

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

Yasmin Menezes Castro

PROPOSTA DE ÍNDICE DE ACESSIBILIDADE URBANA BASEADO EM
OPORTUNIDADES, SAÚDE E EDUCAÇÃO: um estudo de caso no Recife

Recife
2019

Yasmin Menezes Castro

PROPOSTA DE ÍNDICE DE ACESSIBILIDADE URBANA BASEADO EM
OPORTUNIDADES, SAÚDE E EDUCAÇÃO: um estudo de caso no Recife

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil do Centro de Tecnologia e Geociências (CTG) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Área de concentração: Transportes e gestão das infraestruturas urbanas.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Herszon Meira.

Recife

2019

Catálogo na fonte
Bibliotecário Gabriel Luz, CRB-4 / 2222

C355p Castro, Yasmin Menezes.
Proposta de índice de acessibilidade urbana baseado em oportunidades, saúde e educação: um estudo de caso no Recife / Yasmin Menezes Castro – Recife, 2019.
110f., figs., tabs., abrev. e siglas.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Herszon Meira.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2019.
Inclui referências e apêndices.

1. Engenharia Civil. 2. Índice de acessibilidade. 3. Polo gerador de viagens. I. Meira, Leonardo Herszon (Orientador). II. Título.

UFPE

624 CDD (22. ed.) BCTG/2019 - 306

Yasmin Menezes Castro

PROPOSTA DE ÍNDICE DE ACESSIBILIDADE URBANA BASEADO EM
OPORTUNIDADES, SAÚDE E EDUCAÇÃO: um estudo de caso no Recife

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil do Centro de Tecnologia e Geociências (CTG) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Aprovada, em: 26 de fevereiro de 2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Leonardo Herszon Meira (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr^a Maria Leonor Alves Maia (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr^a Viviane Adriano Falcão (Examinadora Externa)
Universidade Federal do Triângulo Mineiro

À minha querida avó Lilia (in memoriam), que me ensinou que “saudade é o amor que fica”.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo seu amor incondicional e por estar sempre ao meu lado. A conclusão desta etapa somente foi possível graças a Ele.

Ao meu marido Pedro, pela paciência, amor, lealdade, companheirismo, apoio, e constantes palavras de incentivo.

À minha melhor amiga, maior incentivadora dos meus estudos e uma das pessoas mais incríveis que já conheci: minha mãe Goretti. À toda minha família, em especial Tainá, Tio Júnior, Voinho Domício e Painho George e à toda família Dantas, pela amizade, carinho e apoio.

Ao orientador Leonardo Meira pelo apoio, orientação e aos grandes ensinamentos passados em suas aulas e pela enorme paciência com a constante mudança de temas.

Ao coorientador Sideney Schreiner, exemplo de profissional e professor, pelo grande apoio no desenvolvimento deste trabalho, e por viabilizar todos os estudos e análises realizadas.

À minha primeira chefe, Sandra Almeida, que me introduziu à área de transportes. À toda equipe da Norconsult, em especial ao amigo Márcio Lira.

Aos professores Maurício Pina, Cesar Cavalcanti, Oswaldo Lima Neto e Fernando Jordão pelos ensinamentos e suporte oferecidos ao longo de toda a graduação e pós-graduação.

A todos os amigos do Instituto da Cidade Pelópidas Silveira, em especial a Jessica Yale, Elisa Peregrino, Marília Pina, Ana Patrícia Uchôa e Luciano Ferraz, por todo auxílio (profissional e pessoal) e incentivo durante todo o processo.

A todos os colegas, professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) da UFPE.

Por fim, agradeço a todos que colaboraram direta ou indiretamente para minha formação pessoal e profissional e conclusão deste mestrado.

RESUMO

Este trabalho tem o objetivo de elaborar um Índice de Acessibilidade (IA) para verificar se a implantação de um Polo Gerador de Viagens pode impactar positivamente a acessibilidade de uma centralidade, considerando três tipos de uso do solo distintos: oportunidades, saúde e educação. O indicador adotado utiliza os componentes da definição de acessibilidade: uso do solo e transportes. A cidade do Recife foi escolhida como estudo de caso. Os resultados foram divididos por tipo de uso e modo de transporte (individual ou coletivo), distribuídos em análises estatísticas e espaciais. A acessibilidade às instituições de ensino e aos equipamentos de saúde tiveram resultados do IA melhores que às oportunidades por serem melhor distribuídas ao longo do território. A acessibilidade às oportunidades resultou em um valor pior que aos outros usos analisados devido à maior concentração de suas atividades nas áreas centrais e litorâneas da cidade. O usuário de transporte individual, de maneira geral, possui o acesso mais facilitado que o usuário de transporte público. A implantação de um Polo Gerador de Viagens, em uma área de péssima acessibilidade, foi considerada irrelevante de maneira isolada. Para verdadeiramente melhorar a acessibilidade de uma região é necessário investir em políticas públicas para diminuir o tempo de viagem do usuário de transporte público e priorizar o desenvolvimento de centralidades nas áreas mais necessitadas, a fim de combater a exclusão social e garantir a qualidade de vida.

Palavras-chave: Índice de acessibilidade. Polo gerador de viagens.

ABSTRACT

This work aims to elaborate an Accessibility Index (IA) to verify if the implementation of a Trip Generation Hub can positively impact the accessibility of a centrality, considering three different types of land use: job opportunities, health facilities and educational institutions. The adopted index uses the components of the definition of accessibility: land use and transport. The city of Recife was chosen as a case study. The results were divided by type of land use and means of transportation (individual or public), distributed in statistical and spatial analysis. Access to educational institutions and health facilities had better AI results than the job opportunities because they were better distributed throughout the territory. Access to job opportunities resulted in worse values due to the higher concentration of its activities in the central and coastal areas of the city. The individual mean of transportation, in general, has better access than the public mean. The implantation of a Trip Generation Hub, in an area which is poorly accessed, was considered irrelevant in an isolated way. In order to truly improve the accessibility of a region, it is necessary to think of public policies to reduce the travel time of the transit and to prioritize the development of centralities in the worst accessed areas in order to avoid social exclusion and guarantee the quality of life.

