – Gráfico de Moran para a variável *Need-Gaps*.

O I de Moran apresenta uma inclinação considerável o que revela um relativo ajuste de uma recta (0,33) e uma distribuição de pontos pelos quatro quadrantes com uma clara predominância de bairros dentro dos *clusters* ‘alto-alto’ ou ‘baixo-baixo’ ou no grupo dos *outliers* ‘alto-baixo’. O mapa de clusters da variável ‘*need-gaps*’ para os bairros do Recife (figura 58) permite analisar geograficamente esta constatação.

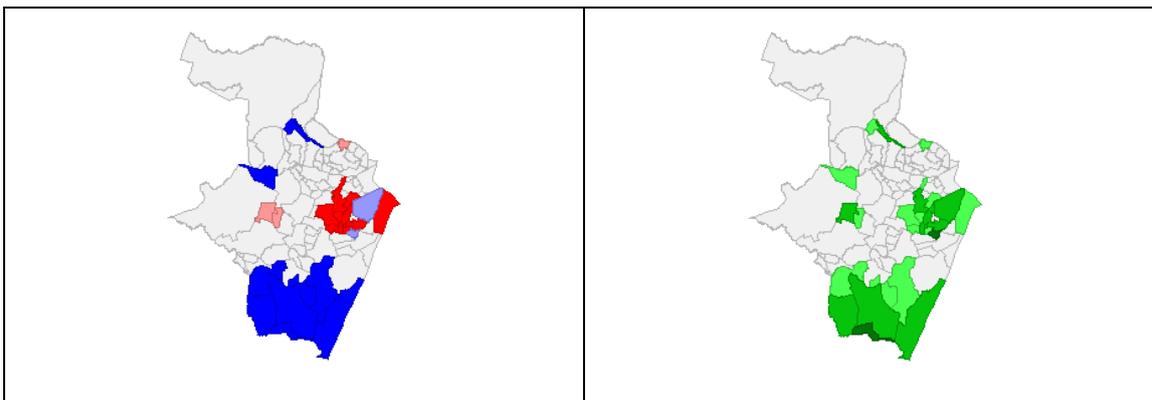


Figura 58 – Mapa de Clusters (a) e mapa de significância estatística (b) para a variável *need-gaps* para os bairros do Recife

Ou seja, existe um cluster de valores altos (vermelho) formando clusters nos bairros das Graças, Rosarinho, Derby, Paissandu, Ilha do Retiro, Madalena, Ilha do Leite, Boa Vista, Espinheiro e Bairro do Recife e uma concentração de valores baixos (azul) nos bairros de Brejo da Guabiraba, Brejo de Beberibe, Caxangá, Barro, Cohab, Jordão, Ibura, Caçote, Ipsep, Imbiribeira e Boa Viagem.

Por outro lado, verifica-se a existência de alguns *outliers* de valores altos (vermelho claro) que são os bairros do Engenho do Meio, Cidade Universitária e Beberibe. E alguns *outliers* de valores baixos (azul claro) que são os bairros de Santo Amaro e Coelhos.

Esta distribuição revela que existem muitas diferenças na distribuição das características socioeconômicas consideradas para caracterizar a procura, tal como já tinha sido anteriormente confirmado pelas análises dos capítulos anteriores.

### **7.3 A significância estatística territorial do indicador de nível de serviço (oferta de transportes públicos atendendo à população servida)**

Fazendo o mesmo tipo de análise para o indicador de nível de serviço calculado, verifica-se um outro resultado que permite um outro tipo de análise. Tal como antes o I de Moran apresenta uma reta com um bom ajuste (0,37) revelando uma maior tendência de agregação territorial na formação de clusters nos quadrantes ‘alto-alto’ e ‘baixo-baixo’, mas com menor dispersão em torno da média (ver figura 59).

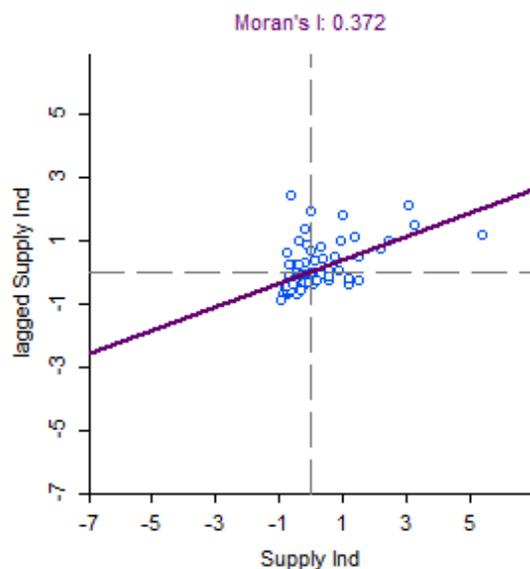


Figura 59 – Gráfico de Moran para a variável índice de Acessibilidade

Verifica-se que não existe uma dispersão tão grande em torno das médias quer para o valor da variável quer para o valor da sua auto correlação comparativamente ao caso das *need-gaps*. Assim, se considerarmos só a oferta ponderada pela população para compor um indicador de nível de serviço, a distribuição territorial é diferente do que encontramos nas *need-gaps* tal como mostram os mapas de clusters e de significância estatística da figura seguinte.

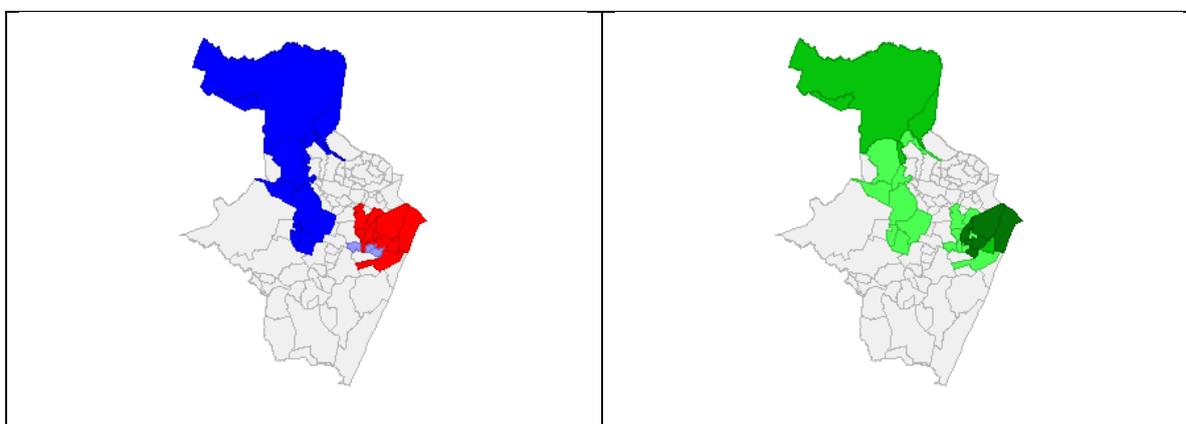


Figura 60 – Mapa de Clusters (a) e mapa de significância estatística (b) para a variável índice de acessibilidade para os bairros do Recife

De facto, identificam-se essencialmente dois tipos de agregação territorial: um cluster do tipo ‘alto-alto’ (vermelho) na zona dos bairros das Graças, Espinheiro, Boa Vista, Soledade, Derby, Paissandu, Santo Amaro, Bairro do Recife, Santo Antônio e São José e um cluster do tipo ‘baixo-baixo’ (azul) na zona dos bairros Guabiraba, Pau Ferro, Passarinho, Brejo da Guabiraba, Brejo de Beberibe, Córrego do Jenipapo, Dois Irmãos, Caxangá, Apipucos, Iputinga, Cordeiro,

Engenho do Meio e Torrões. Em azul claro, ou seja ‘baixo-alto’ encontram-se os bairros Ilha do Leite, Coelhos e Ilha do Retiro.

#### **7.4 Síntese**

Estas constatações permitem assim concluir que diferentes medidas de qualidade da oferta identificam diferentes tipos de carências ao nível do provimento de transporte público. No caso desta análise, a avaliação através da análise *need-gaps* considerada tem muito mais capacidade de identificar as diferenças territoriais das desvantagens sociais no acesso ao transporte público, do que uma mera medida de nível de serviço ponderada apenas pelo quantitativo populacional. De facto, prova-se, mais uma vez, que a utilização do método ‘*need-gaps*’ evidencia desigualdades que de outra forma não seriam visíveis.

## 8 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

### 8.1 *Enquadramento do problema e métodos*

A população latino-americana tem condições de vida muito desiguais. Se por um lado uma parte dispõe de condições intraurbanas que possibilitam estrutura de vida confortável, por outro, está a parcela socialmente vulnerável resignada em situações de pobreza ou miséria. Tal disparidade promove a desigualdade de oportunidades e agrava a desigualdade social na região.

Os ‘excluídos dos transportes’, segundo Fernandes (2004), são pessoas que compõem uma parcela da população do Brasil, mas o termo pode ser aplicado perfeitamente aqueles que se encontram na mesma situação na América Latina e trata-se de um facto antigo, pois diante da inadequação da oferta de transportes públicos, com longo tempo de espera, dificuldade em aceder às linhas, paragens, estações e terminais de integração, a própria falta de segurança pública e preços das passagens, muitos trabalhadores e até desempregados são obrigados a passarem a noite em locais centrais das cidades por não poderem arcar com os custos das viagens no dia a dia, colocando-se em situação de grande vulnerabilidade. Um dos traços da favelização nas áreas centrais das grandes cidades dessa região é consequência do facto ora narrado: o indivíduo sai da periferia para a proximidade de melhores oportunidades.

Atualmente, o senso comum em relação às desvantagens que o indivíduo tem por não dispor de alguma forma de deslocação para as atividades mais básicas possíveis, já é de prejuízo social. Quaisquer que sejam as restrições em aceder aos serviços de transportes públicos para aqueles que dependem exclusivamente dele, o impacto ao bem-estar do indivíduo será significativo.

Desta forma, com as condições de desvantagens em transportes perenes nas cidades latino-americanas, procurou-se desenvolver um trabalho que abrangesse problemas dessa natureza em um estudo de caso de grande interesse, em termos de transportes públicos a nível territorial (oferta) e em termos de incluir aspetos das necessidades sociais e desvantagens em transportes da população (procura), o que tem sido pouco visto nos estudos voltados para países da região. Com as informações sobre a oferta e a procura, as falhas provenientes do desequilíbrio deste conjunto poderiam ser detetadas.

Em função dessas considerações, uma metodologia foi desenvolvida nesta tese com a inovação pretendida e com adaptações de algumas técnicas de análise entre as quais está a metodologia *need-gaps* (Currie, 2010) como eixo paradigma, e também os estudos de Chen et al (2018), Jaramillo et al (2012), Delbosc e Currie (2011) e Sagahpour et al (2016).

A análise foi planeada e validada nos termos seguintes.

Em primeiro lugar, a metodologia foi voltada para territórios com grandes problemas de desigualdade social e desvantagens em transportes, como é o caso das cidades latino-americanas.

Para o desenvolvimento metodológico partiu-se da premissa de estudar as características da oferta sob a perspectiva de sua distribuição espacial a nível de unidades geográficas com dados disponíveis para a análise, optando-se, assim, pelo estudo a nível de bairros e de acordo com as modalidades de transporte público existentes na área de investigação. Foram consideradas também as características referentes à procura e enquadradas nos aspetos demográficos da população de cada bairro, como o nível de escolaridade, rendimentos, idade, problemas de deficiência, entre outros, como também em questões relativas às características próprias do bairro, como as relacionadas à segurança pública e de infraestrutura. No seguimento, foi possível a identificação e avaliação comparativa das falhas espaciais (*need-gaps*) existentes nos bairros relativas aos serviços de transportes públicos e de acordo com as condições socioeconómicas da população residente (necessidades sociais causadas pela desvantagem em transportes – procura).

Em segundo lugar, diante da metodologia proposta, a mesma foi validada através de sua aplicação ao estudo de caso do Recife, investigando-se os seus 94 bairros e identificando aqueles que estão bem ou mal servidos pelos transportes públicos, com a respetiva análise.

Para além da análise do Recife, em terceiro lugar, aplicou-se a metodologia desenvolvida testando a oferta e também a acessibilidade (nível de serviço) através dos transportes públicos, a um equipamento em particular, o Hospital da Restauração.

Para identificar os desequilíbrios num contexto global, olhando a cidade do Recife como um todo, e em quarto lugar, utilizou-se a combinação das curvas de Lorenz e coeficientes de Gini.

Em quinto lugar, uma análise estatística territorial, através do programa GeoDa, também foi realizada para duas variáveis obtidas: as '*need-gaps*' calculadas e padronizadas e o indicador de nível de serviço calculado, procurando identificar a existência de '*clusters*' ou '*outliers*'.

Apesar de uma exaustiva peregrinação e muita persistência para a recolha dos dados da tese, devido a restrições de informações, negativas no fornecimento desses dados pelas instituições, dificuldade e demora na obtenção, tendo que recorrer a muitas visitas presenciais para recebê-los, a ouvidorias e até mesmo à interposição de recursos, além do recebimento de muitas informações não temporalizadas e desorganizadas, finalmente foi devidamente composto o banco de dados desta tese. Registrando-se a desestruturação do banco de dados da prefeitura do Recife e do governo do Estado de Pernambuco, penalizando e dificultando os trabalhos de investigação.

No que concerne ao nível de aplicabilidade desta metodologia em função de possível indisponibilidade de informações, há de se entender que o índice da procura que compõe a parte do método pertinente às *need-gaps*, terá uma maior validação se os indicadores que formam o mesmo estiverem na sua completude de tal forma a indicar suas representatividades. Uma variável no contexto de programa de transferência de renda, como é o caso do ‘bolsa família’, tem grande relevância, pois contribui na detecção de *need-gaps*, uma vez que é relativa às pessoas desfavorecidas socialmente e economicamente. Os indicadores que traduzem as necessidades sociais da procura, são, portanto, imprescindíveis para resultados minuciosos.

No entanto, ressalta-se a versatilidade da metodologia, pois ela permite através de um índice alternativo (o indicador do nível de serviço), obtenção de informações sobre a distribuição espacial da oferta e sua proximidade em relação à população, não entrando na seara das necessidades sociais. Trata-se de um viés diferente, sem a profundidade das *need-gaps*, pois estas trazem consigo todo o arcabouço das desigualdades sociais e desvantagens em transportes, todavia é uma medida segura que fornece informações da oferta de transportes públicos que podem ser atualizadas em menores períodos de tempo.

Espera-se que a metodologia desenvolvida nesta tese seja utilizada como um recurso para estudos de integração entre o planejamento de transportes e o planejamento do território, de tal maneira que possa nortear os técnicos e gestores públicos, através da dinâmica do método, a identificar as *need-gaps* no território das cidades e conseqüentemente a tomar decisões, como também servir de referência às associações e sindicatos de direito como um instrumento de requerimentos e pressão para uma solução mais imediata e efetiva. As redes de transportes funcionam como um elemento fundamental na organização do território. Para estarem devidamente planejados, os sistemas de transportes públicos devem estar conectados ao planejamento urbano, procurando-se que o desenvolvimento da cidade seja mais denso, de tal forma que a população resida próxima e trabalhe ao longo de eixos de transporte coletivo, ou seja, no contexto do ‘*transit oriented development*’ (TOD), cuja premissa é a de que a expansão da cidade vá acontecendo ao longo dos principais eixos de mobilidade urbana. A distribuição espacial da oferta de transportes públicos com justiça social, atendendo aos preceitos da equidade vertical, torna possível o atendimento de uma procura insatisfeita, reprimida, no caso de bairros com mais necessidades sociais e populosos, como também incentiva a ocupação de regiões em crescimento, atuando como importante ferramenta de planejamento do território, na busca de uma cidade mais sustentável. Observa-se no Brasil, abrangendo-se os Estados da Federação e os municípios, que ainda existe a falta de articulação da política de transportes com uma estratégia territorial mais ampla, pois melhora-se as infraestruturas, sem que isso signifique uma maior atenção ao ordenamento do território.

Esta metodologia pode ir além da América Latina, podendo ser transportada para outras realidades com estrutura social e económica com grandes desigualdades em padrão de vida e acessos a recursos, como por exemplo, o sul asiático, entre outras regiões. Para isto, é importante a identificação de indicadores que traduzam a identidade do lugar e a vida de sua população, construindo assim, as necessidades sociais e as desvantagens de transportes do novo território de interesse.

## **8.2 A análise need-gaps para os bairros do Recife**

Através da nova metodologia, inspirada e adaptada de outras de relevante valor, conforme se explicou e se deu devidamente os créditos no decorrer do desenvolvimento desta tese e que estão também citados no subcapítulo anterior, foram identificadas as *need-gaps* de cada bairro do Recife.

As *need-gaps* são as falhas espaciais dos serviços de transportes públicos do Recife, tendo em consideração as desvantagens em transportes e as necessidades sociais da população dos bairros. Através das *need-gaps* é possível identificar aqueles bairros que estão mais prejudicados em termos territoriais, sociais e econômicos.

Uma breve síntese de como foram identificadas as *need-gaps* em cada um dos bairros do Recife, é apresentada a seguir.

1. O índice da oferta foi construído a partir das rotas dos modos de transportes públicos (autocarros e metro) que passam em cada bairro, considerando a porção do bairro servida pelas rotas das linhas lá existentes, diante dos parâmetros já estabelecidos na análise de rede, além de sofrer ajustes por um indicador de frequência de viagens de cada rota durante os dias úteis e um outro relativo à capacidade relativa dos veículos que operam em cada rota. Utilizou-se o ArcGIS 10.6.

Observa-se também que esta metodologia pode ser aplicada utilizando-se as origens e destinos das viagens, como também pode ser adaptada levando-se em consideração os transbordos, o que permite uma nova perspectiva da mesma, tendo em vista que os resultados seriam ainda mais refinados.

2. O índice da procura foi elaborado através da soma ponderada de indicadores que revelassem a desvantagem social e a desvantagem em transportes e onde a importância de cada indicador fosse detetada pelo peso lhe fosse associado.

Todas as variáveis foram padronizadas para que tivessem a mesma magnitude quando do cálculo do índice de cada um dos 94 bairros do município.

Os pesos dos indicadores foram calculados através da análise multivariada do componente principal (PCA). A principal componente explicou 59,27 % da variância total, o que significa

dizer que das 13 variáveis usadas no índice, 59,27 % da informação delas (em variância) é explicada pelo índice (que é apenas 1 dimensão), ou seja, com a redução de dimensão de 13 para 1, manteve-se 59,27 % da informação.

3. As *need-gaps* foram, então, calculadas como a diferença entre o índice da oferta (IO) e o índice da procura (IP), estando ambos padronizados linearmente com um mínimo de 0 (zero) e um máximo de 1(um).

Utilizando-se o método '*natural breaks*' de Jenks, distribuiu-se as *need-gaps* dos bairros em 5 classes, na seguinte ordem da pior para a melhor situação: *alta deficiência, deficiência, equilíbrio, oferta alta e oferta excessiva*.

Identificando-se as *need-gaps* no território do Recife, em seus 94 bairros, foram encontrados os bem servidos e os mal servidos pelos transportes públicos desta cidade.

Os mais *bem servidos* são os bairros de *Santo Antônio, Boa Vista, Soledade, Derby e Mangueira*. Estes bairros estão classificados, segundo as *need-gaps*, como tendo *oferta excessiva*, ou seja, a oferta é muito maior do que a procura, o que está longe de ser o desejável. O bairro de Santo Antônio é o que tem a maior oferta dentre todos os demais bairros do Recife. Juntamente com a Boa Vista e a Soledade, Santo Antônio fica na área central da cidade. O Derby é contíguo à Boa Vista e fica na parte noroeste. O bairro da Mangueira fica do lado sudoeste do município distando cerca de 4,5 km do Marco Zero da cidade.

Há grande concentração da oferta nos bairros do centro, o que pode ser explicado pelo próprio desenho de sua malha viária, pois segundo o ICPS (2017) a rede de ruas e avenidas do Recife têm um formato radial concêntrico, que tem como 'foco irradiador' a área central da cidade, a partir da qual começou seu crescimento, conforme pode se ver na figura 31, anteriormente apresentada no capítulo 4, subcapítulo 4.4. A conexão entre o centro da cidade e as regiões mais periféricas é feita por vias radiais, e estas, por sua vez, são interligadas por vias perimetrais.

No caso dos bairros em referência, apenas a Mangueira fica na parte periférica. Fazendo fronteira com os bairros da Mustardinha, Afogados, San Martin e Jiquiá, o bairro da Mangueira recebe grande influência de vias que fazem parte de corredores de transporte metropolitano e que passam em suas proximidades através dos bairros citados, como é o caso da Avenida José Rufino e Rua São Miguel (arterial principal), Rua Cosme Viana (compõe a II Perimetral-arterial principal) e a Avenida San Martin (faz parte da III Perimetral), além da Rua 21 de Abril, que é um dos corredores de transporte urbano secundário do Recife e funciona como via coletora passando na própria Mangueira. Estes bairros de divisa têm características fortemente ligadas ao comércio, sendo comum lojas de rua, pequenos centros comerciais, além de feiras livres e mercados.

Uma estação de metro denominada ‘Mangueira’ fica na divisa entre os bairros da Mangueira e Afogados, mas geograficamente está localizada neste último. Sendo um bairro de passagem dos seus bairros fronteiriços, e sendo um dos menores bairros do Recife, apenas 0,31 km<sup>2</sup> (tabela A1, Anexos), além dos aspetos ditos anteriormente, foram observados nos mapas muitas RPSAs sobrepostas, contribuindo para a grande oferta excedente.

Ressalta-se que os bairros classificados como *oferta excessiva* das *need-gaps*, primordialmente detinham no índice da procura as classes *baixa* ou *muito baixa* em desvantagens sociais.

Identificou-se também 21 bairros na categoria *oferta alta* das *need-gaps* deste estudo. Vê-se que são bairros, na maioria, que tem uma continuidade geográfica partindo dos bairros centrais de *oferta excessiva*. Ou seja, à medida que se distanciam da área central, a tendência é a da oferta ser minimizada, mas especificamente nestes bairros, a oferta ainda é alta, o que continua não sendo desejável, pois a disponibilidade dos serviços de transportes públicos é ainda maior do que a procura, ou seja, ainda há excesso. Bairros como Graças, Espinheiro, Aflitos, Encruzilhada, Madalena, São José, Cabanga, Paissandu, Ilha do Leite, Zumbi, entre outros que fazem parte de uma continuidade.

Porto da Madeira, Estância, Tejipió e Coqueiral são bairros que não fazem parte da continuidade citada, pois estão bem afastados da área central. Em relação ao Marco Zero, estão distantes 6,5 km (direção norte) e 8,7 km, 9,9 km e 9,7 km (estes últimos na direção sudoeste), respetivamente (ICPS, 2017). Com uma área de apenas 0,48 km<sup>2</sup> (tabela A1, Anexos), Porto da Madeira é um dos pequenos bairros que tem pelo menos 90% de seu território coberto por RPSAs, além de existir sobreposições das mesmas, o que lhe garante oferta maior. Por sua vez, os bairros da Estância, Tejipió e Coqueiral, têm o diferencial de contar além das sobreposições das RPSAs de autocarros, cada um tem estações de metro em seu território, quais sejam, Estação Santa Luzia, Estação Tejipió e Estação Coqueiral, respetivamente. É na Estação Coqueiral onde a linha centro do metro se subdivide com o ramal Coqueiral – Camaragibe, ampliando ainda mais sua oferta.

Foram observados que todos estes bairros da categoria *need-gaps oferta alta*, estão enquadrados no índice da procura como tendo desvantagem *baixa* ou *muito baixa*.

Os bairros mais *mal servidos* pelos transportes públicos no Recife, encontram-se num contexto oposto ao anteriormente explicado, as *need-gaps* destes bairros são classificadas como *alta deficiência* e estão presentes em bairros da periferia.

Os bairros seguintes estão enquadrados neste estudo com a pior classificação: Dois Unidos e Água Fria na direção norte; Nova Descoberta a noroeste; Iputinga e Várzea a oeste e na direção sul estão Boa Viagem, Imbiribeira, Ibura e Cohab.

Estes bairros possuem oferta de transporte público *abaixo da média*, mas principalmente, *baixo* ou *muito baixo*. No índice da procura estes bairros estão incluídos em desvantagem social que varia entre *acima da média*, *alto* e *muito alto*. No caso de Boa Viagem, bairro potencialmente gerador de tráfego, com grande infraestrutura de comércio e hoteleira, os resultados indicam um uso maciço de carros e motocicletas, estas que têm sido muito comuns no Brasil, para suprir a oferta deficiente de transporte público.

Os bairros que têm *need-gaps* da classe *deficiência* estão distribuídos em diversas direções do Recife, com destaque para o bairro de Campo Grande e Torrões, como os mais prejudicados desta categoria tendo em vista seu enquadramento nas desvantagens sociais na classe *acima da média*. Os demais bairros fazem parte das classes da procura com necessidades *média* e *abaixo da média*, mas com oferta de transportes públicos classificadas como *baixo* e *muito baixo*. São bairros que tenderam à localização periférica, distanciando-se do centro geográfico do Recife. Por fim, os bairros cuja oferta e procura apresentam características de estarem mais adaptadas entre si, o que é desejado. As *need-gaps* que se enquadram neste contexto são da categoria *equilíbrio*. São 42 bairros enquadrados nas *need-gaps* em equilíbrio. A classificação da procura aqui já apresenta uma melhora significativa pois a desvantagem social varia entre *média*, *abaixo da média*, *baixo* e *muito baixo*.

Observam-se bairros da área central (RPA1), como o bairro do Recife, Santo Amaro, Coelho e Ilha Joana Bezerra, classificados na *need-gaps equilíbrio*.

Existe um terminal de integração do SEI no bairro Ilha Joana Bezerra, para autocarros e o metro, o que melhora as condições do bairro conhecido por abrigar uma comunidade de muita pobreza e violência: a comunidade do Coque.

Esta análise identificou áreas em desvantagem espacial, social e económica, integrados à população, no território do Recife, no que diz respeito à oferta de transportes públicos em contraste com as necessidades sociais. Os resultados mostraram que bairros com maior disparidade entre a oferta e a procura são aqueles com maior desvantagem social. Vê-se também que bairros com graves problemas sociais têm estes aspetos amenizados diante de serviços de transporte públicos mais efetivos. Infelizmente, 34% da população do Recife vive em bairros periféricos com *need-gaps* de *alta deficiência*. Bairros classificados com *need-gaps* de *deficiência* abrangem 26,4% dos recifenses. Num total, cerca de 60% dos residentes do Recife convivem com um transporte público onde a procura é maior do que a oferta e onde são vários os problemas associados a esta questão, entre eles, o desemprego, baixa renda, problemas relativos às deficiências, falta de condições em aceder ao transporte privado, baixa escolaridade, insegurança pública, entre outros aspetos que indicam a desvantagem.

A análise encontrou também resultados não desejáveis no extremo oposto, como o facto de que 12,4% da população do Recife dispõe de oferta *alta* ou até *excessiva* na classificação das *need-gaps* dos bairros que estão integrados a esta categoria.

Por fim, apenas 27, 1% dos residentes do Recife conseguem dispor de transporte público eficiente.

Diante desses resultados das *need-gaps*, bastante preocupantes, além das características próprias que permeiam as cidades latino-americanas, é imperativo voltar no tempo, especialmente entre os anos de 1995 e 2003 quando o transporte informal, na época realizados por *kombis* e *vans*, ocupava os centros das cidades e os principais corredores viários da região metropolitana do Recife. Era uma época de grande desvantagem em transportes, o que levou a procura a se posicionar desfavoravelmente à uma oferta medíocre de transportes públicos, buscando a utilização do transporte informal. Após quase uma década em operação, no ano de 2003, o transporte informal do Recife foi oficialmente extinto, sob os interesses da gestão pública municipal e estadual e pressão das empresas privadas. Ocorre que agora, quase 20 anos depois, este trabalho mostra a cidade do Recife extremamente vulnerável em relação à distribuição espacial da provisão dos transportes públicos, tendo em vista necessidades sociais antigas e que permanecem no município. Nestes termos, apesar do reconhecimento de que o transporte informal não é a solução para uma procura extremamente insatisfeita, este estudo reconhece a importância social dessa atividade não regular, uma vez que o transporte regular não faz a sua parte. Todavia, por não estar dentro do círculo do planeamento da mobilidade da cidade, o transporte informal também promove os seus efeitos negativos, como por exemplo, passa a contribuir em certos trechos com o excesso de oferta de serviços, com o congestionamento e com a falta das mínimas condições para a segurança dos passageiros. Em casos em que o indivíduo não consegue acesso ao transporte público regular, tornam-se urgentes as providências das instituições que gerenciam o transporte público para minimizar o quadro nefasto, minimizando problemas da população relativos à segregação espacial, como também relacionados ao surgimento de soluções informais.

Um outro aspeto que o resultado das *need-gaps* traz consigo, é um destaque para a questão da política habitacional brasileira. O governo federal tem a competência para instituir diretrizes para o ordenamento urbano e habitacional. No entanto, a responsabilidade para elaboração de programas de construção de moradias é, além do próprio governo federal, também dos governos municipais e estaduais. Assim, a política urbana brasileira, que é regida pelo Estatuto da Cidade (Lei Federal nº 10.257/ 2001), é direcionada para a garantia de cidades sustentáveis, entendido como o direito à terra urbana, a moradia, o saneamento ambiental, a infraestrutura urbana, o transporte, os serviços públicos, entre outros. Sendo parte da política urbana, a política

habitacional não diz respeito somente ao provimento de moradia, mas também a uma articulação com a cidade como um todo, incluindo os deslocamentos através dela, de tal forma que se possa aceder aos serviços e aos equipamentos em todo o território.

O Brasil tem um grande déficit habitacional, mais de 7,77 milhões de domicílios (ABRAIN& FGV, 2018) fazem parte da carência de moradias para a população. Um dos grandes problemas neste contexto são domicílios caracterizados como tendo ônus excessivo com aluguel. Neste caso, pode-se até pressupor que as famílias que não têm alternativas de moradia a preços mais baixos, encontram-se numa situação habitacional involuntária. Por outro lado, observando grandes centros urbanos, como a cidade do Recife, é possível admitir que famílias que moram nas periferias e subúrbios mais distantes, estejam optando pelo ônus das grandes distâncias em relação aos locais de trabalho por conta dos aluguéis menos onerosos, o que é uma realidade nas grandes cidades latino-americanas. No caso do Recife há pobreza e condições de precariedade nas infraestruturas e serviços urbanos em quase 30% de seu território (Atlas das Infraestruturas Públicas nas Comunidades de Interesse Social do Recife, 2014). As *need-gaps* identificadas neste trabalho reforçam ainda mais as dificuldades da população que vive em áreas periféricas com grandes necessidades sociais. Neste contexto, há o caso da opção de viver distante dos centros devido aos altos valores de aluguel, mas há de se ver também aqueles que trabalham nos grandes centros e procuram não comprometer ainda mais a pequena renda familiar, submetendo-se a passar a noite em locais perigosos da cidade (os excluídos dos transportes). Nesses casos, o estudo da ABRAIN & FGV (2018) sugere que o custo implícito com transporte e com o tempo gasto em deslocamento também deveria ser considerado, de alguma forma, no déficit habitacional. Afinal, o tempo perdido com transporte por parte dessa população insere a questão da moradia no contexto mais amplo da habitação, o qual inclui as características da mobilidade urbana.

Adentrando também pela política tarifária dos transportes públicos, o IPEA (2016) destaca que no Brasil e na América Latina, principalmente, há uma estrutura urbana na qual as pessoas de mais baixa renda moram via de regra nas periferias metropolitanas, justamente onde o transporte apresenta maior custo. Se o modelo de tarifação contemplar os custos integrais para esses usuários, haverá o problema da falta de capacidade de pagamento das famílias, o que agravaria os problemas de exclusão social. Por outro lado, não é justo que esse ônus recaia somente sobre os demais usuários das linhas de menor custo, que também podem apresentar perfil de baixa renda. Nas políticas tarifárias são também importantes as concessões especiais, ou seja, os descontos e isenções (gratuidades) oferecidos a determinados grupos de usuários. Cada sistema possui uma legislação e um regulamento próprios, apenas as gratuidades definidas em leis federais valem em todo o território nacional, como é o caso dos usuários maiores de 65

anos, que adquiriram o direito pela Constituição Federal de 1988. A autoridade competente pela gestão do serviço pode estabelecer fontes extratarifárias para custear as viagens com benefícios tarifários para evitar que esse ônus recaia sobre os usuários pagantes, mas no Brasil essa prática não é utilizada, salvo alguns raríssimos exemplos. Os usuários pagantes são responsáveis por esse custo com a sobrevalorização da tarifa – como a tarifa é resultado da repartição de custos entre os passageiros pagantes, quando há mais gratuitos e menos pagantes, há uma elevação da tarifa. No Brasil, são poucos os casos de recursos extratarifários financiando o transporte público urbano, em geral o custeio dos serviços é realizado pelas receitas arrecadadas com base nas tarifas pagas pelos usuários dos serviços de transporte.

Em relação aos subsídios, o IPEA (2016) mostra que a forma da transferência dos recursos pelo poder público é diretamente ao usuário ou pela transferência dos mesmos aos operadores dos serviços. Os subsídios aos operadores permitem a diminuição do nível geral das tarifas e é importante associá-los a critérios de eficiência e outras formas de regulação que desestimulem o aumento dos custos operacionais sem melhoria na qualidade dos serviços. Por sua vez, os subsídios diretos aos usuários servem como instrumento de focalização, assegurando a mobilidade a grupos que apresentam alguma vulnerabilidade socioeconômica, como é o caso dos desempregados, trabalhadores de baixa renda sem carteira de trabalho assinada, entre outros.

O IPEA (2016) destaca também um viés relacionado à regressividade do financiamento do transporte público: quanto mais ricas as famílias, menos elas gastam com ele. O problema desse modelo de financiamento em que apenas quem usa diretamente paga pelos seus custos é justamente a regressividade no custeio do sistema e dos benefícios sociais do transporte público urbano: os pobres pagam muito, enquanto os ricos pagam muito pouco. Essa iniquidade se acentua mais ainda porque toda a sociedade se beneficia da existência do transporte público, seja usuário, seja não usuário, principalmente os mais ricos. Desta forma, um novo modelo de financiamento da operação do transporte público mais progressivo, precisaria de mecanismos de cobrança sobre serviços ou produtos consumidos pelos mais ricos e que tivessem algum relacionamento com o sistema de mobilidade. O IPEA entende que entre os gastos das classes mais abastadas, o mais progressivo seria a compra de veículos, seguido pelo gasto com combustível, o que daria uma boa sinalização para taxação do transporte individual. Outras fontes também poderiam ser adotadas, pois têm características de progressividade, tais como o imposto sobre a propriedade de veículos automotores (IPVA), o imposto predial territorial urbano (IPTU) e a cobrança pelo uso do espaço público urbano (estacionamentos e pedágios). Este estudo também desenvolveu um indicador de nível de serviço, procurando detetar a proximidade dos transportes públicos em relação aos residentes do município. Desta forma,

adaptando-se a medida da oferta, integrou-se a população à área geográfica ao nível de setor censitário (menor unidade geográfica brasileira), propiciando resultados mais efetivos do grau de vizinhança dos transportes públicos. Foi possível identificar com maior clareza no mapa do indicador de nível de serviço, as zonas com alta deficiência ou alta oferta de transporte público, do que no mapa do índice de oferta.

Observa-se que em 2019 o IBGE lançou um novo produto: a ‘malha setorial intermediária’, disponibilizada independentemente de um censo demográfico, com informações que permitem a distinção de categorias diversas de dispersão e aglomeração de domicílios no território, fornecendo subsídios para a classificação geral dos setores censitários em urbanos ou rurais, mas que não apresenta dados estatísticos de população e domicílios. Assim, neste trabalho foi utilizada a ‘malha setorial censitária’, referente ao censo demográfico de 2010.