Keywords: Acessibility index. Trip generation hub.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Taxa de Urbanização no Brasil (1940-2010)..... | 15 |
| Figura 2 - Caracterização da acessibilidade e mobilidade | 24 |
| Figura 3 - Distribuição Populacional do Recife..... | 50 |
| Figura 4 - Distribuição da Densidade Demográfica do Recife..... | 51 |
| Figura 5 - População residente no Recife com faixa de renda até 1 salário mínimo | 52 |
| Figura 6 - População residente no Recife com faixa de renda acima de 20 salários mínimos | 53 |
| Figura 7 - Delimitação e codificação das Zonas de Tráfego do Recife | 56 |
| Figura 8 - Macrozona do Ambiente Natural (MAN) | 58 |
| Figura 9 - Etapas da metodologia proposta..... | 61 |
| Figura 10 - Tratamento de dados..... | 63 |
| Figura 11 - Histograma do Índice de Acessibilidade à educação..... | 68 |
| Figura 12 - Histograma do Índice de Acessibilidade aos equipamentos de saúde.... | 69 |
| Figura 13 - Histograma do Índice de Acessibilidade às oportunidades..... | 70 |
| Figura 14 - Localização das Instituições de Ensino Públicas | 72 |
| Figura 15 - Distribuição espacial do índice de acessibilidade às instituições de ensino públicas por usuários do transporte individual e público..... | 74 |
| Figura 16 - Distribuição espacial da diferença entre o cálculo do índice de acessibilidade às instituições de ensino do transporte público e individual | 77 |
| Figura 17 - Localização dos Equipamentos de Saúde | 78 |
| Figura 18 - Distribuição espacial do índice de acessibilidade aos equipamentos de saúde por usuários do transporte individual e público..... | 80 |
| Figura 19 - Distribuição espacial da diferença entre o cálculo do índice de acessibilidade aos equipamentos de saúde do transporte público e individual | 82 |
| Figura 20 - Localização das Oportunidades..... | 84 |
| Figura 21 - Distribuição espacial do índice de acessibilidade às oportunidades por usuários do transporte individual..... | 86 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 22 - Distribuição espacial da diferença entre o cálculo do índice de acessibilidade às oportunidades do transporte público e individual | 88 |
| Figura 23 -: Localização da zona de tráfego escolhida para análise de implantação de um PGV | 90 |
| Figura 24 - Tempo de viagem entre os centroides das zonas de tráfego vizinhas à zona 100..... | 110 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 - Conceitos e definições de acessibilidade | 22 |
| Tabela 2 - Características das escalas espaciais da acessibilidade | 27 |
| Tabela 3 - Comparação entre perspectivas avaliadoras do sistema de transportes | 31 |
| Tabela 4 - Principais Índices de Acessibilidade do tipo separação espacial | 34 |
| Tabela 5 - Principais Índices de Acessibilidade do tipo gravitacional..... | 36 |
| Tabela 6 - Evolução dos conceitos de empreendimentos atratores de viagens..... | 39 |
| Tabela 7 - Análises e considerações de impactos de PGV..... | 42 |
| Tabela 8 - Impactos diretos gerados por PGV | 43 |
| Tabela 9 - Impactos indiretos gerados por PGV (continua...)..... | 45 |
| Tabela 10 - Dados socioeconômicos do Recife | 49 |
| Tabela 11 - Etapa de aquisição de dados | 62 |
| Tabela 12 - Formulações utilizadas para o cálculo do índice de acessibilidade..... | 65 |
| Tabela 13 - Valores estatísticos do Índice de Acessibilidade à educação | 68 |
| Tabela 14 - Valores estatísticos do Índice de Acessibilidade aos equipamentos de saúde | 69 |
| Tabela 15 - Valores estatísticos do Índice de Acessibilidade às oportunidades | 71 |
| Tabela 16 - Índice de Acessibilidade da zona de tráfego 100 | 89 |
| Tabela 17 - Índice de Acessibilidade da zona de tráfego 100 após a implantação do PGV de 20.000m ² | 91 |
| Tabela 18 - Índice de Acessibilidade da zona de tráfego 100 após a implantação do PGV de 100.000m ² | 91 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| BRT | <i>Bus Rapid Transit</i> |
| CET | Companhia de Engenharia de Tráfego |
| CTB | Código de Trânsito Brasileiro |
| CTM | Consórcio de Transportes Metropolitanos |
| CTTU | Autarquia de Trânsito e Transporte Urbano do Recife |
| DENATRAN | Departamento Nacional de Trânsito |
| DOTS | Desenvolvimento Orientado pelo Transporte Sustentável |
| EIA | Estudos de Impacto Ambiental |
| EIT | Estudos de Impacto de Tráfego |
| EIV | Estudos de Impacto de Vizinhança |
| ESIG | Sistema de Informações Geográficas da cidade do Recife |
| GPS | <i>Global Positioning System</i> |
| GRCTM | Grande Recife Consórcio de Transporte Metropolitanos |
| IA | Índice de Acessibilidade |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| ICPS | Instituto da Cidade Pelópidas Silveira |
| MAN | Macrozonas do Ambiente Natural |
| MATRIZ OD | Matriz Origem-Destino |
| OPEI | Orientações Prévias para Empreendimentos de Impacto |
| PGT | Polo Gerador de Tráfego |
| PGV | Polos Geradores de Viagens |
| RMR | Região Metropolitana do Recife |
| SEI | Sistema Estrutura Integrado |
| SIG | Sistema de Informação Geográfica |
| STPCP/RMR | Sistema de Transporte Público Coletivo de Passageiros da Região Metropolitana do Recife |
| TI | Transporte Individual |
| TP | Transporte Público |
| VLT | Veículo Leve sobre Trilhos |

SUMÁRIO

| | | |
|--------------|--------------------------------------------------------------|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 15 |
| 1.1 | IMPORTÂNCIA E JUSTIFICATIVA | 17 |
| 1.2 | OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS | 19 |
| 1.3 | LIMITAÇÕES..... | 19 |
| 1.4 | ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO | 19 |
| 2 | CONCEITOS E ÍNDICES DE ACESSIBILIDADE | 21 |
| 2.1 | EVOLUÇÃO DO CONCEITO DE ACESSIBILIDADE | 21 |
| 2.2 | CONCEITOS COMPLEMENTARES: TRANSPORTES E USO DO SOLO | 23 |
| 2.3 | ACESSIBILIDADE E MOBILIDADE..... | 24 |
| 2.4 | ESCALAS ESPACIAIS DA ACESSIBILIDADE | 25 |
| 2.5 | CÁLCULO DA ACESSIBILIDADE | 28 |
| 2.5.1 | Índice e Indicador | 29 |
| 2.5.2 | Evolução dos Índices de Acessibilidade..... | 30 |
| 3 | POLOS GERADORES DE VIAGENS | 37 |
| 3.1 | CONCEITOS E CLASSIFICAÇÕES | 37 |
| 3.2 | IMPACTOS E MITIGAÇÃO | 41 |
| 4 | CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO..... | 48 |
| 4.1 | CARACTERIZAÇÃO DEMOGRÁFICA da ÁREA DE ESTUDO | 48 |
| 4.2 | A RMR E O STPCP/RMR..... | 54 |
| 4.3 | ZONAS DE TRÁFEGO | 55 |
| 4.4 | MACROZONA DO AMBIENTE NATURAL..... | 57 |
| 5 | METODOLOGIA | 59 |
| 5.1 | AQUISIÇÃO DOS DADOS | 61 |
| 5.2 | PROCESSAMENTO DOS DADOS | 62 |
| 5.3 | CÁLCULO DO ÍNDICE DE ACESSIBILIDADE..... | 64 |
| 6 | RESULTADOS..... | 66 |
| 6.1 | DISTRIBUIÇÃO ESTATÍSTICA..... | 67 |
| 6.2 | DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS RESULTADOS..... | 71 |
| 6.2.1 | Acessibilidade às instituições de ensino..... | 72 |
| 6.2.2 | Acessibilidade aos equipamentos de saúde | 78 |

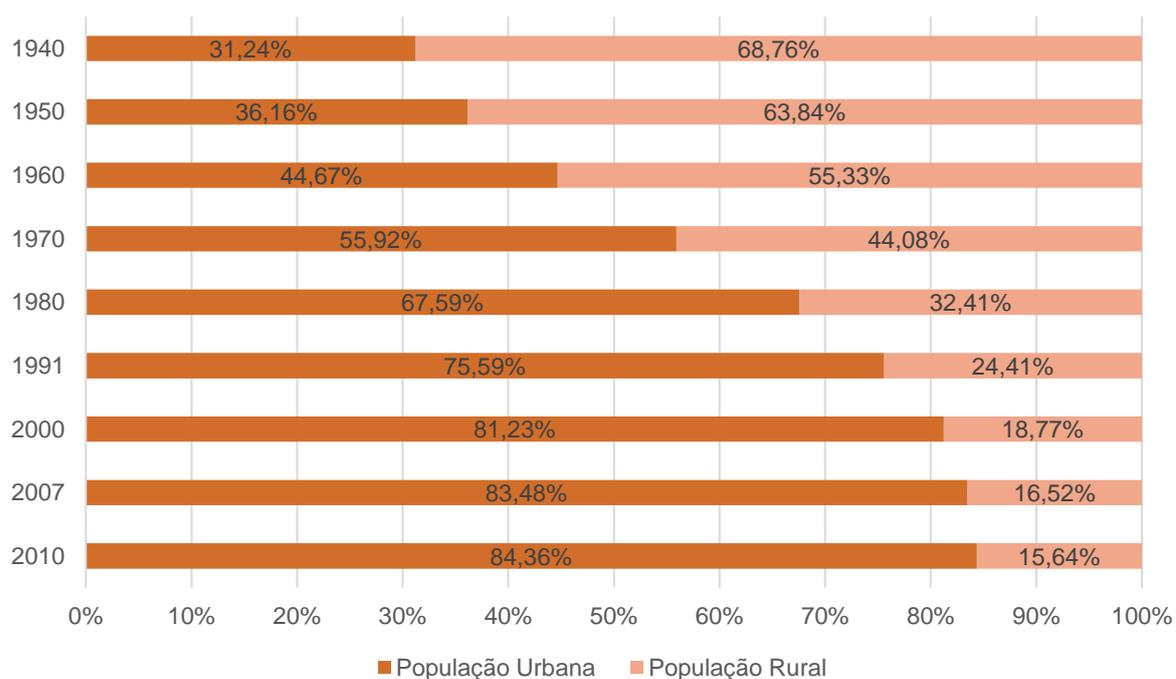
| | | |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 6.2.3 | Acessibilidade às oportunidades..... | 83 |
| 6.3 | IMPLANTAÇÃO DE UM PGV E SUA RELEVÂNCIA SOBRE A ACESSIBILIDADE | 89 |
| 7 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 92 |
| | REFERÊNCIAS..... | 96 |
| | APÊNDICE A – Resultados do Índice de Acessibilidade | 103 |
| | APÊNDICE B – Exemplo de cálculo do Índice de Acessibilidade da zona de tráfego 100..... | 109 |

1 INTRODUÇÃO

A urbanização no Brasil teve seu processo acelerado após a Segunda Guerra Mundial e é vinculada a transformações sociais e econômicas. O aumento das populações nas cidades foi impulsionado a partir da década de 1960 devido à revolução industrial e às melhores oportunidades que a vida na cidade proporcionava, em detrimento da vida no campo, como melhor qualidade de vida, acesso a trabalho, educação e ofertas de lazer, por exemplo.