Para além da análise do Recife procurou-se determinar um índice da oferta e um índice de acessibilidade (nível de serviço), ambos entre o Hospital da Restauração e os bairros do Recife. A medida da oferta de forma intuitiva conseguiu mostrar que são as linhas de autocarros, através da contribuição espacial individual de suas rotas nos bairros (acrescente-se frequência e demais fatores incluídos no método), que definem o *status* da oferta do bairro. O número maior de rotas dá a entender que há uma melhor oferta, o que não é uma verdade absoluta, pois há de se investigar como cada rota dá a sua contribuição no bairro. Os resultados provenientes da aplicação deste índice mostraram uma concentração da oferta em bairros do entorno do hospital na parte central do Recife, espalhando-se na direção norte e parte noroeste, no entanto variando na categoria de média oferta. Quando vai na direção sul, timidamente segue pelos bairros do Pina e Boa Viagem. Em contrapartida, a oferta é muito pequena no restante da cidade, em todas as demais direções.

O índice da acessibilidade (nível de serviço) aqui desenvolvido vem complementar o índice da oferta. Trata-se de uma medida da oferta em relação à distância que se tem entre dois pontos, ou seja, neste caso é a distância euclidiana entre o bairro e o ponto de interesse que é o hospital. Assim, foi possível analisar o nível de serviço sob várias perspectivas, como o caso de bairros mais distantes do equipamento que tem a acessibilidade reduzida, ou estão em desvantagem quando comparados a outros de oferta semelhante por estarem mais distantes e se seus residentes optarem pelo não uso de transporte público, restará o desfavorecimento por precisar fazer maior despesa do que aqueles que morem em bairros mais próximos. Faz-se aqui uma referência para futuras pesquisas, utilizando a metodologia desta tese, que é a de utilizar as distâncias através das vias de acesso entre o equipamento e o centroide do bairro, ao invés da distância euclidiana.

### **8.3 As need-gaps do estudo de caso sob a perspectiva das curvas de Lorenz e do coeficiente de Gini**

Numa perspectiva da cidade como o todo (global), utilizando as curvas de Lorenz e os coeficientes de Gini, observou-se que as falhas relativas globais calculadas e as falhas relativas locais, mostram que há um grande espaço para melhoria na distribuição do transporte público na cidade do Recife. Diante da falta de equidade horizontal, existem bairros em extremos opostos, tanto os com muito mais oferta do que procura como os com muito mais procura que oferta, todavia, os da última categoria são mais frequentes.

Desta forma, os dados globais corroboram os resultados das falhas relativas locais, de que o Recife é uma cidade com alto índice de desigualdades sociais e que estas desigualdades fazem parte da relação do recifense com o transporte público. Levando em consideração o entendimento de Banister (2018), a desigualdade deve ter uma interpretação mais ampla, relacionando viagens com medidas de bem-estar e sustentabilidade, ou seja, para minimizar a problemática da desvantagem em transportes para grupos sociais desfavorecidos, deve haver um novo pensamento na política e planejamento dos transportes para que essas desigualdades sejam atenuadas.

### **8.4 Análise estatística territorial da oferta de transportes públicos no Recife**

Através da análise estatística territorial, com a utilização do programa GeoDa, para as *need-gaps* calculadas e padronizadas, além do indicador de nível de serviço calculado, procurou-se identificar a existência de ‘clusters’ ou ‘outliers’

Esta constatação permite concluir que diferentes medidas de qualidade da oferta identificam diferentes tipos de carências ao nível do provimento de transporte público, sendo que no caso desta análise, a avaliação através da análise *need-gaps* considerada tem muito mais capacidade de identificar as diferenças territoriais das desvantagens sociais no acesso ao transporte público, do que uma mera medida de nível de serviço ponderada apenas pelo quantitativo populacional. Na verdade, o método das *need-gaps* permite identificar muito mais desigualdades no acesso ao transporte público atendendo às características da população e não só ao seu quantitativo.

### **8.5 Trabalhos Futuros**

Dentro do escopo deste trabalho, existem futuras melhorias e ideias a serem desenvolvidas. A primeira é a possibilidade de conseguir dados mais atualizados em relação ao momento deste trabalho. Esta atualização é essencial para manter o estudo útil para uso em políticas públicas. A proximidade do próximo censo nacional representa uma oportunidade clara de melhoria futura. Além disso, verificar a disponibilidade da totalidade dos dados utilizados para a RMR

pode trazer mais abrangência em próximos trabalhos. Também olhando para o ponto de vista dos dados, é possível realizar estudos de oferta e demanda por serviço de transporte público durante a pandemia da COVID-19, avaliando em conjunto a possibilidade de distanciamento social necessário dentro dele. Em outra perspectiva, trabalhos futuros podem ter mais granularidade quanto à análise, realizando o cálculo de oferta, procura e outros, pertinentes ao setor censitário, que é a menor unidade geográfica brasileira. Considerando que os cidadãos precisam do transporte público para ir de suas casas para algum local e depois retornar, é de grande valia que próximos estudos incluam em seus dados, pontos importantes da cidade, como centros comerciais, parques e hospitais, e realizando análise de rede sobre esses pontos, agregando informação mais detalhada quanto a real necessidade de transporte público nos bairros. Por fim, analisar fatores de rotas e das RPSAs é um caminho natural para desenvolvimentos futuros. A inclusão de fator, relacionado ao número de bairros que uma RPSA passa, dentro do índice da oferta pode ser uma outra maneira de diferenciar, considerando no caso a diversidade de locais que tal rota passa e trazendo essa abrangência aos moradores dos bairros servidos. Ainda no contexto das RPSAs, seria possível desenvolver índice da oferta entre bairros, considerando ainda graus de índice da oferta, de acordo com o itinerário, pensando no sentido de sair de uma rota e pegar uma segunda ou até uma terceira para ir de um ponto A a um ponto B. Esta noção de grau para índice da oferta traria também a ideia de custo de oportunidade do transporte, trazendo uma ideia de custo de movimentação entre bairros específicos e a facilidade para se locomover entre eles, dado o índice da oferta entre dois bairros. Contemplando também as RPSAs, estudos quanto ao cruzamento entre RPSAs e melhor planejamento de paragens de autocarro para reduzir a sobreposição podem ser realizados a partir da metodologia utilizada nesta tese.

## 9 REFERÊNCIAS

Agência Brasil. (2020, maio). *Prazo para entrega de planos de mobilidade urbana é ampliado até 2023*. Brasília. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2020-05/prazo-para-entrega-de-planos-de-mobilidade-urbana-e-ampliado-ate-2023#:~:text=Conforme%20levantamento%20feito%20pelo%20minist%C3%A9rio,ou%20em%20processo%20de%20produ%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 26 nov. 2020.

Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco - CONDEPE/FIDEM. (2013). *Arquivo de dados (geodatabase) da cidade do Recife e região metropolitana*. Governo do Estado de Pernambuco.

Agência Nacional de Transportes Públicos. (2014, jul.). *Sistema de informações da mobilidade urbana: relatório comparativo 2003-2012*. Disponível em: [http://files-server.antp.org.br/\\_5dotSystem/download/dcmDocument/2014/08/21/BCD29095-4DB1-421A-9646-1AF31383C95A.pdf](http://files-server.antp.org.br/_5dotSystem/download/dcmDocument/2014/08/21/BCD29095-4DB1-421A-9646-1AF31383C95A.pdf). Acesso em: 11 jan. 2020.

Amoroso, S., Salvo, G. & Zito, P. (2010). L'accessibilità dei trasporti pubblici come strumento per vincere l'esclusione sociale. *XII Riunione Scientifica Annuale della Società Italiana di Economia dei Trasporti e della Logistica*. Rome, Italy.

Andrade, V., Rodrigues, J.M., Marino, F.U. & Lobo, Z. (2016). *Mobilidade por bicicleta no Brasil*. Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias & Fundação Getúlio Vargas. (2018). *Análise das Necessidades Habitacionais e suas Tendências para os Próximos Dez Anos*. FGV Projetos CE Nº 1908/18. Disponível em: <https://www.abrainc.org.br/wp-content/uploads/2018/10/ANEHAB-Estudo-completo.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2021.

Australian Bureau of Statistics. (2016). *Tasmania Total Population*. Disponível em: <http://www.abs.gov.au/AUSSTATS/abs@.nsf/Latestproducts/3235.0Main%20Features402015?opendocument&tabname=Summary&prodno=3235.0&issue=2015&num=&view=>. Acesso em: 19 out. 2020.

Australian Bureau of Statistics. (2016). *Victoria Total Population*. Disponível em: <http://www.abs.gov.au/AUSSTATS/abs@.nsf/Latestproducts/3235.0Main%20Features20201>

5?opendocument&tabname=Summary&prodno=3235.0&issue=2015&num=&view=. Acesso em: 22 out. 2020.

Autarquia de Trânsito e Transportes Urbanos do Recife. (2017). Prefeitura do Recife implanta faixa azul na estrada dos remédios. CTTU Recife. Disponível em: <https://cttu.recife.pe.gov.br/prefeitura-do-recife-implanta-faixa-azul-na-estrada-dos-remedios>. Acesso em: 10 out. 2020.

Autarquia de Trânsito e Transportes Urbanos do Recife. (2020). *Relatório faixa azul e outras faixas exclusivas*. CTTU Recife. Disponível em: [https://cttu.recife.pe.gov.br/sites/default/files/2020-06/RELAT%20c3%93RIO%20FAIXA%20AZUL\\_0.pdf](https://cttu.recife.pe.gov.br/sites/default/files/2020-06/RELAT%20c3%93RIO%20FAIXA%20AZUL_0.pdf). Acesso em: 10 out. 2020.

Autarquia de Trânsito e Transportes Urbanos do Recife. (2020). *Transporte complementar*. CTTU Recife. Disponível em: <https://cttu.recife.pe.gov.br/transporte-complementar-1>. Acesso em: 11 nov. 2020.

Banister, D. (2005). *Unsustainable transport: city transport in the new century*. Routledge, London.

Banister, D. (2018). *Inequality in transport*. Alexandrine Press, Oxfordshire.

Barbosa, A.M.F., Ferreira, L.O.C. & Barros, M.D.A. (2011). Homicídios e condição de vida: a situação na cidade do Recife, Pernambuco. *Epidemiologia e Serviços de Saúde: Revista do Sistema Único de Saúde do Brasil*. Brasília, 20(2), 141-150.

Bitoun, J.; Miranda L., Souza, M.A.A. & Lyra, M.R.S.B. (2011). *Região Metropolitana do Recife no contexto de Pernambuco no censo 2010*. Observatório das Metrôpoles. Acesso em 23 out. 2020. Acesso em: [http://www.observatoriodasmetrololes.net/download/Texto\\_BOLETIM\\_RECIFE\\_FINAL.pdf](http://www.observatoriodasmetrololes.net/download/Texto_BOLETIM_RECIFE_FINAL.pdf). Acesso em: 16 set. 2020.

Bonomini, A.L. (2014). *A dolorida divisão religiosa na Irlanda do Norte*. Farol. Disponível em <http://www.farolblumenau.com/2014/11/a-dolorida-divisao-religiosa-na-irlanda-do-norte/>. Acesso em: 18 nov. 2020.

Brasil. (2004). Ministério das Cidades. Política nacional de mobilidade urbana sustentável. *Cadernos Mcidades Mobilidade Urbana*. Brasília, 6.

Brasil. (2007.) Ministério das Cidades. *PlanMob Construindo a Cidade Sustentável*. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSEMOB/Biblioteca/LivroPlanoMobilidade.pdf>. Acesso em: 15 set. 2020.

Brasil. (2010). Câmara dos Deputados. *Lei nº 12.255, de 15 de junho de 2010*. <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2010/lei-12255-15-junho-2010-606730-normaatuizada-pl.pdf>. Acesso em: 21 abr. 2020.

Brasil. (2018). *Lei de diretrizes e bases da educação nacional*. 2. ed. Brasília: Senado Federal.

Brezzi, M. & Veneri, P. (2015). Assessing polycentric urban systems in the OECD: country, regional and metropolitan perspectives. organisation for economic co-operation and development, regional development policy division, GOV/RDP. *European Planning Studies*. Paris, 23(6), 1128-1145. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/09654313.2014.905005>. Acesso em: 12 out. 2020.

Cardoso, L. (2007). *Transporte público, acessibilidade urbana e desigualdades socioespaciais na região metropolitana de Belo Horizonte*. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Minas Gerais.

Chen, Y., Bouferguene, A., Li, H. X., Liu, H., Shen, Y. & Al-Hussein, M. (2018). Spatial gaps in urban public transport supply and demand from the perspective of sustainability. *Journal of Cleaner Production*. 195(9), 1237-1248.

Cheng, Y. & Chen, S. (2015). Perceived accessibility, mobility, and connectivity of public transportation systems. *Transp. Res. A Policy Pract.* 77, 386–403.

Chiasso Marques, I. (2019) (no prelo). *Códigos para cálculos do PCA*. Recife. Brasil

Church, A., Frost, M. & Sullivan, K. (2000). Transport and social exclusion in London. *Transp. Policy*. 7(3): 195-205.

Comissão Econômica para América Latina e Caribe – CEPAL. (2019). *Balance Preliminar de las Economías de América Latina y el Caribe*. Santiago: Nações Unidas, 2019.

Companhia Brasileira de Trens Urbanos. (2008). *Plano Diretor de Transportes Urbanos Região Metropolitana do Recife*.

Companhia Brasileira de Trens Urbanos. (2017). *Características operacionais*. Recife: Gerência Regional I - Planejamento.

Companhia Brasileira de Trens Urbanos. (2017). *Mapa geral: rede atual com linhas e estações*. Recife: Gerência de Engenharia.

Companhia Brasileira de Trens Urbanos. (2020). *Malha viária e mapa do sistema do Recife*. Disponível em: <https://www.cbtu.gov.br/index.php/pt/sistemas-cbtu/recife>. Acesso em: 02 nov. 2020.

Conselho Nacional dos Secretários de Saúde. (2018). *Guia de apoio à gestão estadual do SUS: Nota Técnica - Indicador: Índice de Desenvolvimento (IDHM)*. Disponível em: [http://www.conass.org.br/guiainformacao/notas\\_tecnicas/NT-IDHM.pdf](http://www.conass.org.br/guiainformacao/notas_tecnicas/NT-IDHM.pdf). Acesso em: 21 out. 2020.

Costa, M.A. & Marguti, B.O. (2015). *Atlas da vulnerabilidade social nas regiões metropolitanas brasileiras*. Brasília: IPEA. Disponível em: [http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/151008\\_atlas\\_regioes\\_metropolitanas\\_brasileiras.pdf](http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/151008_atlas_regioes_metropolitanas_brasileiras.pdf). Acesso em: 20 abr. 2020.

Currie, G. & Delbosc, A. (2011). Using lorenz curves to assess public transport equity. *Journal of Transport Geography*. 19(6), 1252-1259.

Currie, G. & Wallis, I. (1992). Determining priorities for passenger transport funding: the needs assessment approach. *Australasian Transport Research Forum*. 17(1), 55-67.

Currie, G. (2004). Gap Analysis of public transport needs: measuring spatial distribution of public transport needs and identifying gaps in the quality of public transport provision. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. 1895, 137-146.

Currie, G. (2010). Quantifying spatial gaps in public transport supply based on social needs. *Journal of Transport Geography*. 18(1), 31-41.

Currie, G., Enright, D., Hoey, C. & Paterson, D. (2003). Quantitative approaches to needs based assessment of public transport services: the hobart transport needs gap study. *Australasian Transport Research Forum*. 1-18.

Departamento de Trânsito de Pernambuco. (2018). *Frota de veículos, segundo o tipo e município*. Pernambuco. Detran. Disponível em: [http://www.detran.pe.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=36&Itemid=72](http://www.detran.pe.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=36&Itemid=72). Acesso em: 18 abr. 2020.

Dibben, P. (2001, jan.). Transport and social exclusion in rural areas. Proc. *UTSG 33rd Annual Conference*. St Anne's College, Oxford.

Dodson, J., Gleeson, B., Evans, R., & Sipe, N. (2003). Transport disadvantage in the Australian Metropolis: towards new concepts and methods. *Infrastructure*. 3: 2-23.

Duffy, K. (1998). Combating social exclusion and promoting social integration in the European Union. In Oppenheim, C. *An Inclusive Society? Strategies for tackling poverty*. London: IPPR.

El-Geneidy, A., Grimsrud, M., Wasfi, R., Tétreault, P., & Surprenant-Legault, J. (2014). New evidence on walking distances to transit stops: Identifying redundancies and gaps using variable service areas. *Transportation*. 41(1), 193-210.

Farrington, J.H. (2007). The new narrative of accessibility: its potential contribution to discourses in (transport) geography. *Journal of Transport Geography*. 15: 319-330.

Fernandes, J. (2004). Os excluídos do transporte. *Revista Movimento, mobilidade & cidadania: Associação Nacional dos Transportes Públicos*. Rio de Janeiro, 2(2).

Foley, K. (1999). *Getting the Measure of Social Exclusion*. London: London Research Centre.

Gaffron, P. (2012). Urban transport, environmental justice and human daily activity patterns. *Transp. Policy*. 20, 114-127.

Geurs, K. & Wee, B. (2004). Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions. *Journal of Transport Geography*. 12: 127-140.

Gini, C.W. (1912). *Variability and Mutability, Contribution to the Study of Statistical Distributions and Relations*. Studi Economico-Giuricici della R. Università de Cagliari.

Gomide, A. (2003). *Transporte urbano e inclusão social: elementos para políticas públicas*. Brasília: IPEA.

Grande Recife Consórcio de Transporte. (2019). *Anuário Estatístico do Sistema de Transporte Público de Passageiros da RMR do Ano 2018*.

Grande Recife Consórcio de Transportes. (2015). *Dados estruturais Grande Recife*. Arquivo KML. Recife: Diretoria de Operações. Disponível em: [http://dados.recife.pe.gov.br/pt\\_BR/dataset/area-urbana](http://dados.recife.pe.gov.br/pt_BR/dataset/area-urbana). Acesso em: 28 out. 2020.

Grande Recife Consórcio de Transportes. (2015). *Sistema Estrutural Integrado (SEI)*. Disponível em: <https://www.granderecife.pe.gov.br/sitegrctm/transporte/sistema-estrutural-integrado/>. Acesso em: 08 nov. 2020.

Grande Recife Consórcio de Transportes. (2017). *Itinerário-horários x linhas*. Disponível em: [http://200.238.84.28/site/consulta/quadro\\_horarios.asp](http://200.238.84.28/site/consulta/quadro_horarios.asp). Acesso em: 03 dez. 2020.