No início da década de 1960, cerca de 55% da população brasileira vivia em áreas rurais (Figura 1). Após a década de 1970 esse cenário mudou e mais da metade da população passou a morar em área urbana. Esse processo de urbanização é importante de ser analisado porque teve seu contexto apoiado no desenvolvimento industrial, que se fundamentava em baixos salários e pouco investimento em infraestrutura habitacional. E, além disso, o processo de urbanização está na base da emergência dos problemas posteriores de mobilidade urbana ocorridos nas cidades brasileiras (ANTP, 2017).

Figura 1 - Taxa de Urbanização no Brasil (1940-2010)



Fonte: IBGE (2010)

Com o advento e desenvolvimento das áreas centrais da cidade, local onde se concentravam as principais oportunidades de emprego e serviços essenciais, como instituições de ensino e de saúde, comércio e lazer, ocorreu, nos centros urbanos, uma alta densidade populacional. Quando essas áreas já não mais comportavam novas populações, foi constatado o espalhamento da população nas áreas mais periféricas. Essa ocupação foi realizada de maneira desorganizada e mal planejada, nas cidades brasileiras, e se destituíram de áreas com infraestrutura básica, como serviços públicos essenciais, abastecimento de água, tratamento de esgoto e infraestrutura viária, de péssima qualidade ou até mesmo inexistente.

Os problemas relacionados ao deslocamento de bens e pessoas no meio urbano existem desde o surgimento das cidades e se agravaram com o súbito processo acelerado de urbanização brasileira. Procurando compreender melhor essa e outras questões, como a constante transformação das cidades e a relação inerente entre transportes e o uso do solo, muitos pesquisadores têm buscado desenvolver um método capaz de mensurar e mitigar os possíveis impactos causados pelo espraiamento centro-periferia e a expansão da mancha urbana que podem comprometer o acesso da população às atividades de trabalho, estudo e serviços, por exemplo.

Dessa forma, uma das ferramentas recentemente utilizadas pelo Poder Público é a avaliação da acessibilidade. Definida como a “facilidade de alcançar oportunidades - atividades e destinos, bens e serviços” (RUBULOTTA *et al.*, 2013), a acessibilidade pode ser calculada por meio de uma metodologia denominada Índice de Acessibilidade. Este tipo de índice considera não somente a organização do sistema de transporte (público e privado) de uma localidade, mas também a configuração urbana, e, por conta disso, é tido como um bom indicador da qualidade locacional. Além disso, o Índice de Acessibilidade é considerado um dos “principais instrumentos de promoção da chamada mobilidade sustentável” (KNEIB; PORTUGAL E MELLO, 2017). Ele possibilita o desenvolvimento de políticas públicas que oferecem bons níveis de acessibilidade por modos de transporte mais sustentáveis e a diminuição dos efeitos sociais e espaciais da distribuição de acessibilidade e a melhoria da eficiência do sistema de maneira geral (GARCIA *et al.*, 2018).

1.1 IMPORTÂNCIA E JUSTIFICATIVA

Em vários países, as cidades passaram por intensos processos de urbanização, nos últimos anos, acarretando não somente em seu crescente desenvolvimento mas também gerando externalidades negativas para a vida em sociedade. Poluição sonora e ambiental, congestionamentos, acidentes e perda de qualidade de vida nas cidades podem ser observadas em vários municípios brasileiros. Assim, têm sido inseridos na agenda política importantes conceitos, como o de mobilidade urbana sustentável, que pode ser entendido como sendo resultado de um conjunto de políticas de transporte e circulação que visam proporcionar o acesso amplo e democrático ao espaço urbano, através da priorização dos modos de transporte coletivo e não-motorizados de maneira efetiva, socialmente inclusiva e ecologicamente sustentável (BRASIL, 2006; CASTRO E MEIRA, 2017).

Evidentemente, essas externalidades negativas são potencializadas quando se referem ao contexto de implantação de grandes empreendimentos nas cidades. Esses grandes empreendimentos, responsáveis pela geração e atração de viagens nas cidades, são denominados Polos Geradores de Viagens (PGV) e são conceituados como equipamentos que geram impactos tanto nos sistemas viário e de transportes, como na qualidade de vida e no desenvolvimento econômico (KNEIB, ANDRADE e PALHARES, 2010). Esses impactos ocorrem, principalmente, porque as metodologias de análise e licenciamento dos PGV fazem uso de técnicas generalizadas no diagnóstico dos impactos gerados.

Segundo diversos autores (MARQUES, 2010; SANTOS e FREITAS, 2014; entre outros), há poucos relatórios de estudos de impacto que analisam, adequadamente a acessibilidade e a mobilidade urbana. Isto é, que consideram de fato todos os usuários e modos de transporte pertencentes ao sistema de mobilidade de uma cidade, como pedestres, ciclistas, pessoas com mobilidade reduzida e usuários de transporte público, por exemplo. O foco das análises são usualmente os usuários de veículo motorizado individual, que deveriam ser a menor prioridade dentre os modos de transporte existentes, quando comparados com os não motorizados e

os transportes coletivos, como afirmado no Artigo 6º da Política Nacional de Mobilidade Urbana (BRASIL, 2012).

Além da importância dos transportes e da infraestrutura é fundamental analisar a configuração urbana e os impactos na configuração espacial das cidades quando na implantação/ampliação de PGV. A acessibilidade, que une os conceitos de uso do solo e transportes, é capaz de tornar democráticos os espaços urbanos e, adicionalmente, conferir equidade, justiça social e qualidade de vida, características frequentemente atribuídas a locais que possuem alto nível de acessibilidade. Dito isso, torna-se fundamental utilizar essas concepções para medir a possível variação de acessibilidade em um município provocada após a implantação de um Polo Gerador de Viagens para viabilizar a correta análise das suas posteriores consequências à dinâmica urbana.

Nesse contexto, cada município se comporta de maneira distinta: os tipos de empreendimentos variam e a dinâmica de mobilidade da cidade e as leis que regulamentam a implantação de PGV são muito diversificadas, de acordo com o local em que estão inseridas. Dessa forma, coloca-se como sendo de suma importância calcular o Índice de Acessibilidade para distintos tipos de uso do solo, como a oportunidades (empregos), saúde e educação, de forma a prever os possíveis impactos positivos e negativos gerados na cidade e proporcionar a escolha mais adequada do porte, tipo de uso e localização do empreendimento analisado.

É primordial, por isso, a implementação de uma metodologia de fácil manuseio para auxiliar o poder público na criação, implementação e monitoração de políticas públicas de transportes. O estudo da acessibilidade se destaca por integrar dois importantes componentes do planejamento urbano: os transportes e o uso do solo. E, realizados de maneira integrada, esses estudos se tornam excelentes ferramentas para a análise comparativa de cenários e proposição de soluções.

1.2 OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS

O objetivo geral deste trabalho é a elaboração de um Índice de Acessibilidade para avaliar o acesso de usuários do transporte público e privado a Polos Geradores de Viagens, considerando seu uso (oportunidades, saúde e educação).

Já os objetivos específicos são:

- Revisar os índices de acessibilidade existentes e como se deu a evolução de seus componentes;
- Elaborar um Índice de Acessibilidade para utilização específica na cidade do Recife;
- Exemplificar a utilização do Índice de Acessibilidade por meio de um estudo de caso no município do Recife para verificar se a implantação de um Polo Gerador de Viagens pode impactar positivamente na acessibilidade de uma centralidade.

1.3 LIMITAÇÕES

Este estudo se limita a calcular os Índice de Acessibilidade de três tipos distintos de uso do solo: oportunidades, saúde e educação. Embora o Índice de Acessibilidade calculado possa ser utilizado para outros estudos e situações, o índice será calculado para a cidade do Recife.