Grande Recife Consórcio de Transportes. (2020). *BRT Via livre*. Disponível em: <https://www.granderecife.pe.gov.br/sitegrctm/transporte/brt-via-livre/#top>. Acesso em: 08 nov. 2020.

Guagliardo, M. (2004). Spatial accessibility of primary care: concepts, methods and challenges. *International Journal of Health Geographics*. 3:3.

Guinot, C. Latreille, J. & Tenenhaus, M. (2001). PLS Path modelling and multiple table analysis. Application to the cosmetic habits of women in Ile-de-France. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*. 58(2), 247-259.

Gutiérrez, J., & García-Palomares, J. C. (2008). Distance-measure impacts on the calculation of transport service areas using GIS. *Environment and Planning B: Planning and Design*. 35(3), 480-503.

Hongyu, K., Sandanielo, V. L. M., Junior, G. J. O. (2016). Análise de Componentes Principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. *E&S - Engineering and Science*, 5:1.

*Human development report 2016: human development for everyone*. (2016). New York: United Nations Development Programme - UNDP. Disponível em: [http://hdr.undp.org/sites/default/files/2016\\_human\\_development\\_report.pdf](http://hdr.undp.org/sites/default/files/2016_human_development_report.pdf). Acesso em: 15 nov. 2017.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2004). *Pesquisa de orçamentos familiares 2002 - 2003: primeiros resultados Brasil e grandes regiões*. Rio de Janeiro.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2010). *Censo Demográfico*. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9662-censo-demografico-2010.html?=&t=resultados>. Acesso em: 01 maio 2020.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2010). *Panorama do Recife*. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/recife/panorama>. Acesso em: 01 maio 2020.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2011). *Indicadores sociais municipais: Uma análise dos resultados do universo do Censo Demográfico 2010*. Disponível em <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv54598.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2020.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2011). *Base de informações do censo demográfico 2010: resultados da Sinopse por setor censitário*. Documentação do Arquivo. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao/9662-censo-demografico-2010.html?edicao=10410&t=downloads>. Acesso em: 13 out. 2020.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2015). *Estimativas da população dos municípios brasileiros e unidades da federação com data de referência em 1º julho 2015*. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/imprensa/ppts/0000002313040817201504092887232.pdf>. Acesso em: 12 out. 2020.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2017). *Cidades*. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/recife/panorama>. Acesso em: 30 out. 2020.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2018). *Agência de notícias*. Disponível em <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/20674-desemprego-volta-a-crescer-com-13-1-milhoes-de-pessoas-em-busca-de-ocupacao.html>. Acesso em: 07 abr. 2018.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2018). *Cidades: Recife*. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/recife/panorama>. Acesso em: 13 out. 2020.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2019). *Pesquisa nacional por amostra de domicílios contínua (PNAD Contínua): rendimentos de todas as fontes*. Disponível em: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101709\\_informativo.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101709_informativo.pdf). Acesso em: 10 out. 2020.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2020). *Malha de setores censitários*. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/26565-malhas-de-setores-censitarios-divisoes-intramunicipais.html?=&t=o-que-e>. Acesso em 13 jul. 2021.

Instituto da Cidade Pelópidas Silveira. (2011). *Plano de mobilidade do recife: plano diretor de transporte e mobilidade urbana (diagnóstico)*. Disponível em: [http://www.recife.pe.gov.br/PlanMOB\\_diagnostico.pdf](http://www.recife.pe.gov.br/PlanMOB_diagnostico.pdf). Acesso em: 10 out. 2020.

Instituto da Cidade Pelópidas Silveira. (2017). *Plano de mobilidade urbana do Recife: a mobilidade do recife hoje*. Prefeitura da Cidade do Recife. Disponível em: <https://www.dropbox.com/s/giu7ijkurwmigd3/PMU-REL-DIAGNOSTICO-V01-R009.pdf?dl=0>. Acesso em: 08 out. 2020.

Instituto de Energia e Meio Ambiente. (2018). *Guia de incidência sobre aspectos econômico-financeiros do transporte público na Região Metropolitana do Recife*. Disponível em: <http://energiaeambiente.org.br/produto/guia-de-incidencia-sobre-aspectos-economico-financeiros-do-transporte-publico-na-regiao-metropolitana-do-recife>. Acesso em: 22 out. 2020.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. (2011, set.). Mobilidade Urbana: o automóvel ainda é prioridade - a mobilidade urbana e a supremacia do transporte individual. *Revista desafios do desenvolvimento do IPEA*. 8(67).

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. (2014). *Atlas do Desenvolvimento Humano nas Regiões Metropolitanas Brasileiras*. Brasília. Disponível em: [http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/141125\\_atlas\\_recife](http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/141125_atlas_recife). Acesso em: 20 abr. 2020.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. (2016). Aspectos Regulatórios e Conceituais das Políticas Tarifárias dos Sistemas de Transporte Público Urbano no Brasil. *Texto para Discussão 2192*. Disponível em: [http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/6635/1/td\\_2192.pdf](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/6635/1/td_2192.pdf). Acesso em 20 jul.2021.

Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento (2017). *Sistema Via Livre de BRT Região Metropolitana do Recife - PE: Avaliação de resultados e recomendações de melhorias*. Disponível em: <http://itdpbrasil.org.br/wp-content/uploads/2017/12/ITDP-Brasil-BRT-Recife-20171208-V1-1.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2020.

International Organization for Standardization. (2020). *ISO 9000: family quality management*. Disponível em: <https://www.iso.org/iso-9001-quality-management.html>. Acesso em: 14 dez. 2020.

- Jaramillo, C., Lizárraga, C. & Grindlay, A. (2012). Spatial disparity in transport social needs and public transport provision in Santiago de Cali (Colômbia). *Journal of Transport Geography*. 24, 340-357.
- Jenks, G.F. (1967). The Data Model Concept in Statistical Mapping. *International Yearbook of Cartography*. 7(1), 186–190.
- Jolliffe, I.T. (2002). *Principal Component Analysis*. Second Edition, New York: Springer.
- Kaplan, S., Popoks, D., Prato, C.G. & Ceder, A. (2014). Using connectivity for measuring equity in transit provision. *J. Transp. Geogr.* 37, 82-92. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2014.04.016>. Acesso em: 13 set. 2020.
- Kenyon, S., Lyons G. & Rafferty, J. (2002). Transport and Social Exclusion: Investigating the Possibility of Promoting Inclusion Through Virtual Mobility. *Journal of Transport Geography*, 10(3), 207-219. Disponível em: <http://eprints.uwe.ac.uk/8903>. Acesso em: 19 set. 2020.
- Kittelson & Associates *et al* (2003). *Transit Capacity and Quality of Service Manual*. 2nd Edition. Washington DC: Transportation Research Board.
- Kneeling, D. (2008) Latin America's Transportation Conundrum. *Journal of Latin American Geography*. 7(2), 133-154.
- Kranton, R. (1991). *Transport and the Mobility Needs of the Urban Poor: an exploratory study*. The World Bank. Policy Research and External Affairs.
- Kubrusly, L. (2001). *Um Procedimento para Calcular Índices a Partir de uma base de dados Multivariados*. Pesquisa Operacional. 21(1): 107-117. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pope/a/GHNyv8tfCQcqhqHBbCGQk7t/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 20/07/2020.
- Lei, T.L. & Church, R.L. (2010). Mapping transit-based access: integrating GIS, routes and schedules. *International Journal of Geographical Information Science*. 24(2), 283-304.
- Levitas, R. (1998). *The Inclusive Society? Social Exclusion and New Labour*. Hampshire: MacMillan Press Ltd.

- Levitas, R., Pantazis, C., Fahmy, E., Gordon, D., Lloyd, E. & Patsios, D. (2007). *The multi-dimensional analysis of social exclusion*. Disponível em: [http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+/http://www.cabinetoffice.gov.uk/media/cabinetoffice/social\\_exclusion\\_task\\_force/assets/research/multidimensional.pdf](http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+/http://www.cabinetoffice.gov.uk/media/cabinetoffice/social_exclusion_task_force/assets/research/multidimensional.pdf). Acesso em: 11 out. 2020.
- Litman, T. (2003, jun.). Social Inclusion as a transport planning issue in Canada, Contribution to the FIA Foundation G7 Comparison Paper. *European Transport Conference held in Strassbourg*.
- Litman, T. (2007). Evaluating Transportation Equity: Guidance for Incorporating Distributional Impacts in Transportation Planning. *Victoria Transport Policy Institute*.
- Litman, T. (2014). Evaluating Transportation Equity: Guidance for Incorporating Distributional Impacts in Transportation Planning. *Victoria Transport Policy Institute*.
- Litman, T. (2016). Evaluating transportation equity: guidance for incorporating distributional impacts in transportation planning. *Victoria Transport Policy Institute*, Australia. Disponível em: <http://www.vtpi.org/equity.pdf>. Acesso em: 15 out. 2020.
- Liu, S. & Zhu, X. (2004). Accessibility analyst: an integrated GIS tool for accessibility analysis in urban transportation planning. *Environment and Planning B*. 31, 105-124.
- Lizarraga, C. (2012). Expansión metropolitana y movilidad: el caso de Caracas. *Eure*. 113(38): 99-125.
- Loader, C. & Stanley, J. (2009). Growing bus patronage and addressing transport disadvantage – the Melbourne experience. *Transport Policy*. 16, 106-114.
- Lorenz, M.O. (1905). Methods of measuring the concentration of wealth. *Publications of the American Statistical Association*. 9: 209-219.
- Lucas, K. (2006). Providing transport for social inclusion within a framework for environmental justice in the UK. *Transportation Research Part*. 40:801-809.
- Lucas, K. (2012). Transport and social exclusion: where are we now? *Transport Policy*. 20, 105-113.
- Malatesta, M.E.B. (2007). *Andar a pé: uma forma de transporte para a cidade de São Paulo*. Tese de Mestrado. São Paulo, Faculdade de Arquitetura da Universidade de São Paulo.

- Mavoa, S., Witten, K., McCreanor, T. & O'Sullivan, D. (2012). GIS based destination accessibility via public transit and walking in Auckland, New Zealand. *Journal of Transport Geography*. 20(1), 15-22.
- Medeiros, M. (2006). *Uma introdução às representações gráficas da desigualdade de renda*. Brasília: IPEA.
- Medeiros, M. (2012). *Medidas de desigualdade e pobreza*. Brasília: Universidade de Brasília.
- Miller, H.J. & Wu, Y.H. (2000). GIS software for measuring space-time accessibility in transportation planning and analysis. *Geoinformatica*. 4(2): 141-159.
- Morgan, T. (1992). *Strategies to overcome transport disadvantage*. Canberra: Department of the Prime Minister and Cabinet.
- Moseley, M.J. (1979). *Accessibility: The Rural Challenge*. Methuen & Co, London.
- Murray, A. T. (2001). Strategic analysis of public transport coverage. *Socio-economic Planning Sciences*. 35(3), 175-188.
- Organização das Nações Unidas. (2012). *Estado de las ciudades de America Latina y el Caribe 2012: rumbo a una nueva transición urbana*. Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos. ONU-Habitat.
- Organização das Nações Unidas. (2015). *Transformando nosso mundo: a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável*. Trad. Centro de Informação das Nações Unidas para o Brasil (UNIC Rio). Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org>. Acesso em: 19 out. 2020.
- Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. (2015), *In It Together: Why Less Inequality Benefits All*. Paris: OECD. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264235120-en>. Acesso em: 22 out. 2020.
- Pernambuco. (2018). *Hospital da Restauração*. Secretaria estadual de saúde. Disponível em: <http://portal.saude.pe.gov.br/unidades-de-saude-e-servicos/secretaria-executiva-de-atencao-saude/hospital-da-restauracao>. Acesso em: 22 out. 2020.
- Pinto, I.C.R. (2017). *Implementação do algoritmo PLS-SEM em R*. Dissertação de Mestrado. Lisboa, Universidade Nova de Lisboa.

Pirie, G. (1979). Measuring Accessibility: a Review and Proposal. *Environment and Planning*. 11, 299-312.

Plano Centro Cidadão. (2018). Estudos Integrados do Centro Expandido Continental do Recife. Recife : UNICAP, 2018. v. 1.

Porto do Recife. (2020). *O porto e a cidade*. Disponível em: [https://www.portodorecife.pe.gov.br/porto\\_cidade.php](https://www.portodorecife.pe.gov.br/porto_cidade.php). Acesso em: 11 nov. 2020.

Prefeitura da cidade do Recife. (2010). *Metrópole das oportunidades*. Disponível em: <http://www2.recife.pe.gov.br/pagina/metropole-das-oportunidades>. Acesso em: 01 maio 2020.

Prefeitura da Cidade do Recife. (1997). *Lei Municipal nº 16.293/97*. Dispõe sobre as regiões político-administrativas do município do Recife e dá outras providências. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/pe/r/recife/lei-ordinaria/1997/1630/16293/lei>. Acesso em: 21 out. 2020.

Prefeitura da Cidade do Recife. (2005). *Atlas do Desenvolvimento Humano do Recife*. Disponível em: <https://www.recife.pe.gov.br/pr/secplanejamento/pnud2006/downloads.html>. Acesso em: 14 out. 2020.

Prefeitura da cidade do Recife. (2010). *Caracterização do território*. Disponível em: <http://www2.recife.pe.gov.br/pagina/caracterizacao-do-territorio>. Acesso em: 01 maio 2020.

Prefeitura da cidade do Recife. (2010). *Informações socioeconômicas*. Disponível em: <http://www2.recife.pe.gov.br/pagina/informacoes-socioeconomicas>. Acesso em: 01 maio 2020.

Prefeitura da cidade do Recife. (2011). *Plano de mobilidade do Recife. Plano diretor de transporte e mobilidade urbana. diagnóstico*. Recife: Instituto da Cidade Engenheiro Pelópidas Silveira.

Prefeitura da Cidade do Recife. (2012). *Perfil dos bairros*. Recife. Disponível em: <http://www2.recife.pe.gov.br/servico/planejamento-urbano>. Acesso em: 12 maio 2020.

Prefeitura da Cidade do Recife. (2014). *Atlas das infraestruturas públicas em comunidades de interesse social do Recife*. Autarquia de Saneamento do Recife.

Prefeitura da Cidade do Recife. (2015, maio). *Centro Expandido Continental do Recife na rota do planejamento urbano*. Disponível em: <http://www2.recife.pe.gov.br/noticias/28/05/2015/centro-expandido-continental-do-recife-na-rota-do-planejamento-urbano#:~:text=Coe%20lhos%20Ilha%20do%20Leite%20Paissandu,arquitet%C3%B4nicos%20do%20Plano%20Centro%20Cidad%C3%A3o>. Acesso em: 17 nov. 2020.

Prefeitura da Cidade do Recife. (2016). *Censo escolar Inep escolas públicas municipais 2015*. Disponível em: <http://dados.recife.pe.gov.br/dataset/censo-escolar-2015>. Acesso em: 16 out. 2020.

Prefeitura da cidade do Recife. (2016). *Dados Recife: região política administrativa do Recife*. Disponível em: <http://dados.recife.pe.gov.br/dataset/c1f100f0-f56f-4dd4-9dcc-1aa4da28798a/resource/d4454ae4-0241-4a94-a2a2-e75246169991/download/rpa.geojson>. Acesso em: 18 out. 2020.

Prefeitura da Cidade do Recife. (2018). *Dados do cadastro único*. Recife: Secretaria de Desenvolvimento Social e Direitos Humanos.

Prefeitura da cidade do Recife. (2020). *ESIG Informações geográficas do Recife*. Disponível em: <https://esigportal.recife.pe.gov.br/arcgis/apps/webappviewer/index.html?Id=679e74b46c7b44caaad64abd5f751b4b>. Acesso em: 28 out. 2020.

Prefeitura da cidade do Recife. (s.d.). *Informações da cidade do Recife (shapefile: Recife shp)*. Contém: bairros, faces de quadra, lotes, quadra viária, rede referência, trecho logradouros. Secretaria de Mobilidade e Controle Urbano. Disponível em: <http://www.recife.pe.gov.br/ESIG/documentos/Informacao/InformacaoManualArquivos.htm>. Acesso em: 28 out. 2020.

Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. (2013). *Atlas do desenvolvimento Humano no Brasil*. Fundação João Pinheiro. Disponível em: [http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil\\_m/3084](http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_m/3084). Acesso em: 01 maio 2020.

Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. (2019). *Relatório do desenvolvimento humano 2019: além do rendimento, além das médias, além do presente: desigualdades no desenvolvimento humano no século XXI*. New York.

Recife. (1997). *Lei Municipal nº 16.293/97*. Dispõe sobre as regiões político-administrativas do município do Recife e dá outras providências. Disponível em:

<https://leismunicipais.com.br/a/pe/r/recife/lei-ordinaria/1997/1630/16293/lei>. Acesso em 21 out. 2020.

Recife. (2015). *Centro expandido do Recife*. Disponível em: <http://www2.recife.pe.gov.br/noticias/28/05/2015/centro-expandido-continental-do-recife-na-rota-do-planejamento-urbano#:~:text=Coelhos%2C%20Ilha%20do%20Leite%2C%20Paissandu,arquitet%C3%B4nicos%20do%20Plano%20Centro%20Cidad%C3%A3o>. Acesso em: 17 nov. 2020.

Recife. (2016). *Mapa da região política administrativa do Recife*. Disponível em: [http://dados.recife.pe.gov.br/pt\\_BR/dataset/area-urbana/resource/d4454ae4-0241-4a94-a2a2-e75246169991](http://dados.recife.pe.gov.br/pt_BR/dataset/area-urbana/resource/d4454ae4-0241-4a94-a2a2-e75246169991). Acesso em: 28 out. 2020.

Regazzi, A.J. (2000). *Análise multivariada*. INF 766. Departamento de Informática da Universidade Federal de Viçosa.

Ribeiro, A.S.N. (2008). *As infraestruturas rodoviárias e o desenvolvimento regional*. Dissertação de Doutorado. Coimbra, Universidade de Coimbra.

Ricciardi, A.M., Xia, J.C. & Currie, G. (2015). Exploring public transport equity between separate disadvantaged cohorts: a case study in Perth, Australia. *J. Transp. Geogr.* 43, 111-122.

Rodrigue, J.P., Comtois, C. & Slack, B. (2006). *The geography of transport systems*. New York: Routledge.

Saghapour, T., Moridpour, S. & Thompson, R.G. (2016). Public transport accessibility in metropolitan areas: a new approach incorporating population density. *Journal of Transport Geography*. 54, 273-285.

Searle, G. (1987). Value for Money from Rural Public Transport Subsidies: A Summary of the Lewes Approach. *Transport Subsidy Policy Journals*. S. Glaister, Department of Transport UK

Secretaria de Defesa Social do Governo do Estado de Pernambuco. (2019). *Dados sobre número de homicídios por bairro da cidade do Recife no ano de 2013*. Governo do Estado de Pernambuco.

Secretaria de Educação do Governo do Estado de Pernambuco. (2019). *Dados quantitativos sobre as escolas estaduais e privadas localizadas no município do Recife, por bairro, com base no censo escolar de 2018*. Governo do Estado de Pernambuco.

Sen, A. (1992). *Inequality reexamined*. New York: Russell Sage Foundation; Cambridge.

Shergold, I & Parkhurst, G. (2012). Transport-related social exclusion amongst older people in rural Southwest England and Wales. *J. Rural Stud.* 28(4), 412–421. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jrurstud.2012.01.010>. Acesso em: 10 out. 2020.

Silva, P.H.N.V. (2012). *Epidemiologia dos acidentes de trânsito com foco na mortalidade de motociclistas no estado de Pernambuco: uma exacerbação da violência social*. Tese de Doutorado. Recife, Fundação Oswaldo Cruz.

Silva, R.C. (2018). *Estudos Integrados do Centro Expandido Continental do Recife*. Recife: UNICAP. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1cIukcyJ9rg0KFVtp9G-2bwsT4avMjxbU/view>. Acesso em: 23 out. 2020.

Souza, D.C. (2014). Um esboço sobre o sistema de movimento de transporte público e as ambivalências da mobilidade urbana na cidade do Recife. *Revista Diálogos*. N.º 12 – Set./Out. 2014.

The Social Exclusion Unit. (2004). *Office of the deputy prime minister*. Disponível em: [http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+http://www.cabinetoffice.gov.uk/media/cabinetoffice/social\\_exclusion\\_task\\_force/assets/publications\\_1997\\_to\\_2006/seu\\_leaflet.pdf](http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+http://www.cabinetoffice.gov.uk/media/cabinetoffice/social_exclusion_task_force/assets/publications_1997_to_2006/seu_leaflet.pdf). Acesso em: 30 out. 2020.

Transport for Greater Manchester. (2016). *Greater manchester accessibility levels (GMAL) Model*. Disponível em: <http://www.gmtu.gov.uk/gmbusroute/GMAL%20Calculation%20Guide.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2020.

Transport for London, UK. (2015). *Assessing transport connectivity in London*. Disponível em: <http://data.london.gov.uk/dataset/public-transport-accessibility-levels/resource/86bbffe1-8af1-49ba-ac9b-b3eacaf68137/proxy>. Acesso em: 22 out. 2020.

Transport for London. (2016). *London's public transport assignment model (Railplan)*. Disponível em <http://content.tfl.gov.uk/london-public-transport-assignment-model.pdf> Acesso em: 22 mar. 2020.

Urbana-PE (2017). Saiba como são escolhidas as cores dos ônibus do Grande Recife. Sindicato das Empresas de Transportes de Passageiros no Estado de Pernambuco. Disponível em: <http://urbana-pe.com.br/saiba-como-sao-escolhidas-as-cores-dos-onibus-do-grande->

recife#:~:text=Atualmente%2C%2011%20empresas%20operam%20as,31%20radiais%20e%20seis%20transversais. Acesso em: 10 maio 2020.

Vanderlei, M. I. & Andrade, M. O. (2014). *Alcances e limitações da melhoria da mobilidade devida ao corredor BRT da Rodovia BR-101 para o desenvolvimento da RMR*. Santander, Espanha: Panam.

Vasconcellos, E. A. (2010). *El futuro de la movilidad urbana en America Latina*. México: Corporación Andina de Fomento.

Weber, J. (2003). Individual accessibility and distance from major employment centers: an examination using space-time measures. *Journal of Geographical Systems*. 5(1), 51-70.

Welch, T.F. (2013). Equity in transport: the distribution of transit access and connectivity among affordable housing units. *Transp. Policy*. 30, 283-293. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tranpol.2013.09.020>. Acesso em: 21 set. 2020.

Wikipedia. (2016). *Meshblock*. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Meshblock>. Acesso em: 15 fev. 2020.

Wold, H. (1985). Partial least squares. In: Kotz, S. & Johnson, N.L. (Eds.). *Encyclopedia of Statistical Sciences*. (pp. 581e591), New York: John Wiley & Sons, Inc.

Wu, B. & Hine, J. (2003). A PTAL approach to measuring changes in bus service accessibility. *Transport Policy*. 10(4), 307-320.

Xia, J.C., Nesbitt, J., Daley, R, Najnin, A., Litman T., Tiwari, S.P. (2016). A multi-dimensional view of transport-related social exclusion: A comparative study of Greater Perth and Sydney. *Transportation Research Part*. 94, 205-221.

## 10 Anexos

### 10.1 Tabela de need-gaps e nível de serviço dos bairros

Tabela A1 – Área e população em termos absolutos e relativos, categorias e ranking de índices da oferta e da procura, ranks das *need-gaps* por bairro.

Bairro	Área		População		Índice da procura (IP)	Índice da oferta (IO)	Rank IP	Rank IO	Rank need-gaps	Nível de Serviço
	Km <sup>2</sup>	%	Habit antes	%						
1	3,33	1,49%	602	0,04%	Muito Baixo	Abaixo da Média	76	82	38	578,21
2	0,80	0,36%	285	0,02%	Muito Baixo	Muito Alto	73	1	1	3787,01
3	2,48	1,11%	8688	0,56%	Baixo	Alto	32	10	14	1863,89
4	1,16	0,52%	12629	0,82%	Abaixo da Média	Acima da Média	24	11	28	1452,91
5	0,80	0,36%	1551	0,10%	Muito Baixo	Abaixo da Média	78	33	23	516,87
6	0,42	0,19%	7633	0,50%	Baixo	Muito Baixo	51	72	56	212,60
7	0,26	0,12%	1007	0,07%	Muito Baixo	Abaixo da Média	85	30	21	457,83
8	1,70	0,76%	14778	0,96%	Baixo	Alto	58	5	5	2494,01
9	0,37	0,17%	507	0,03%	Muito Baixo	Acima da Média	91	12	6	1405,47
10	3,59	1,61%	27939	1,82%	Média	Acima da Média	12	13	64	1166,34
11	0,32	0,14%	2495	0,16%	Muito Baixo	Alto	81	3	3	2397,31
12	0,76	0,34%	10438	0,68%	Muito Baixo	Acima da Média	66	14	16	1132,86
13	0,31	0,14%	5773	0,38%	Muito Baixo	Abaixo da Média	93	31	17	555,85
14	0,48	0,22%	2071	0,13%	Muito Baixo	Alto	87	2	2	2008,25
15	0,24	0,11%	1591	0,10%	Muito Baixo	Abaixo da Média	94	26	12	713,42
16	1,44	0,65%	20538	1,34%	Muito Baixo	Média	72	21	20	776,98
17	1,02	0,46%	11940	0,78%	Muito Baixo	Média	74	15	11	989,18
18	0,26	0,11%	4077	0,27%	Muito Baixo	Abaixo da Média	84	25	19	660,72

Análise Territorial da Oferta de Transportes Públicos - Estudo sobre a Cidade do Recife

<b>19</b>	1,02	0,46%	14124	0,92%	Muito Baixo	Média	71	19	18	907,49
<b>20</b>	8,38	3,76%	12292	7,99%	Muito Alto	Abaixo da Média	3	34	90	607,39
<b>21</b>	1,78	0,80%	25029	1,63%	Baixo	Baixo	36	45	59	372,44
<b>22</b>	1,56	0,70%	20777	1,35%	Abaixo da Média	Baixo	21	64	77	269,66
<b>23</b>	10,19	4,57%	50617	3,29%	Alto	Baixo	4	71	92	295,63
<b>24</b>	6,55	2,94%	29176	1,90%	Média	Baixo	16	69	83	443,28
<b>25</b>	1,56	0,70%	18334	1,19%	Abaixo da Média	Muito Baixo	27	92	74	127,43
<b>26</b>	6,64	2,98%	48512	3,15%	Alto	Baixo	8	29	86	366,28
<b>27</b>	0,20	0,09%	1083	0,07%	Muito Baixo	Média	89	16	10	1023,32
<b>28</b>	2,20	0,99%	32149	2,09%	Acima da Média	Baixo	11	65	84	258,76
<b>29</b>	0,33	0,15%	4998	0,33%	Baixo	Muito Baixo	61	89	57	82,85
<b>30</b>	0,30	0,14%	2658	0,17%	Muito Baixo	Baixo	82	61	30	291,97
<b>31</b>	0,53	0,24%	9484	0,62%	Baixo	Muito Baixo	33	88	69	93,10
<b>32</b>	1,00	0,45%	14530	0,94%	Baixo	Baixo	43	38	48	381,20
<b>33</b>	1,93	0,86%	43529	2,83%	Alto	Baixo	5	50	91	251,51
<b>34</b>	0,62	0,28%	8132	0,53%	Baixo	Abaixo da Média	64	32	34	550,69
<b>35</b>	0,57	0,26%	6584	0,43%	Muito Baixo	Baixo	68	58	40	276,46
<b>36</b>	0,48	0,21%	7713	0,50%	Baixo	Média	63	20	22	891,82
<b>37</b>	0,49	0,22%	8856	0,58%	Baixo	Abaixo da Média	31	27	47	642,88
<b>38</b>	0,82	0,37%	14867	0,97%	Abaixo da Média	Baixo	26	54	70	333,11
<b>39</b>	3,12	1,40%	32905	2,14%	Acima da Média	Muito Baixo	9	86	87	147,97
<b>40</b>	3,92	1,76%	20305	1,32%	Média	Muito Baixo	20	90	82	138,66
<b>41</b>	46,80	20,98%	6330	0,41%	Abaixo da Média	Muito Baixo	29	93	73	47,47
<b>42</b>	0,43	0,19%	8472	0,55%	Baixo	Baixo	46	40	46	444,57
<b>43</b>	1,88	0,84%	29180	1,90%	Abaixo da Média	Abaixo da Média	25	28	67	538,79
<b>44</b>	0,56	0,25%	6750	0,44%	Muito Baixo	Baixo	86	63	26	278,97

Análise Territorial da Oferta de Transportes Públicos - Estudo sobre a Cidade do Recife

<b>45</b>	0,47	0,21%	3054	0,20%	Muito Baixo	Muito Baixo	92	83	31	188,28
<b>46</b>	0,61	0,28%	7636	0,50%	Muito Baixo	Média	90	23	15	753,24
<b>47</b>	0,77	0,35%	4615	0,30%	Muito Baixo	Baixo	88	67	27	277,90
<b>48</b>	0,56	0,25%	5917	0,38%	Muito Baixo	Baixo	79	66	33	271,76
<b>49</b>	0,25	0,11%	4655	0,30%	Muito Baixo	Baixo	69	43	36	394,03
<b>50</b>	1,29	0,58%	3342	0,22%	Muito Baixo	Muito Baixo	70	77	41	193,14
<b>51</b>	0,29	0,13%	6950	0,45%	Baixo	Baixo	59	39	37	423,83
<b>52</b>	0,42	0,19%	12334	0,80%	Baixo	Baixo	38	41	55	406,78
<b>53</b>	0,38	0,17%	10182	0,66%	Baixo	Abaixo da Média	47	35	44	485,09
<b>54</b>	0,57	0,25%	12462	0,81%	Baixo	Baixo	35	60	63	293,25
<b>55</b>	1,61	0,72%	31025	2,02%	Média	Baixo	15	47	80	380,81
<b>56</b>	1,82	0,82%	34212	2,22%	Alto	Baixo	7	62	89	306,07
<b>57</b>	0,64	0,29%	8292	0,54%	Baixo	Baixo	50	55	50	311,04
<b>58</b>	1,25	0,56%	20313	1,32%	Abaixo da Média	Muito Baixo	22	68	75	206,58
<b>59</b>	5,61	2,51%	2566	0,17%	Baixo	Muito Baixo	65	87	51	122,59
<b>60</b>	1,86	0,83%	7276	0,47%	Baixo	Muito Baixo	56	91	61	107,79
<b>61</b>	0,73	0,33%	11732	0,76%	Abaixo da Média	Muito Baixo	28	79	72	178,95
<b>62</b>	0,57	0,26%	9246	0,60%	Baixo	Baixo	45	57	54	311,19
<b>63</b>	1,75	0,78%	72	0,00%	Muito Baixo	Zero Oferta	80	94	43	0,00
<b>64</b>	1,80	0,81%	23082	1,50%	Baixo	Média	42	17	25	798,64
<b>65</b>	1,19	0,53%	17903	1,16%	Baixo	Baixo	34	53	62	320,91
<b>66</b>	1,28	0,57%	11694	0,76%	Baixo	Baixo	60	46	42	342,02
<b>67</b>	0,41	0,18%	6033	0,39%	Muito Baixo	Abaixo da Média	67	24	24	670,41
<b>68</b>	3,41	1,53%	41164	2,68%	Média	Baixo	14	48	81	301,10
<b>69</b>	4,34	1,95%	52200	3,39%	Alto	Baixo	6	52	88	307,55
<b>70</b>	1,65	0,74%	32015	2,08%	Acima da Média	Muito Baixo	10	84	85	120,18
<b>71</b>	0,88	0,39%	10211	0,66%	Baixo	Muito Baixo	62	76	49	218,75
<b>72</b>	1,59	0,71%	818	0,05%	Muito Baixo	Baixo	75	51	32	339,96

Análise Territorial da Oferta de Transportes Públicos - Estudo sobre a Cidade do Recife

<b>73</b>	22,50	10,09 %	70453	4,58%	Muito Alto	Baixo	2	73	93	389,45
<b>74</b>	2,50	1,12%	9634	0,63%	Baixo	Baixo	49	56	52	401,16
<b>75</b>	8,25	3,70%	16418	1,07%	Abaixo da Média	Muito Baixo	30	74	68	190,94
<b>76</b>	0,52	0,24%	3740	0,24%	Muito Baixo	Baixo	77	44	29	344,41
<b>77</b>	3,39	1,52%	36265	2,36%	Média	Média	13	8	35	969,88
<b>78</b>	0,63	0,28%	12429	0,81%	Baixo	Muito Baixo	40	81	65	170,80
<b>79</b>	0,31	0,14%	8480	0,55%	Baixo	Alto	44	4	4	1470,49
<b>80</b>	0,60	0,27%	8097	0,53%	Baixo	Muito Baixo	53	75	58	212,92
<b>81</b>	2,00	0,90%	25414	1,65%	Abaixo da Média	Muito Baixo	23	80	78	175,73
<b>82</b>	1,71	0,77%	10245	0,67%	Baixo	Baixo	55	36	39	366,60
<b>83</b>	0,80	0,36%	9240	0,60%	Baixo	Acima da Média	41	6	7	1267,63
<b>84</b>	0,46	0,21%	10470	0,68%	Baixo	Muito Baixo	52	85	60	126,94
<b>85</b>	2,42	1,08%	29894	1,94%	Média	Baixo	19	37	76	280,63
<b>86</b>	2,58	1,16%	31648	2,06%	Média	Abaixo da Média	17	22	71	558,86
<b>87</b>	4,36	1,95%	31847	2,07%	Média	Baixo	18	49	79	369,04
<b>88</b>	5,51	2,47%	67283	4,38%	Muito Alto	Baixo	1	59	94	311,28
<b>89</b>	1,04	0,47%	8918	0,58%	Baixo	Acima da Média	48	9	9	1296,90
<b>90</b>	0,63	0,28%	11199	0,73%	Baixo	Muito Baixo	37	78	66	161,67
<b>91</b>	0,14	0,06%	2420	0,16%	Baixo	Baixo	54	42	45	347,28
<b>92</b>	0,57	0,26%	10794	0,70%	Baixo	Média	39	7	8	1087,15
<b>93</b>	0,19	0,08%	1554	0,10%	Muito Baixo	Média	83	18	13	917,50
<b>94</b>	0,31	0,14%	7703	0,50%	Baixo	Muito Baixo	57	70	53	225,15
<b>Total</b>	223,07	1,00	1537704	1,00						