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Essa dissertação está estruturada em 7 capítulos. O Capítulo 1 traz a introdução ao tema proposto, incluindo a importância, a justificativa e objetivos geral e específicos da dissertação, suas limitações e estrutura. Nos capítulos 2 a 4 é apresentado todo o referencial teórico da pesquisa. O Capítulo 2 abrange a revisão bibliográfica dos modelos de índice de acessibilidade significativos. O Capítulo 3 revisa o conteúdo referente aos conceitos, classificações e impactos referentes ao Polos Geradores de Viagens e o Capítulo 4 caracteriza a área de estudo escolhida para aplicação da metodologia da pesquisa (a cidade do Recife).

A metodologia utilizada para atingir os objetivos propostos é detalhada no Capítulo 5. Já o Capítulo 6 mostra, analisa e discute sobre os resultados obtidos pela pesquisa. Finalmente, o Capítulo 7 tece as considerações finais e traz recomendações para trabalhos futuros.

2 CONCEITOS E ÍNDICES DE ACESSIBILIDADE

O principal desafio do planejamento urbano estratégico é identificar e diagnosticar os problemas existentes, e, para que isso seja possível, é fundamental dominar os principais conceitos envolvidos (VRIENS e HENDRIKS, 2005). Os índices de acessibilidade existentes diferem entre si de acordo com o objetivo do estudo em questão, que varia em conjunto com a natureza do fenômeno e com a escala da análise. Este capítulo apresentará a evolução do conceito e classificação da 'acessibilidade'. Em seguida, comentará sobre a comparação de formulações e enfoques entre acessibilidade e mobilidade e, por fim, resumirá as medidas de acessibilidade, suas importâncias e configurações.

2.1 EVOLUÇÃO DO CONCEITO DE ACESSIBILIDADE

No âmbito do planejamento urbano integrado, a acessibilidade possui uma abordagem mais adequada, por tratar em conjunto do uso do solo e transportes. Apenas com esse conhecimento, dos conceitos e do diagnóstico dos problemas, torna-se possível a negociação dos interesses conflitantes da população e a formulação de uma hierarquia de metas estratégicas, objetivos táticos e critérios de avaliação e monitoramento.

A Tabela 1 apresenta algumas definições de acessibilidade e a forma com que elas evoluíram ao longo do tempo. A princípio, o conceito de acessibilidade estava associado diretamente apenas às oportunidades e à distribuição espacial das cidades. Hansen, um dos pioneiros no estudo da acessibilidade, já adiantava a necessidade de interação entre a habilidade e o desejo das pessoas superarem a separação espacial. Com o tempo, foi verificado o entendimento da importância do sistema de transportes para atender os desejos dessa demanda, facilitando o acesso. A capacidade de alcançar oportunidades perdura como principal conceito por diversos anos. Posteriormente, a qualidade e eficiência dos deslocamentos também foram amplamente estudados e considerados. Por fim, entende-se, atualmente, que a acessibilidade é a facilidade de alcançar oportunidades (atividades e destinos, bens e

serviços) constituindo-se, assim, no objetivo final do sistema de transportes e a definição adotada neste trabalho.

Tabela 1 - Conceitos e definições de acessibilidade

| FONTE | DEFINIÇÕES DE ACESSIBILIDADE |
|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Hansen (1959) | Potencial de oportunidades de interação . Medida de distribuição espacial das atividades em relação a um ponto, ajustadas à habilidade e desejo das pessoas ou firmas em superar a separação espacial. |
| Ingram (1971) | Característica (ou vantagem) inerente a um lugar com relação à superação de alguma forma de fricção que se verifica espacialmente (tempo e/ou distância). |
| Dalvi e Martin (1976) | Facilidade com que qualquer atividade pode ser alcançada a partir de um local, a partir de um determinado sistema de transporte . |
| Jones (1981) | Oportunidade ou potencial para que diferentes tipos de pessoas desenvolvam suas atividades . Esse potencial ou oportunidade é disponibilizado pelo sistema de transporte e uso do solo . |
| Handy e Niemeier (1997) | Determinada pela distribuição espacial de potenciais destinos, a facilidade de alcança-los e a quantidade, qualidade e natureza das atividades encontradas em cada um deles. |
| Cheng <i>et al.</i> (2017) | Facilidade de se alcançar atividades ou lugares de forma eficiente e conveniente , dependendo, para isso, dos transportes e/ou da proximidade das atividades, ou de ambos, em conjunto. |
| Curl <i>et al.</i> (2011) | Capacidade de as pessoas alcançarem destinos . |
| Levinson (2012) e Parthasarathi (2014) | Facilidade de alcançar destinos ou atividades . |
| Jean-Paul Rodrigue (2013) | Capacidade de um lugar alcançar ou ser alcançado por diferentes localidades . |
| Rubulotta <i>et al.</i> (2013) | Facilidade de alcançar oportunidades (atividades e destinos, bens e serviços). |
| Litman (2016) | Facilidade de atingir bens, serviços, atividades e destinos, que juntos são chamados de oportunidades. Consiste no objetivo final do sistema de transporte . |

Fonte: adaptado de Kneib; Portugal e Mello (2017)

A acessibilidade está ligada a uma série de oportunidades econômicas, sociais temporais e espaciais (RODRIGUE, 2017; SILVA, 2011). Essas oportunidades correspondem aos principais motivos de viagens no meio urbano: emprego, educação, saúde, serviços, compras e lazer. Sistemas de transporte público bem

desenvolvidos e eficientes oferecem altos níveis de acessibilidade (se os impactos do congestionamento são excluídos), enquanto que os menos desenvolvidos têm níveis mais baixos de acessibilidade. Porém, nem todas as localidades são iguais porque algumas são mais acessíveis do que outras, o que implica em desigualdades de acesso.

2.2 CONCEITOS COMPLEMENTARES: TRANSPORTES E USO DO SOLO

A acessibilidade é um conceito-chave em descrever e simular as interações entre as atividades (uso do solo) e os transportes em determinada área (CASCETTA e MONTANINO, 2012). O componente 'transporte' abrange toda a infraestrutura e operação do sistema. São atribuídos a esse elemento os modos não-motorizados (a pé, bicicleta, patins etc.) e motorizados (carro, moto, ônibus, dentre outros). Importantes medidas a serem consideradas são a distância média entre as residências e o ponto de embarque e desembarque do transporte público coletivo mais próximo e o tempo de viagem. Essa abordagem considera a proximidade e conectividade entre a origem da viagem e as vias, rodovias, calçadas e infraestrutura cicloviária, ignorando o propósito da viagem (VENTER, 2016).

Já o 'uso do solo' pode ser categorizado de acordo com as características da configuração urbana local e do espaço urbano construído. Vários fatores atrelados ao uso do solo afetam a acessibilidade, como a densidade, o uso misto, a conectividade e a caminhabilidade (LITMAN, 2018). A densidade se refere à quantidade de pessoas (ou empregos) por área. O uso misto compreende diversos tipos de uso distintos (residencial, comercial, educacional, etc.) no mesmo local. O aumento da densidade e uso misto de uma região conseqüentemente beneficiam a acessibilidade por facilitar o acesso da população às atividades desejadas. Uma rede viária com alto nível de conectividade também melhora a acessibilidade por ser constituídas de quadras menores, induzindo rotas de pedestres e ciclistas (modos ativos).