### 10.2 Identificação dos bairros do Recife

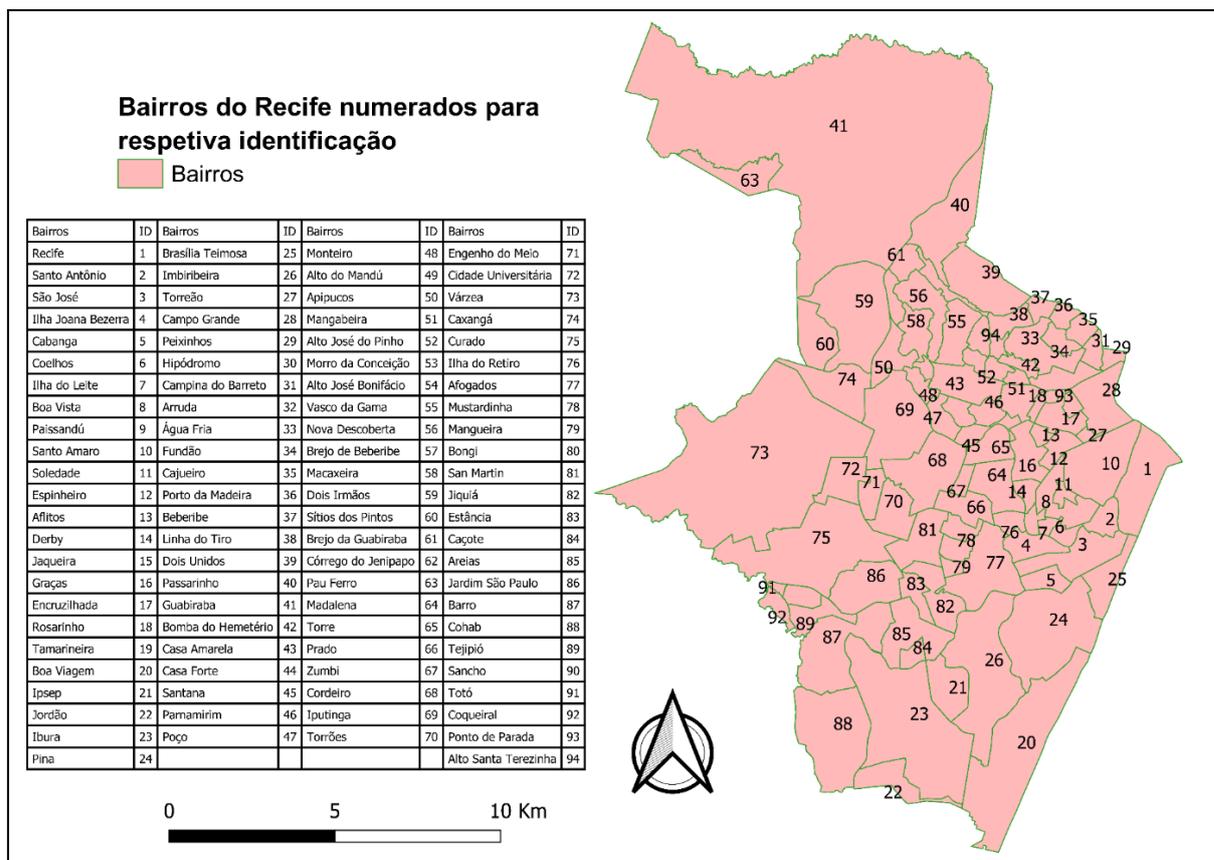
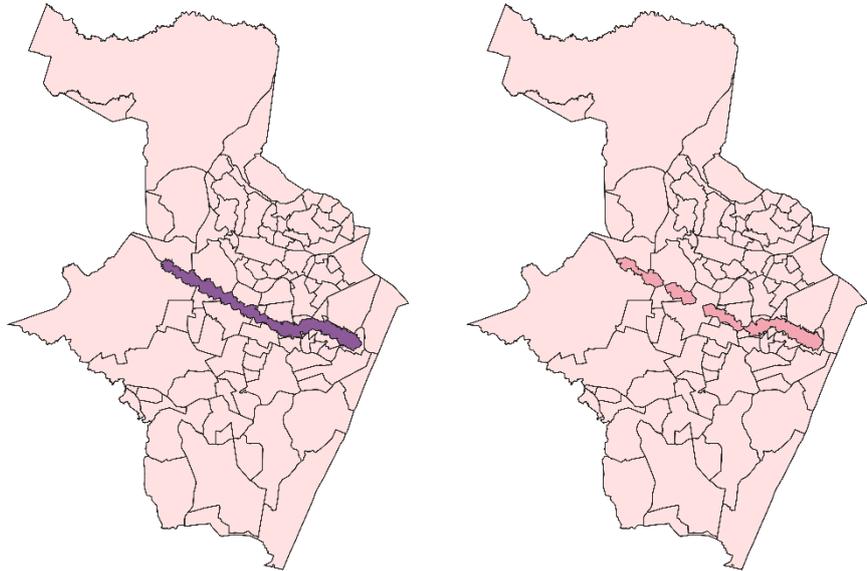


Figura A1 – Bairros do Recife numerados e respetiva nomenclatura

### 10.3 Áreas de Influência de Rotas (RPSA's)

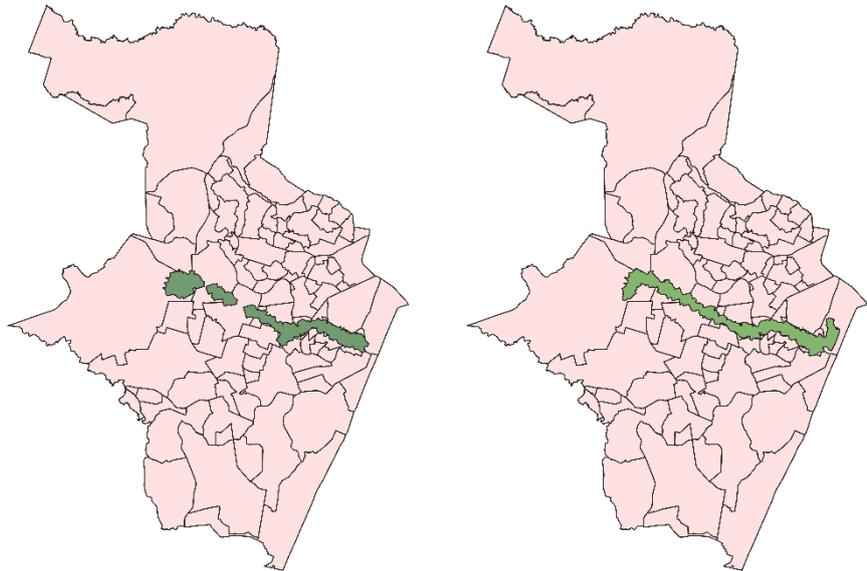
**Rotas linhas 2437**

-  Ida
-  Volta
-  Bairros



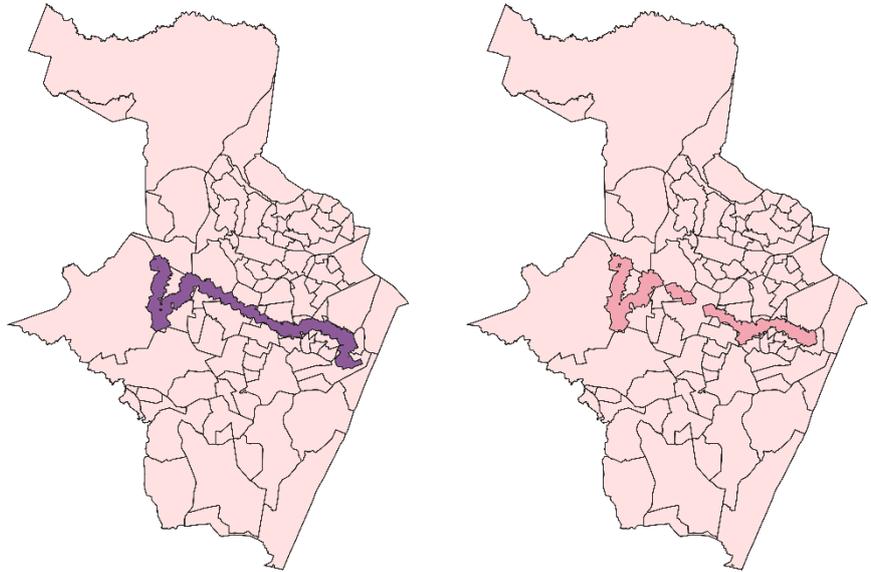
**Rotas linhas 2433**

-  Ida
-  Volta
-  Bairros



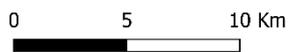
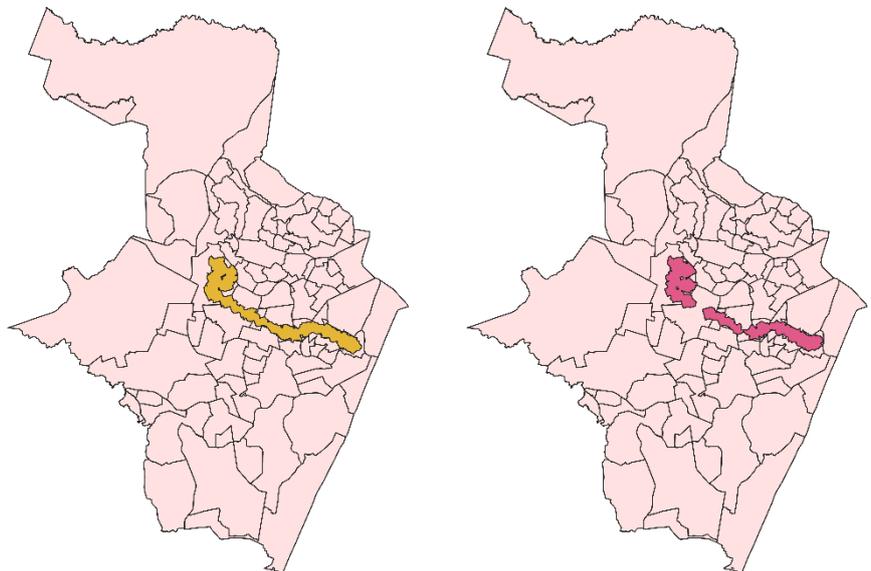
**Rotas linha 2432**

-  Ida
-  Volta
-  Bairros



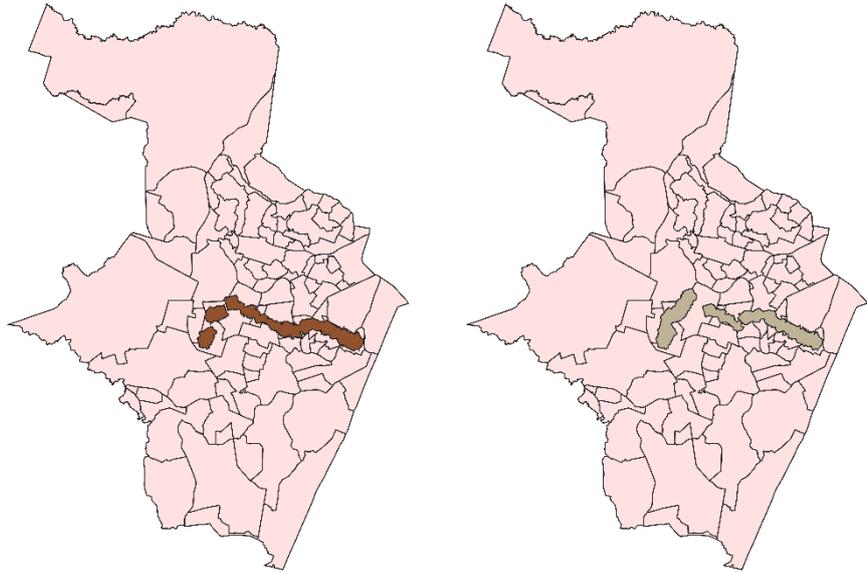
**Rotas linha 2422**

-  Ida
-  Volta
-  Bairros



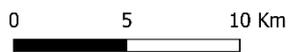
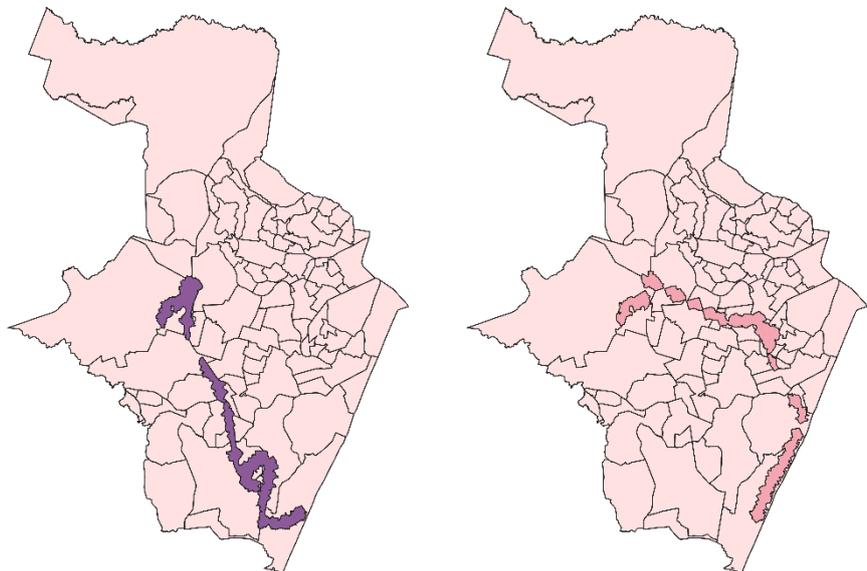
**Rotas linha 2416**