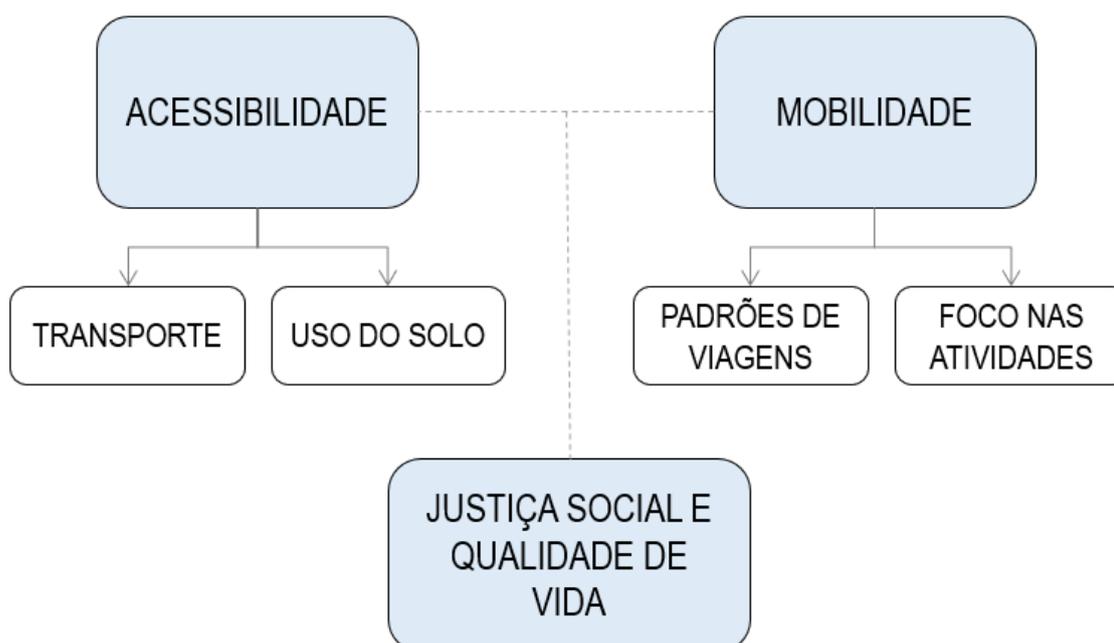
Um planejamento urbano baseado nas definições, conceitos e perspectivas da acessibilidade significa a integração e compatibilização entre os transportes e o uso do solo. Dessa forma, é possível desenvolver modelos capazes de prever como as

decisões baseadas nos transportes afetam os padrões do uso do solo e como as decisões baseadas no uso do solo afetam a acessibilidade (LITMAN, 2018). O investimento em intervenções capazes de modificar a distribuição espacial das atividades, como os planos diretores e leis de uso e ocupação do solo, e a acessibilidade são mais eficientes para identificar áreas com desigualdades socioespaciais (GOTO, 2000).

2.3 ACESSIBILIDADE E MOBILIDADE

A acessibilidade foi conceituada por diversos estudiosos ao longo do tempo e é frequentemente confundida com a definição de mobilidade. A grande diferença entre ambas é que mobilidade foca nos deslocamentos das pessoas e acessibilidade se preocupa sobre o quão fácil é para as pessoas atingirem determinados lugares (YAN, 2018). Assim, como esquematizado na Figura 2, a mobilidade trata das atividades e dos padrões de viagens da população, enquanto que a acessibilidade foca no transporte e uso do solo em conjunto. Ambos, todavia, visam a justiça social e qualidade de vida.

Figura 2 - Caracterização da acessibilidade e mobilidade



Fonte: A Autora (2018)

Garcia *et al.* (2018) propuseram uma avaliação dos problemas de um sistema de mobilidade urbana em funcionamento a nível estratégico através do reconhecimento e análise das relações causais entre os problemas de mobilidade e acessibilidade. Isso implica em investigar aspectos relacionados às características do sistema de transportes e do uso do solo de uma região e relacioná-las a segmentos da população local a fim de determinar os níveis de acessibilidade. A partir disso, adicionado aos efeitos na mobilidade urbana, é possível avaliar os impactos nas dimensões econômicas e ambientais do sistema urbano.

Os conceitos de mobilidade e acessibilidade convergem para a concepção de que uma boa mobilidade e acessibilidade asseguram uma melhor qualidade de vida e acesso a melhores oportunidades econômicas. Assim como os problemas de mobilidade urbana mais relevantes de uma região estão vinculados ao nível de acessibilidade local, devido à complexidade das consequências causadas, por exemplo, pelo crescimento populacional.

Quando combinado com os princípios da sustentabilidade e equidade, possibilita o desenvolvimento de políticas públicas que oferecem não somente bons níveis de acessibilidade por modos de transporte mais sustentáveis, mas também a diminuição dos efeitos sociais e espaciais da distribuição de acessibilidade e a melhoria da eficiência do sistema de maneira geral (GARCIA *et al.*, 2018).

2.4 ESCALAS ESPACIAIS DA ACESSIBILIDADE

De acordo com Rodrigue (2018), a noção de acessibilidade depende, conseqüentemente, de dois fatores fundamentais:

- O primeiro é a **localização** onde a relatividade do espaço é estimada em relação às infraestruturas de transporte existentes, uma vez que oferecem o meio para auxiliar os movimentos. Cada local possui um conjunto de atributos referenciais, como sua população ou nível de atividade econômica. Além disso, importante afirmar que o território muda ao longo do tempo, com a diversidade de usos, e esse fator pode ser alterado;

- O segundo é a **distância**, que deriva da separação física entre locais. A distância só pode existir quando existe a possibilidade de ligar dois locais através do transporte. A localização mais acessível provavelmente é aquela que tem menos atrito relativo em relação às demais. Comumente, o atrito da distância é expresso em unidades como em quilômetros ou em unidades de tempo, mas variáveis como custo ou gasto de energia também podem ser usadas.

Por último, a acessibilidade é um bom indicador da capacidade de suporte da infraestrutura existente de uma cidade, uma vez que leva em consideração a localização, assim como a desigualdade conferida pela distância a outros locais.

Sendo a localização e a distância conceitos fundamentais relativos à acessibilidade, torna-se indispensável a caracterização dessas instâncias e a descrição da disponibilidade de espaços de circulação para o Planejamento Urbano, devido ao fato de a escala espacial ser uma forma básica de medir a acessibilidade. Além disso, como a acessibilidade analisa em conjunto os transportes e o uso do solo, há uma tendência em adotar abordagens que se diferenciam de acordo com a extensão geográfica apresentada.

Um aspecto fundamental dessa concepção é o de estabelecer o uso do solo e uma rede de transportes com capacidade de prover acessibilidade em todas as escalas comprometidos com a mobilidade sustentável (CURTIS, 2008; BIGOTTE *et al.*, 2010).

Silveira e Castro (2014) afirmam que a acessibilidade compreende três escalas espaciais que estão interligadas entre si: a macroacessibilidade, que engloba o atravessamento de toda a cidade; a mesoacessibilidade, uma escala intermediária que pode compreender a ligação entre bairros ou setores da cidade; e a microacessibilidade, que liga pontos locais da cidade diretamente. As características espaciais da acessibilidade estão resumidas na Tabela 2.

A macroacessibilidade abrange toda a cidade ou região metropolitana e tem como princípio a equidade, facilitando o acesso de toda a população a todas as áreas ao longo do território da cidade. Sendo assim, o modo de transporte pelo qual tem

maior foco é a rede e o sistema de transporte público e a integração intermodal. Esse é um dos grandes problemas das cidades brasileiras, por não possuírem uma rede de transporte público de maior capacidade em operação ou, se existente, apresentam péssima qualidade de infraestrutura e/ou gestão.

Tabela 2 - Características das escalas espaciais da acessibilidade

| CARACTERÍSTICAS | ESCALA ESPACIAL | | |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | MICRO | MESO | MACRO |
| MODOS DE TRANSPORTE | A pé, bicicleta | Modos motorizados e não-motorizados | Redes de transporte público (integração multimodal) |
| ABRANGÊNCIA | Sensível ao ambiente construído | Bairro, região administrativa, município periférico | Toda a cidade ou Região Metropolitana |
| PRINCÍPIOS | DOTS: densidade, diversidade de uso do solo, desenho urbano, disponibilidade de transporte público e destinos acessíveis. | | Promover maior facilidade de acesso aos destinos ao longo do território. Princípio de equidade. |
| INDICADORES | Medir a concepção do ambiente construído em estimular o transporte não motorizado. | Medir a qualidade e quantidade ofertada de transporte público de menor capacidade e de atividades para atender necessidades locais. | Medir a equidade proporcionada pela disponibilidade de infraestrutura de transporte público de maior capacidade e de atividades distribuídas no território. |
| PROBLEMAS ENCONTRADOS NAS CIDADES BRASILEIRAS | Ambiente construído não estruturado, com ocupação desordenada e não conectado aos pontos de embarque e desembarque do transporte público | Desigualdade espacial composta por localidades com infraestrutura e oportunidades escassos (por geralmente estarem em locais centrais e onde habita a população com maior faixa de renda da localidade) | Falta de uma rede de transporte público de maior capacidade e operada em via segregada que cubra todo o território e integre os modos de menor capacidade. |
| ESTRATÉGIAS COM FOCO NA MOBILIDADE SUSTENTÁVEL | <ul style="list-style-type: none"> • Ambiente construído orientado a modos sustentáveis; • Tecnologia nos veículos, gerência e informações. | <ul style="list-style-type: none"> • Malha viária orientada aos usuários mais vulneráveis e produtivos socialmente. • oferta local de transporte e atividades qualificados e suficientes. | <ul style="list-style-type: none"> • Reorganização das centralidades; • rede estruturante de transporte público |

Fonte: Kneib; Portugal e Mello (2017)

No caso da microacessibilidade e a mesoacessibilidade, a correta delimitação é muito importante ao planejamento e deve estar alinhada com as proposições desenvolvidas no Plano Diretor do município. Ambas têm como princípios as

premissas representadas pelo DOTS, sendo a diferença entre elas que a microacessibilidade possui maior enfoque nas questões do ambiente construído, medindo a sua concepção e abrangendo os modos a pé e bicicleta. Já a mesoacessibilidade é uma escala espacial intermediária, que tem como principais particularidades o foco na malha viária orientada aos usuários mais vulneráveis, abrange bairros e regiões administrativas de uma cidade e os modos de transporte compreendidos são os motorizados e não motorizados.

Kneib e Portugal e Mello ainda afirmam que:

Um novo paradigma de planejamento requer uma análise mais abrangente da acessibilidade, inclusive espacial, que contemple o território urbano em sua plenitude, de forma integrada. No sentido de estabelecer as estratégias direcionadas à acessibilidade em busca de uma determinada mobilidade, deve-se contemplar outros níveis da escala espacial, além da global ou macro, destacando-se a necessidade de uma abordagem multiescalar. (KNEIB; PORTUGAL e MELLO, 2017).

E a articulação entre todas as escalas é muito importante para diminuir as desigualdades e promover a qualidade de vida e justiça social.

2.5 CÁLCULO DA ACESSIBILIDADE

O planejamento dos transportes é um processo político inerente, devido à sua habilidade de impactar distintos grupos de pessoas de diversas formas. A participação na sociedade é altamente dependente da capacidade de acessar oportunidades (PRESTON; RAJE, 2007), e, ainda, vários grupos de pessoas têm diferentes dependências e níveis variados de mobilidade individual – proprietários de veículos, por exemplo, têm maior flexibilidade e mobilidade para viajar por possuir meios de transporte pessoais. A habilidade em ser móvel e ainda acessar uma ampla variedade de locais pode influenciar a qualidade de vida, concebendo acesso a comunidades com ideias afins ou permitindo o envolvimento com atividades socioeconômicas. Essa mobilidade, e, portanto, a acessibilidade a oportunidades, pode ser concedida através da provisão de transporte público. Assim, o planejamento do transporte público,

devido à sua capacidade de reduzir a exclusão social e proporcionar benefícios sociais, torna-se uma questão de sustentabilidade e justiça social (YAN, 2018).

A demanda por transporte público é frequentemente mais alta entre a demografia vulnerável. A demanda de passageiros está frequentemente concentrada em áreas de “alta densidade e baixa renda”. Além disso, outras demografias vulneráveis, como mulheres, idosos, desempregados e pessoas com deficiência, são mais propensas a sofrer exclusão relacionada ao transporte. Isso cria uma lacuna nas oportunidades e benefícios relacionados aos transportes entre os privilegiados e socialmente desfavorecidos. Assim, é papel do poder público proporcionar acesso àqueles que mais precisam, a fim de reduzir o “custo social” da provisão de transporte público pobre e promover o chamado “planejamento de equidade” (GARRETT E TAYLOR, 1999).

A equidade, justiça social e qualidade de vida são importantes características conferidas aos locais que possuem alto nível de acessibilidade. Assim, a utilização de um índice que mensure a acessibilidade de uma localidade se torna um excelente indicador para investigar aspectos relacionados às características dos transportes e uso do solo associados à população em questão e determinar os níveis de acessibilidade previstos, assim como os efeitos que esses níveis de acessibilidade podem causar na mobilidade e, conseqüentemente, os efeitos que o uso do solo e transportes podem ter nas dimensões socioeconômicas e ambientais do sistema urbano.

2.5.1 Índice e Indicador

Os conceitos de índice e indicador são constantemente confundidos por muitos pesquisadores. O indicador permite a obtenção de informações sobre uma dada realidade, cujo dado pode ser individual ou um agregado de informações, devendo ser simples de entender, ter uma quantificação estatística e lógica coerente e comunicar eficientemente o estado do fenômeno observado (MITCHELL, 1996; MUELLER, TORRES e MORAIS, 1997). Já o conceito de índice é definido por Siche et al. (2007),

como “o valor agregado final de todo um procedimento de cálculo onde se utilizam, inclusive, indicadores como variáveis que o compõem”.

Dessa forma, por representar um cálculo fundamentado de maior complexidade e analisar diversos elementos distintos estabelecendo relações entre si para revelar o estado de um fenômeno, a mensuração da acessibilidade de um local é denominada índice de acessibilidade.

2.5.2 Evolução dos Índices de Acessibilidade

Ao longo do tempo, o planejamento urbano tem passado por várias evoluções e mudanças de paradigma conceituais, morais e metodológicos, resultando na proposta de diferentes abordagens de planejamento que realçam a importância de associar novos valores e princípios, como mobilidade, acessibilidade, sustentabilidade e equidade (GARCIA *et al.*, 2018).

Essas novas abordagens têm como um de seus objetivos trazer novas formas de avaliação dos sistemas de transportes no tocante aos usuários, modos de transporte, uso do solo, problemas e soluções de transporte e os tipos de indicadores usados (MEYER e SCHUMAN, 2002). É importante estudar esses tipos de perspectivas porque a forma de avaliação de algum fator (o que é avaliado, como é avaliado e como os dados são apresentados) pode afetar o diagnóstico dos problemas e a seleção das soluções. As três principais perspectivas, de acordo com Litman (2018), estão representadas na Tabela 3, e são constituídas por tráfego, mobilidade e acessibilidade.

A perspectiva do tráfego se refere, prioritariamente, à circulação de veículos motorizados individuais. Ele assume que a resolução ideal para melhorar a qualidade do sistema de transporte é através do aumento de infraestrutura viária e da velocidade. No contexto da urbanização e do uso do solo, essa perspectiva favorece o espraiamento urbano, ou seja, a tendência à ocupação de zonas periféricas. Considera, também, que a melhor localização de seus destinos (uso do solo) é em vias principais, propiciando, assim, uma baixa densidade. Os indicadores dessa

perspectiva se relacionam à medição de volumes e velocidade média de tráfego, nível de serviço oferta de estacionamento, dentre outros.

Tabela 3 - Comparação entre perspectivas avaliadoras do sistema de transportes

| | TRÁFEGO | MOBILIDADE | ACESSIBILIDADE |
|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Definição | Viagens veiculares | Movimentação de pessoas ou bens | Capacidade de alcançar bens, serviços, atividades e oportunidades |
| Usuários/Modos de Transporte | Motorizado Individual | Individual e coletivo | Todos os modos, inclusive possíveis substitutos da mobilidade, como <i>homeoffice</i> |
| Uso do Solo | <ul style="list-style-type: none"> • Baixa densidade • Incentivo ao crescimento periférico (franja urbana) | Privilegia alguns agrupamentos de uso do solo (polos) para atendimento do transporte público | Incentiva o uso do solo misto, espreado e a conectividade |
| Problemas e soluções de transporte | <ul style="list-style-type: none"> • Custos, barreiras e riscos aos usuários de veículo motorizado individual • Favorece soluções que incentivam o aumento da capacidade viária e da oferta de estacionamento, o aumento da velocidade viária, a aquisição de veículo particular | <ul style="list-style-type: none"> • Os problemas são definidos em termos de restrições ao movimento • Favorece soluções que aumentem a capacidade e velocidade do sistema viário, incluindo melhorias nos estacionamentos e conexões intermodais | Além dos problemas e soluções do tráfego e da mobilidade, a acessibilidade acrescenta o fator da dificuldade de alcançar seus destinos (problema) e um uso do solo mais acessível (solução). |
| Indicadores | Volumes de tráfego, velocidade média de tráfego, nível de serviço, atrasos, oferta de estacionamento, custos de operação e taxas de acidentes de trânsito. | Pessoas/km, toneladas/km, velocidade de tráfego, performance do sistema de transporte multimodal | Custo generalizado (tempo, custo financeiro, desconforto e risco) requerido para alcançar oportunidades |

Fonte: adaptado de Litman (2018)

A mobilidade é uma perspectiva que leva em consideração não apenas o modo motorizado individual, mas também o transporte público coletivo. Há uma mudança nas características do uso do solo nessa concepção, pois há uma tendência à formação de polos com o mesmo tipo de uso em determinadas regiões. Esse aspecto estimula, de maneira razoavelmente incentivada, o uso do transporte público coletivo para acessar o serviço desejado pelo usuário. Os indicadores dessa perspectiva medem as relações pessoa/quilômetro e toneladas/quilômetro e, de maneira mais superficial, a performance do sistema de transporte multimodal.