-  Ida
-  Volta
-  Bairros



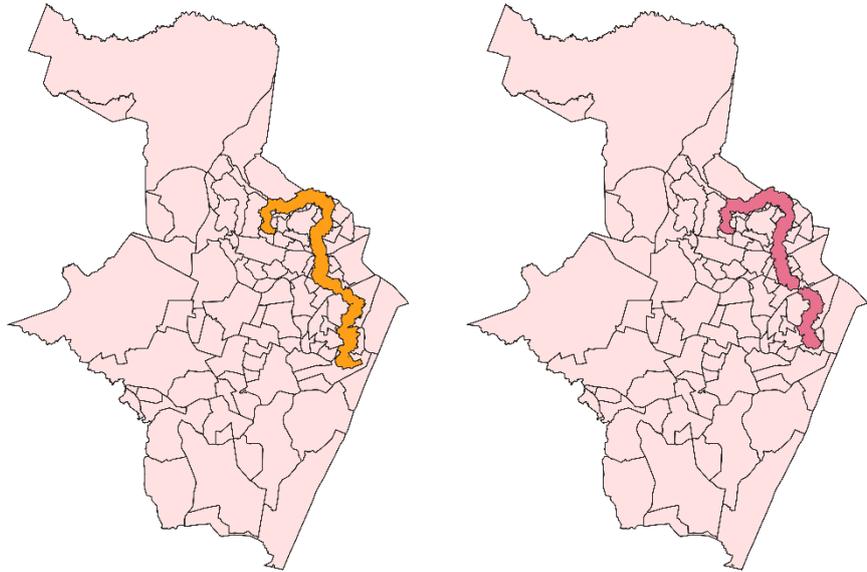
**Rotas linha 2040**

-  Ida
-  Volta
-  Bairros



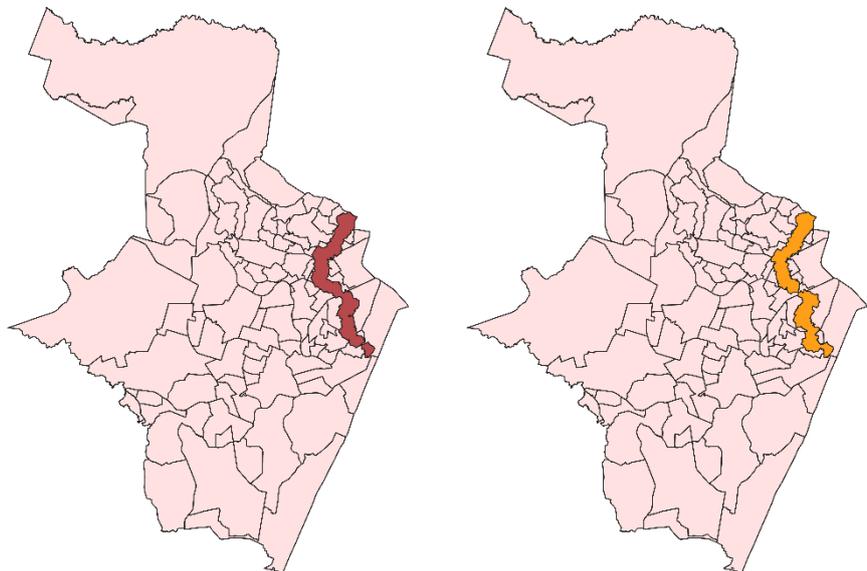
**Rotas linha 742**

-  Ida
-  Volta
-  Bairros



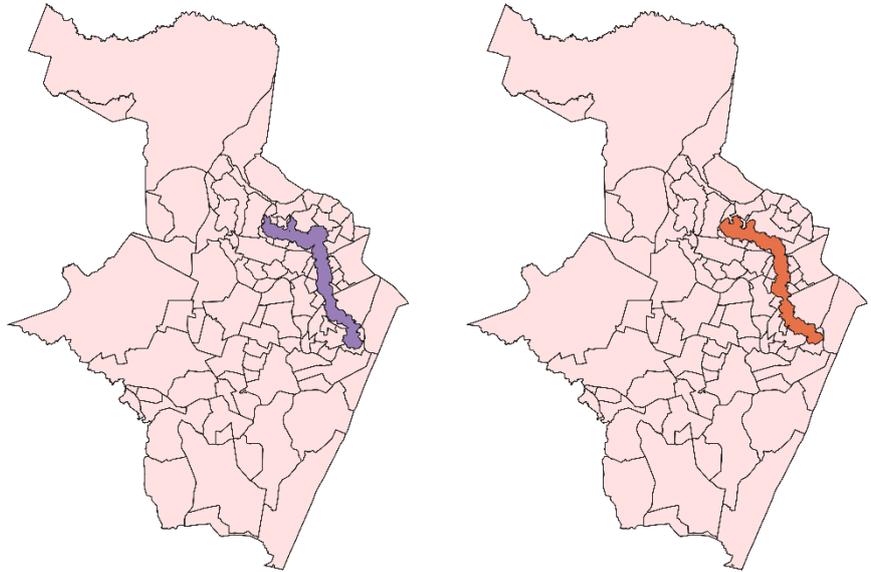
**Rotas linhas 722**

-  Ida
-  Volta
-  Bairros



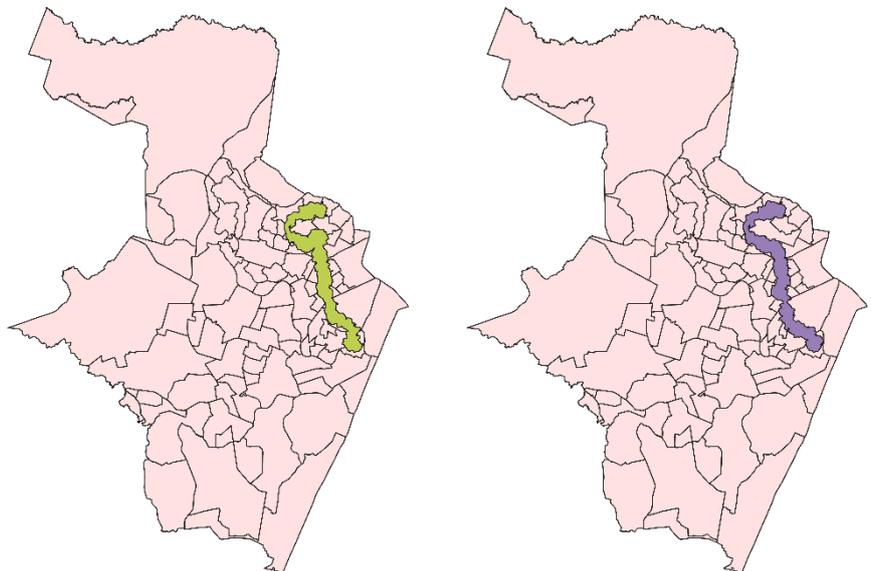
**Rotas linhas 713**

-  Ida
-  Volta
-  Bairros



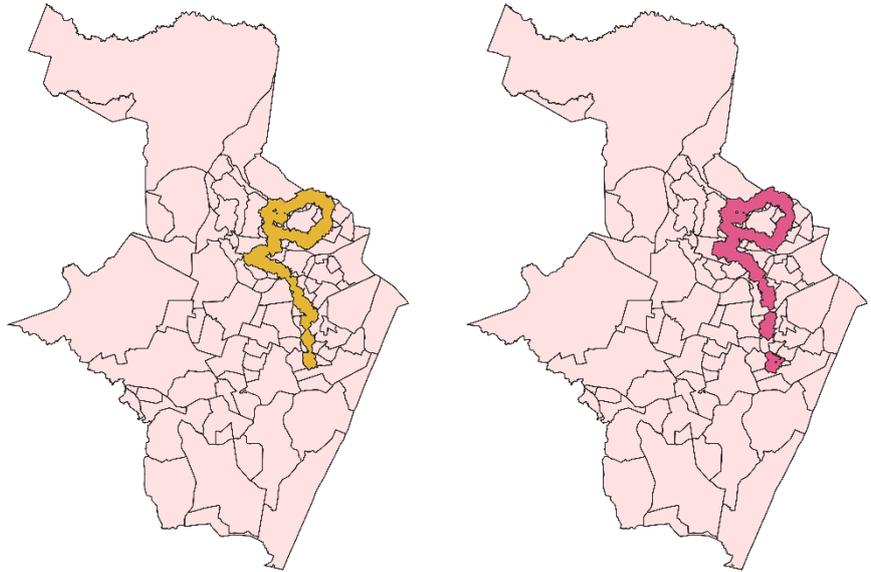
**Rotas linha 712**

-  Ida
-  Volta
-  Bairros



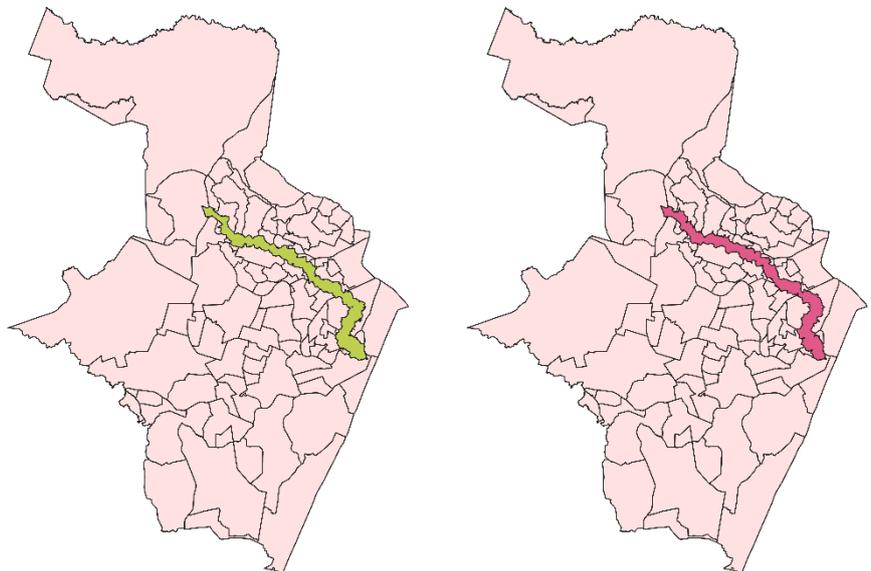
**Rotas linha 710**

-  Ida
-  Volta
-  Bairros



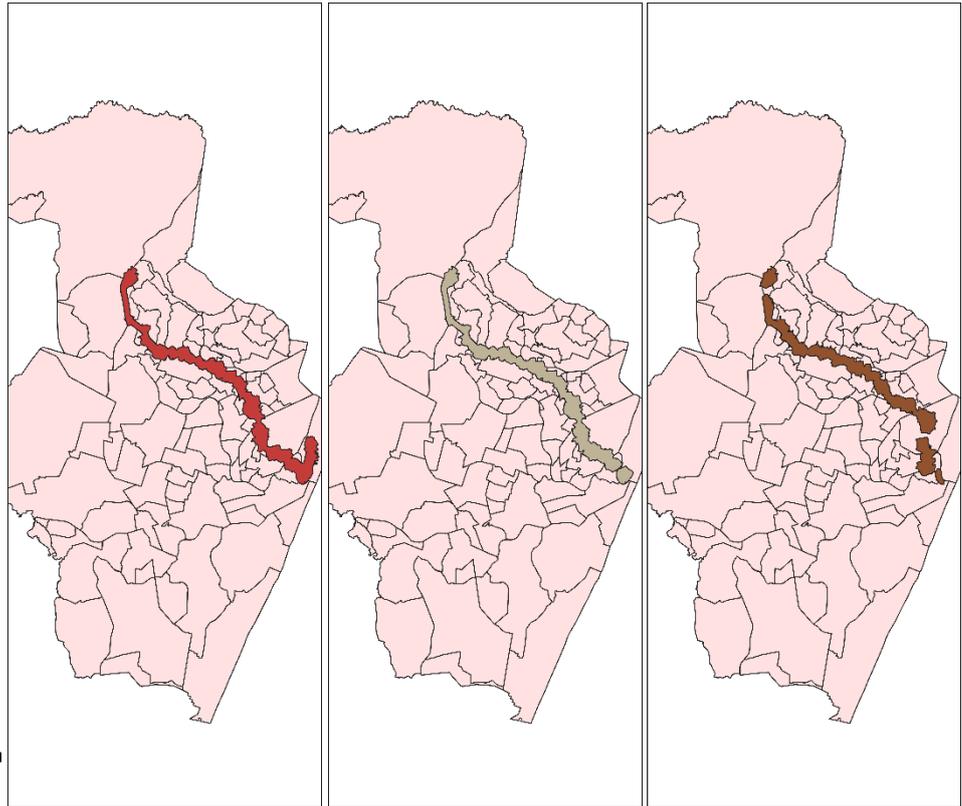
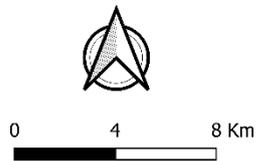
**Rotas linhas 645**

-  Ida
-  Volta
-  Bairros



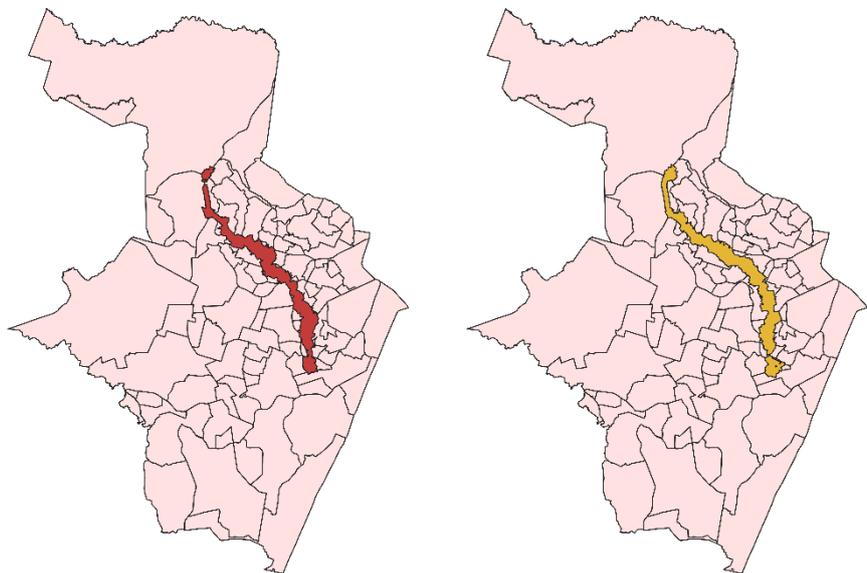
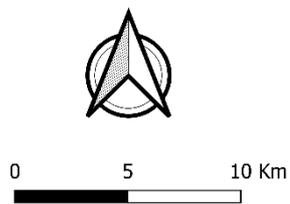
**Rotas linha 642**

-  Ida
-  Volta
-  Via PCR
-  Bairros



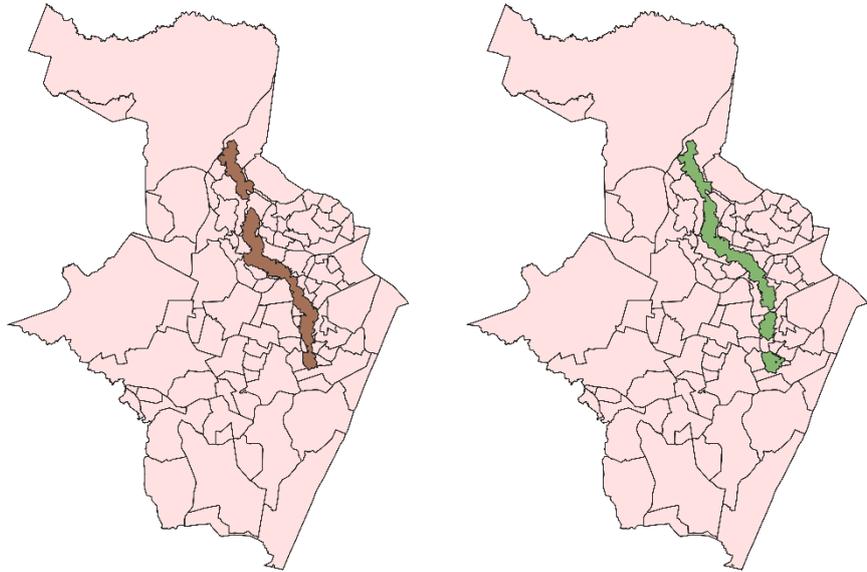
**Rotas linhas 640**

-  Ida
-  Volta
-  Bairros



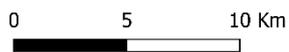
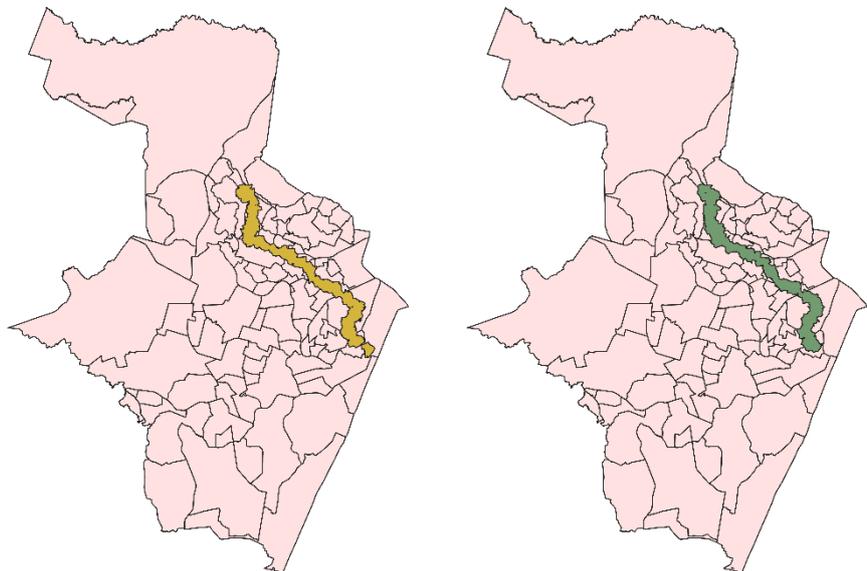
**Rotas linha 630**

-  Ida
-  Volta
-  Bairros



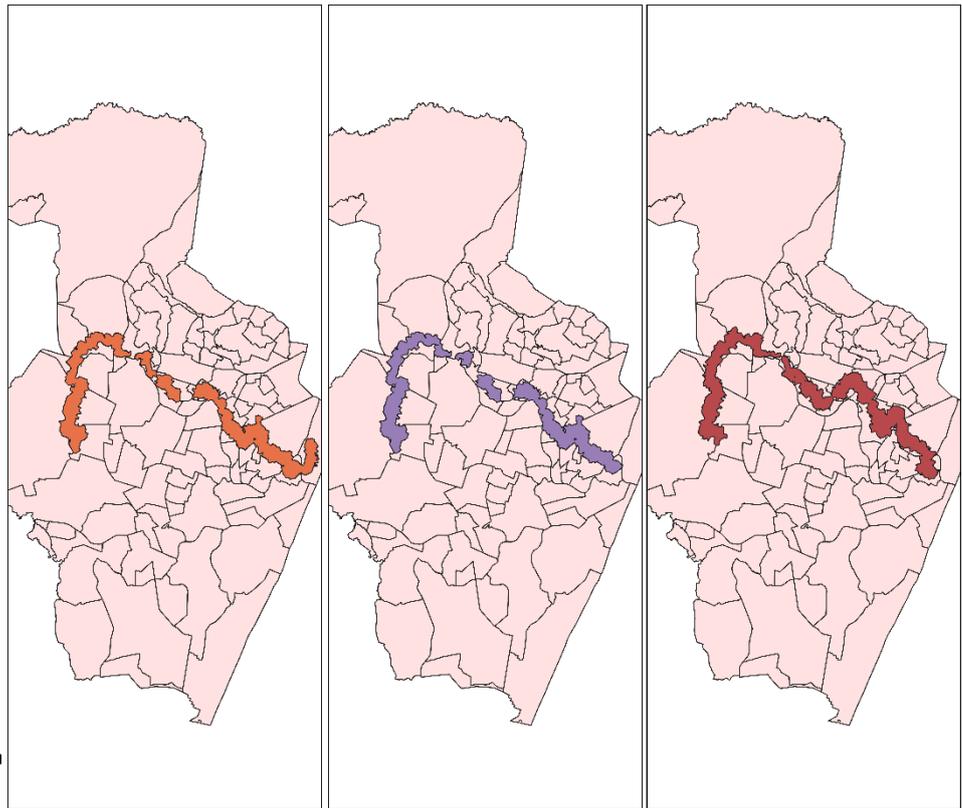
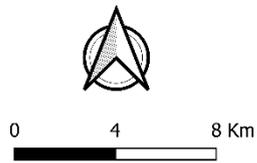
**Rotas linha 622**

-  Ida
-  Volta
-  Bairros



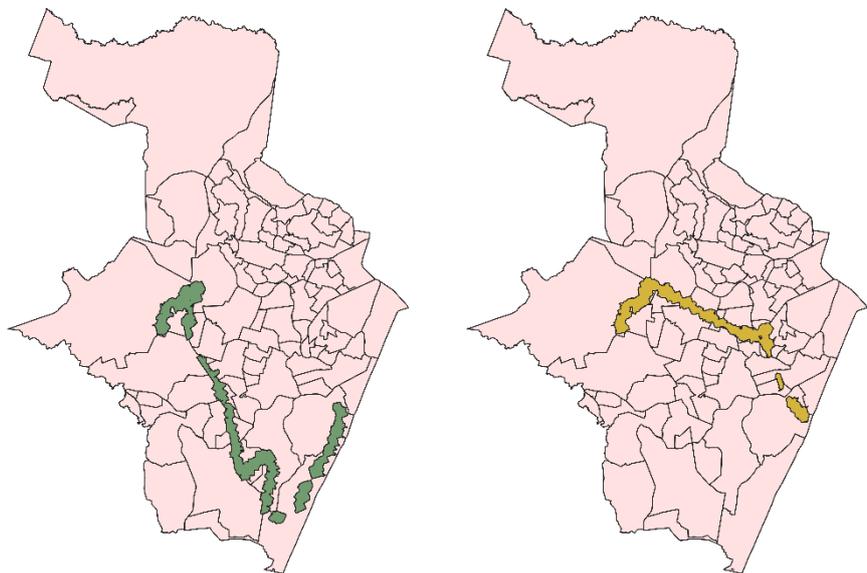
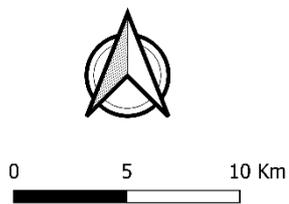
**Rotas linha 522**