A acessibilidade assume um papel diferente, dentre as perspectivas estudadas, de que há diversas formas de melhorar o sistema de transporte. Da perspectiva do uso do solo, a acessibilidade apropria-se dessa abordagem de maneira muito mais relevante que as demais. As possíveis soluções propostas nesse tipo de perspectiva abrange a melhor distribuição dos destinos, uso misto, conectividade do sistema de transportes e condições da caminhabilidade.

É sabido que a acessibilidade é um dos caminhos para alcançar a mobilidade sustentável (KNEIB e PORTUGAL, 2017) e que o desenvolvimento sustentável propõe atender as necessidades das gerações presentes sem comprometer as gerações futuras (SILVA e SOUZA, 2017). Aumenta-se dessa forma, cada vez mais, a ênfase no estudo da acessibilidade de forma a contemplar todos os conceitos recentes com a finalidade de garantir a gestão participativa e a equidade social. Todos esses fatores devem estar incluídos no conceito de acessibilidade, englobando os fatores econômicos, sociais e ambientais.

Assim sendo, é indispensável a utilização de um índice de acessibilidade para realizar o diagnóstico de uma região, formular cenários e adotar a solução mais apropriada. Entender como a acessibilidade é percebida é crucial para a concepção e avaliação da performance do sistema de transportes (MARTÍNEZ e VIEGAS, 2013). Esse índice possibilita o desenvolvimento de políticas públicas que oferecem bons níveis de acessibilidade por modos de transporte mais sustentáveis e a diminuição dos efeitos sociais e espaciais da distribuição de acessibilidade e a melhoria da eficiência do sistema de maneira geral (GARCIA *et al.*, 2018).

Há na literatura inúmeros tipos e características de indicadores que variam de acordo com o objetivo e abordagem do estudo, que fornecem o comportamento dos indivíduos em relação à distribuição espacial das atividades, destinos de viagens e características do sistema de transportes. Para agregar informação em uma medida única, para facilitar o entendimento, esses indicadores podem agrupados a um índice de acessibilidade que permite:

resumir mensurações complexas, ajudando a simplificar questões e classificações, contudo podem resultar em conclusões demasiadamente simplistas, o que torna relevante nunca se perder de vista os indicadores que o originaram (GIRAO *et al*, 2017).

Os princípios da acessibilidade podem ser mensurados por meio de Indicadores que envolvem dois tipos de ferramentas: cálculos matemáticos e o Sistema de Informação Geográfica (SIG). Existem duas abordagens comumente utilizadas, apontadas por Rodrigue (2017), baseadas nas categorias espaciais para medir a acessibilidade de um local: (i) a **acessibilidade topológica** está relacionada à mensuração da acessibilidade em um sistema de nós e tramos (uma rede de transporte). Assume-se que a acessibilidade é um atributo mensurável significativo apenas para elementos específicos de um sistema de transporte, como terminais (aeroportos, portos ou estações de metrô); e (ii) a **acessibilidade isocrônica** envolve a medição da acessibilidade em uma superfície. Sob tais condições, a acessibilidade é uma medida cumulativa dos atributos de cada localidade em uma distância predefinida, conforme o espaço é considerado de maneira contígua.

As medidas de acessibilidade existentes possuem diversas formulações, mas todas têm fundamentalmente o mesmo significado e suas variações diferem de acordo com as necessidades específicas de cada caso (HENRIQUE, 2004). Kneib *et al.* (2017), classifica as formulações em dois tipos: indicadores de separação espacial (Tabela 4) e do tipo gravitacional (Tabela 5). Os indicadores de separação espacial estão relacionados aos transportes enquanto que os gravitacionais associam transportes e uso do solo.

Tabela 4 - Principais Índices de Acessibilidade do tipo separação espacial

| ÍNDICES DE ACESSIBILIDADE DO TIPO SEPARAÇÃO ESPACIAL | FONTE |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| $A_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n dij$ $i=1,2,\dots,n$ <p>A_i: acessibilidade do nó dij: custo de viagem do nó i ao nó j</p> | SHIMBEL (1953), |
| $A_i = \sum_{j=1}^n a_{ij}$ $a_{ij} = f(C_{ij})$ <p>A_i: acessibilidade integral da i-ésima zona a_{ij}: acessibilidade relativa da zona i em relação a zona j $f(C_{ij})$: função que representa o efeito da impedância no custo da viagem C_{ij}: custo da viagem entre a zona i e zona j</p> $E = \frac{1}{n \sum_{i=1}^n A_i}$ $a_{ij} = f(C_{ij})$ <p>E: acessibilidade global A_i: acessibilidade relativa da zona i n: número de zonas</p> | INGRAM (1971) |
| $A'_i = \frac{1}{n-1} \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n T_{ij}$ $E = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n A'_i = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n T_{ij}$ <p>A'_i: acessibilidade integral normalizada; T_{ij}: tempo médio entre os locais i e j n: número de locais E: indicador de acessibilidade local</p> | ALLEN <i>et al.</i> (1993) |
| $I_i = \frac{\sum_j C_{ij} V_{ij}}{\sum_j V_{ij}}$ <p>I_i: inacessibilidade da zona i V_{ij}: número de viagens da zona i para a zona j C_{ij}: representa o custo ou tempo da viagem entre a zona i a zona j</p> | DOTE (1976) e SAVIGERA (1967) <i>apud</i> JONES (1981) |
| $A_i = \frac{\sum_i \sqrt{F_{m,i}^2}}{\sqrt{S_i}}$ <p>A_i: acessibilidade da zona i $F_{m,i}^2$: frequência do sistema de transportes m que serve a zona i através da rota z, no horário entre-picos S_i: área da região i, dada em quilômetros quadrados</p> | BRUTON (1979) |

Fonte: adaptado de Henrique (2004)

Uma das primeiras formulações propostas para o cálculo do Índice de Acessibilidade, considerava o custo de viagem entre dois nós (SHIMBEL, 1953). Com estudos desenvolvidos ao longo do tempo, foi verificado que esse componente não

era suficiente, normalmente medido pelo número de tramos ou pela mínima distância entre os nós. Assim, o cálculo foi generalizado e substituído por uma função de impedância que considerava a acessibilidade entre zonas (ao contrário de tramos), ou seja, avaliavam também a importância oferecida pela região analisada. Porém, esse tipo de indicador (separação espacial) não era suficiente para calcular a acessibilidade, pois levava em consideração apenas a distância física da infraestrutura e o nível de serviço oferecido dentro da zona.

Dessa forma, o modelo gravitacional, desenvolvido inicialmente por Hansen, assumia a “acessibilidade como potencial de oportunidades de interação espacial” (KNEIB *et al.*, 2017). Esse tipo de índice, baseado nos tempos de viagem e na atratividade das zonas, permite “analisar a adequação da estrutura do sistema à distribuição espacial de usos do solo, em termos de acessibilidade fornecida ao usuário” (HENRIQUE, 2004). As fórmulas estão indicadas na Tabela 5. Nesse tipo de medida de acessibilidade, a atratividade da zona é sempre considerada, assim como a impedância que varia como custo ou tempo de viagem.

É importante frisar que todas essas formulações estão intimamente relacionadas à medida da macroacessibilidade, escala espacial que possui o enfoque neste estudo. Kneib *et al.* colocam que:

A avaliação da acessibilidade deve procurar responder algumas questões-chave. Dentre elas: o grau e tipo de desagregação que deseja; origens e destinos a serem considerados; a forma pela qual se estabelece a atração na acessibilidade; a maneira como se estabelece a impedância no sistema de transporte. (WILSON, 1971 *apud* KNEIB *et al.*, 2017).

Por fim, a escolha do índice de acessibilidade depende de muitas variáveis, dentre elas: as especificidades do local a ser analisado, a quantidade e qualidade dos dados coletados e o software que será utilizado para tratar os dados e realizar os procedimentos de cálculo.