- Ida
- Volta
- Via PCR
- Bairros



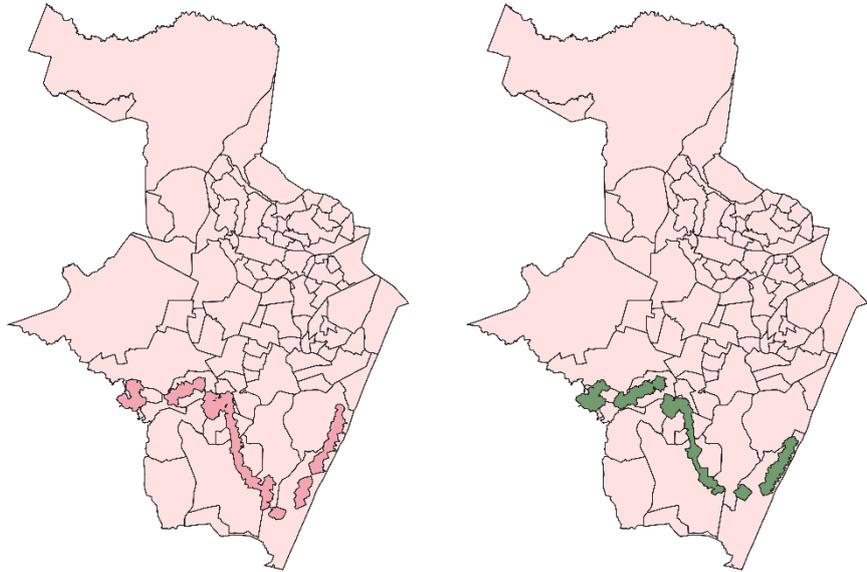
**Rotas linhas 440**

- Ida
- Volta
- Bairros



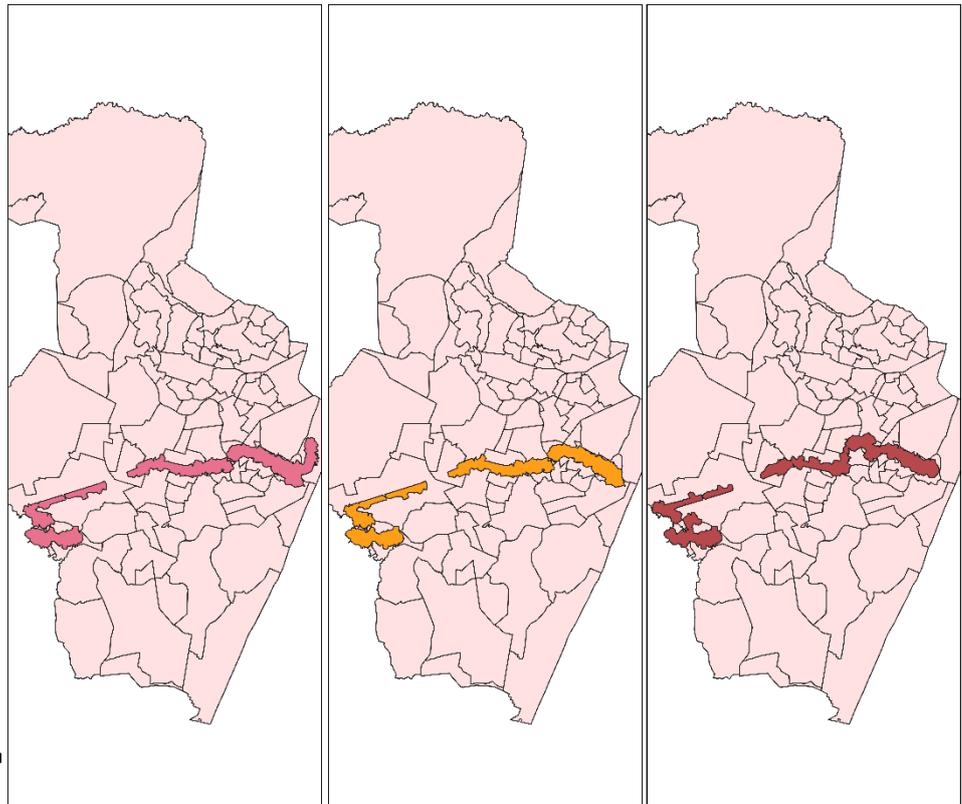
**Rotas linha 360**

-  Ida
-  Volta
-  Bairros



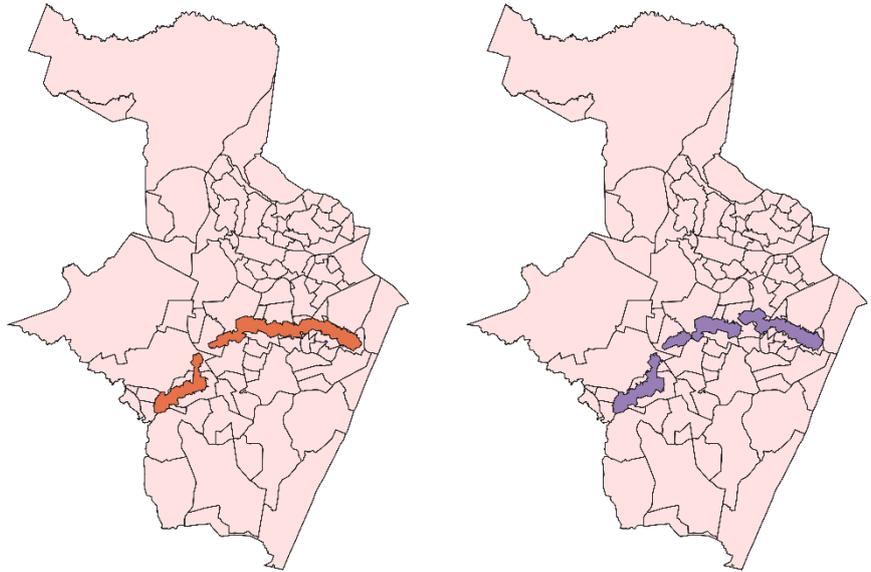
**Rotas linha 331**

-  Ida
-  Volta
-  Via PCR
-  Bairros



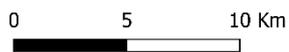
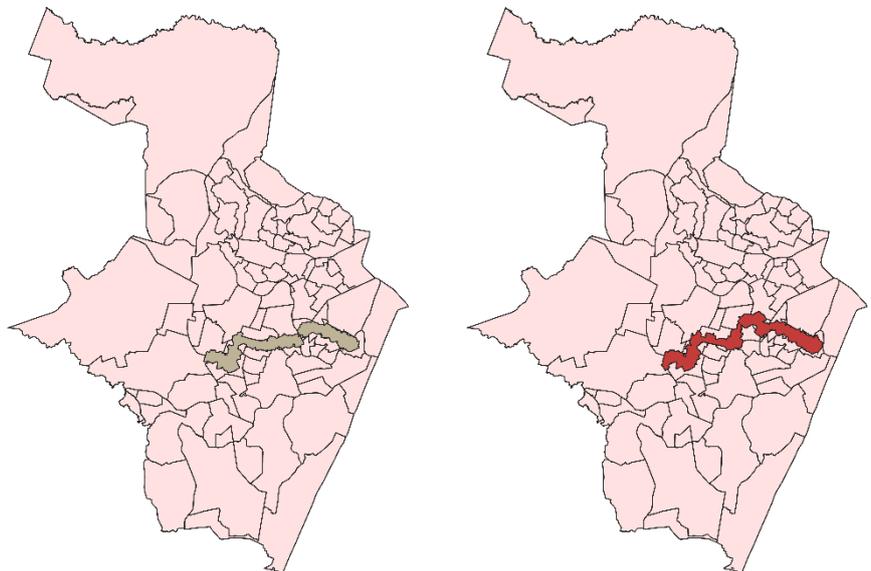
**Rotas linha 321**

-  Ida
-  Volta
-  Bairros



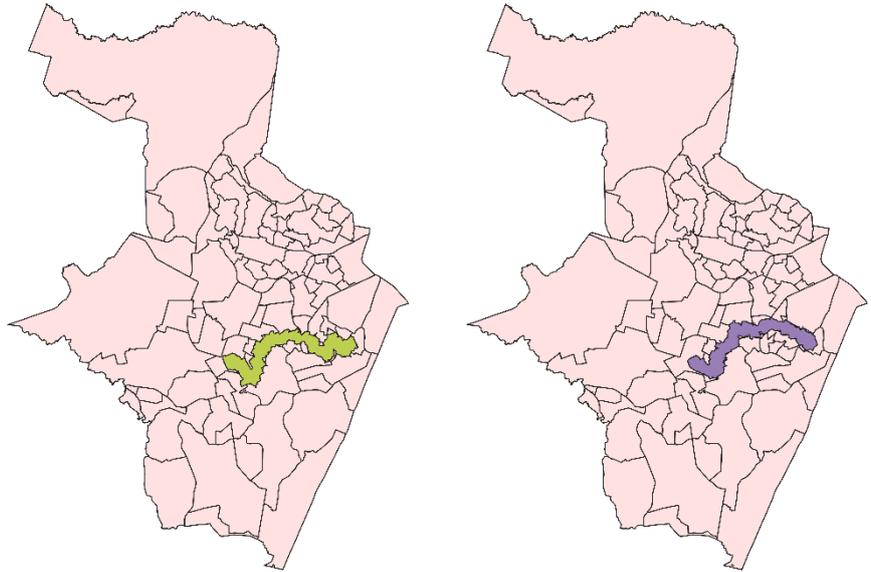
**Rotas linhas 313**

-  Ida
-  Volta
-  Bairros



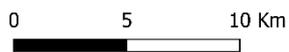
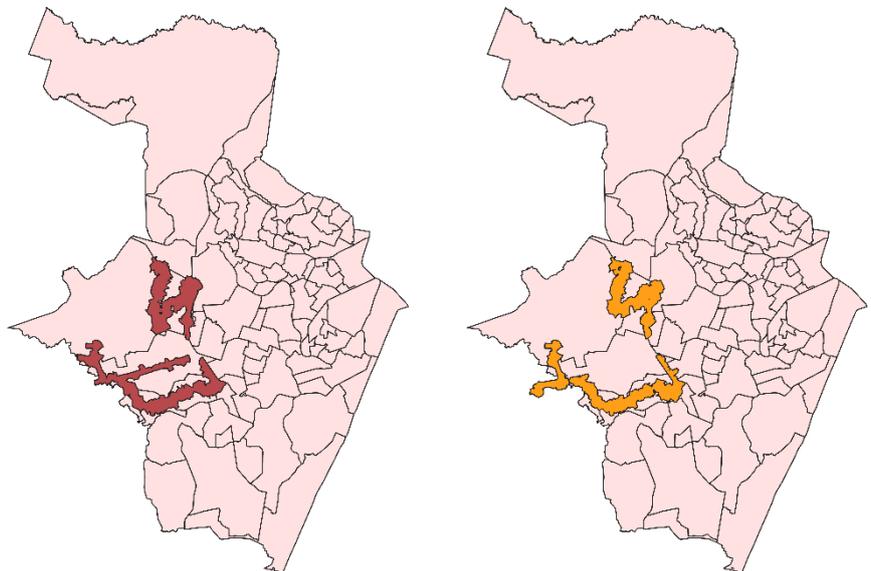
**Rotas linhas 312**

-  Ida
-  Volta
-  Bairros



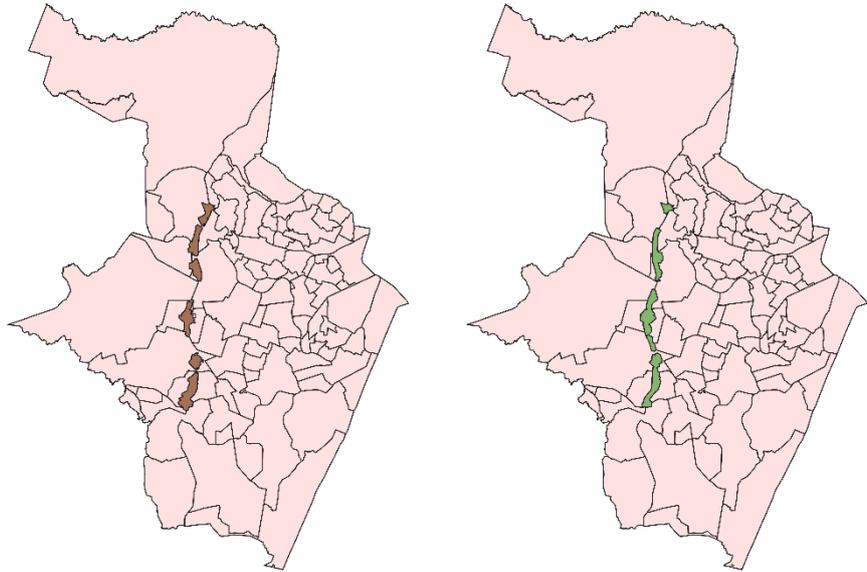
**Rotas linhas 302**

-  Ida
-  Volta
-  Bairros



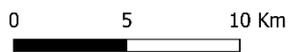
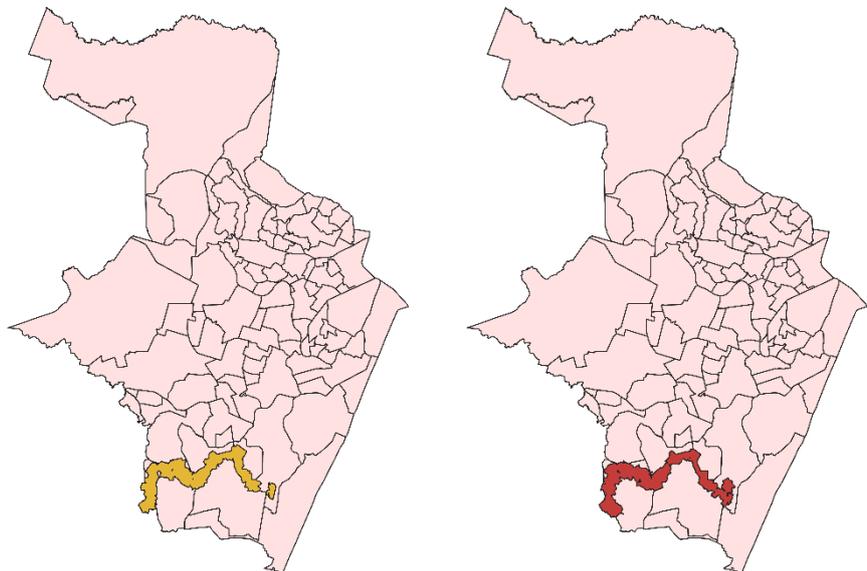
**Rotas linha 207**

-  Ida
-  Volta
-  Bairros



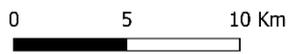
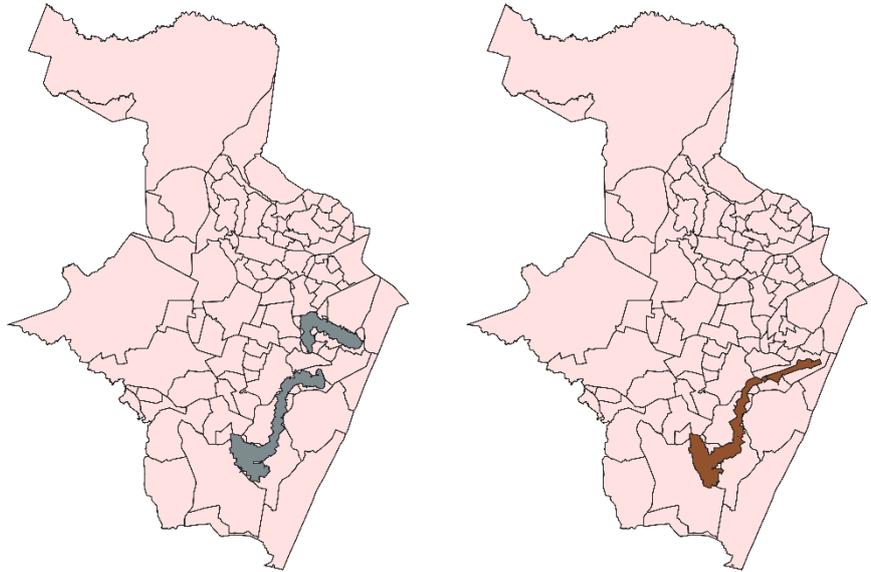
**Rotas linha 123**

-  Ida
-  Volta
-  Bairros



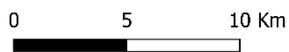
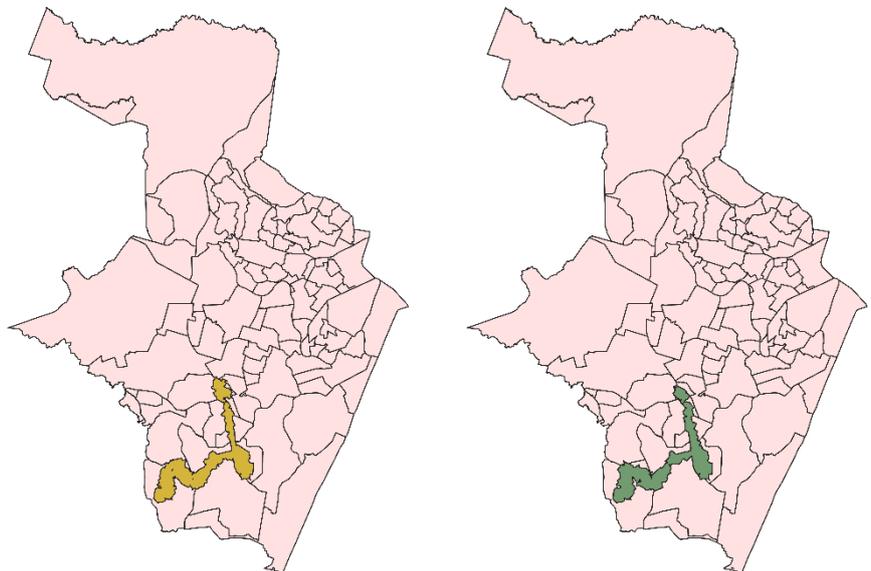
**Rotas linha 121**

-  Ida
-  Volta
-  Bairros



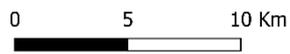
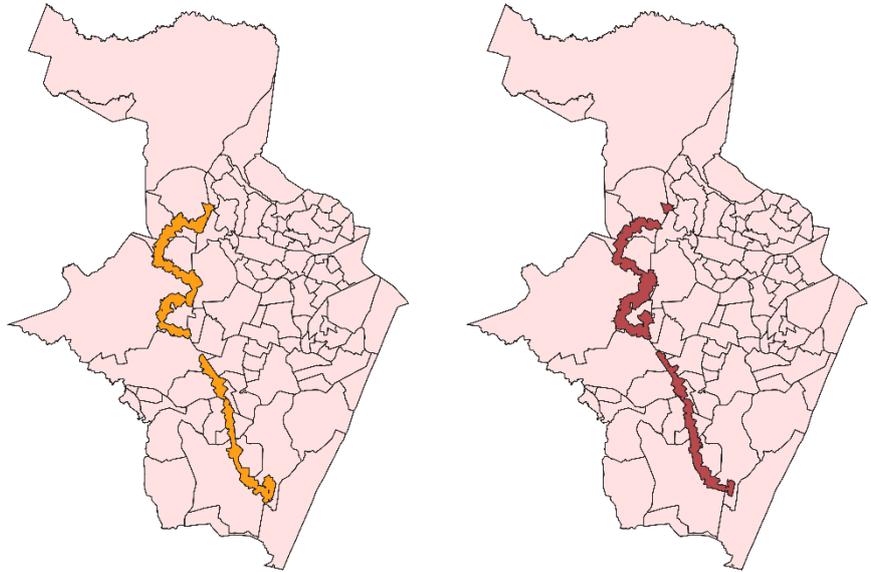
**Rotas linha 102**

-  Ida
-  Volta
-  Bairros



**Rotas linha 060**

-  Ida
-  Volta
-  Bairros



**Rotas linhas 032**

-  Ida
-  Volta
-  Bairros