Tabela 5 - Principais Índices de Acessibilidade do tipo gravitacional

| ÍNDICES DE ACESSIBILIDADE GRAVITACIONAIS | FONTE |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| $A_i = \sum_j \frac{W_j}{d_{ij}^\alpha}$ <p> A_i: acessibilidade da zona i W_j: número de oportunidades da zona j para um determinado motivo d_{ij}: distância entre as zonas i e j α: constante </p> | HANSEN (1959) |
| $A_i = \sum_j S_j f(c_{ij})$ <p> A_i: acessibilidade da zona i S_j: medida da atratividade na zona j c_{ij}: medida do custo de interação entre as zonas i e j $f(c_{ij})$: medida da impedância de viagem entre i e j </p> | HANSEN (1959), apud RAIA JÚNIOR (2000) e DAVIDSON (1977) |
| $A_i = \sum_j P_{ij} C_{ij}$ $P_{ij} = \frac{\frac{W_j}{C_{ij}}}{\sum_j \frac{W_j}{C_{ij}}}$ <p> A_i: acessibilidade da zona i P_{ij}: probabilidade de que a viagem entre as zonas i e j ocorra C_{ij}: custo da viagem entre as zonas i e j W_j: quantitativo de empregos da zona j </p> | ZACARIA (1974) |
| $A_i = \frac{\sum_{j=1}^n W_j f(C_{ij})}{\sum_{j=1}^n W_j}$ <p> A_i: acessibilidade da zona i W_j: medida da atratividade na zona j $f(C_{ij}) = e^{-\beta T_{ij}}$, com $\beta = 0,11$ C_{ij}: tempo de viagem entre as zonas i e j n: número de zonas </p> | SANCHES (1996) |
| $A_i = \frac{\sum_j S_j f(t_{ij}) e^{\gamma M_i}}{\sum_j S_j}$ $M_k^i = \frac{F_i^k}{\sum_i F_i^k}$ <p> A_i: medida de acessibilidade da zona i S_j: tamanho da atividade na zona j $f(t_{ij})$: função impedância γ: coeficiente de mobilidade M_i: nível de mobilidade da zona i M_k^i: mobilidade normalizada para o parâmetro k para a zona i F_i^k: frequência de ocorrência do parâmetro k na zona i </p> | TAGORE e SKIDAR (1995) |

Fonte: adaptado de Henrique (2004) e Kneib *et al.* (2017)

3 POLOS GERADORES DE VIAGENS

Grandes empreendimentos irromperam no Brasil principalmente a partir da década de 1980. “A estrutura espacial urbana sofre uma grande transformação – de monocêntrica para policêntrica, passando de um centro para uma rede composta por centro e subcentros – encetando uma nova abordagem relativa ao espaço urbano” (KNEIB; SILVA E PORTUGAL; 2010). Nesta conjuntura, os grandes empreendimentos urbanos, um dos principais responsáveis pela geração e atração de viagens na cidade gerando “impactos não só nos sistemas viários e de transportes, como no uso do solo e na própria qualidade de vida na área adjacente” (KNEIB; PORTUGAL E MELLO, 2017), começam a entrar em operação e despertam a necessidade de estudar, avaliar e mitigar os impactos causados no meio urbano.

Assim, este capítulo aborda a evolução das denominações destes grandes empreendimentos urbanos, que progrediram de acordo com a preocupação da época referente aos seus impactos. Apresenta, também, sua classificação e finaliza discutindo os impactos negativos e sua mitigação.

3.1 CONCEITOS E CLASSIFICAÇÕES

Originalmente denominados Polos Geradores de Tráfego (PGT), empreendimentos responsáveis por atrair alta movimentação de pessoas foram conceituados por diversos órgãos e entidades ao longo dos anos, inicialmente nos Estados Unidos e depois na Europa. Com o desenvolvimento de importantes conceitos de mobilidade, a denominação evoluiu, abrangendo uma concepção mais ampla que a inicial, que sugeria que apenas os veículos motorizados individuais denotavam consequências negativas com a ampliação na geração e atração de viagens causada pela implantação de um empreendimento de impacto. Segundo Esch e Balassiano:

A partir da década de 1980, iniciou-se no Brasil o desenvolvimento de estudos sobre grandes empreendimentos que, por sua existência e/ou implementação, concentravam um grande contingente de atividades e geravam alguns impactos em seu entorno espacial, devido ao grande volume

de viagens individuais motorizadas que estimulavam. (ESCH; BALASSIANO, 2015).

O primeiro conceito nacional sobre o tema foi publicado em 1983 pela Companhia de Engenharia de Tráfego (CET) de São Paulo, em seu Boletim Técnico nº. 32 (CET, 1983). Baseada no Decreto Municipal nº. 15.980/1979 (SÃO PAULO, 1979), segundo Almeida (2012), esta publicação introduziu a denominação Polo Gerador de Tráfego (PGT) e foi replicada por diversos outros estudos. O conceito de PGT tinha como principal enfoque os impactos causados no tráfego pelo transporte motorizado individual. Esses estudos tiveram como pontos positivos a preocupação com a acessibilidade e a segurança, porém caracterizavam apenas o entorno imediato dos empreendimentos e o impacto exclusivamente no tráfego. Outro ponto negativo foi desconsiderar os impactos causados ao meio ambiente.

Além do conceito de PGT foram surgindo outros conceitos na época, publicados pela Prefeitura Municipal de São Paulo (SÃO PAULO, 1992) e pelo Código de Trânsito Brasileiro (CTB) (BRASIL, 1997), que instauraram os conceitos de Empreendimentos de Impacto Ambiental e Urbano e o Polo Atrativo de Trânsito. Embora trouxessem definições um pouco mais aprofundadas, consideravam basicamente os mesmos impactos da definição de PGT.

A partir de 2004 o foco foi redirecionado a outros modos de transporte, como o transporte público coletivo e o não-motorizado, priorizando a análise das viagens. Nesse escopo pode-se destacar os estudos de Kneib (2004), que introduziu os conceitos de Empreendimentos Geradores de Viagens e Centros Geradores de Viagens, e ressaltou a estreita relação entre os tais empreendimentos e as centralidades urbanas. Segundo Kneib, Silva e Portugal (2010), esta abordagem contribuiu “com a necessidade de destacar que a análise de tais polos deveria ser mais abrangente – englobando inclusive impactos na estrutura espacial das cidades – e não apenas focada no tráfego”. Afinal, os impactos diretos causados por esses empreendimentos geradores de viagens possuem uma amplitude que perpassam a influência nos sistemas viário e de transportes, unicamente (KNEIB, 2004).

Tabela 6 - Evolução dos conceitos de empreendimentos atratores de viagens

| DENOMINAÇÃO | CONCEITO | IMPACTOS CONSIDERADOS |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><u>POLO GERADOR DE TRÁFEGO</u></p> <p>(SÃO PAULO, 1979; CET, 1983; GRANDO, 1986; SILVEIRA, 1991; SÃO PAULO, 1992; DISTRITO FEDERAL, 1998; DENATRAN, 2001; PORTUGAL E GOLDNER, 2003; ANTP, 2004)</p> | Empreendimentos de grande porte que atraem ou produzem grande número de viagens. | Na circulação, em seu entorno imediato, focando no tráfego motorizado, no estacionamento e na segurança viária. |
| <p><u>EMPREENDIMENTO DE IMPACTO AMBIENTAL E URBANO</u></p> <p>(SÃO PAULO, 1992)</p> | Edificação permanentes que, pelo porte, possa interferir com a estrutura ambiental e urbana do entorno | |
| <p><u>POLO ATRATIVO DE TRÂNSITO</u></p> <p>(BRASIL, 1997)</p> | Enfatizam os estacionamentos e os impactos no tráfego das vias de acesso | |
| <p><u>EMPREENDIMENTOS GERADORES DE VIAGENS</u></p> <p>(KNEIB, 2004)</p> | Empreendimentos que causam tanto impactos no sistema viário e na circulação, em curto prazo, como também impactos na estrutura urbana, com destaque para o uso, ocupação e valorização do solo, a médio e longo prazo. | Contemplam a amplitude de seus impactos no ambiente urbano e identificam os impactos derivados que influem na acessibilidade, com destaque para alterações nos padrões de uso, ocupação e valorização do solo. |
| <p><u>CENTROS GERADORES DE VIAGENS</u></p> <p>(KNEIB, 2004)</p> | Atividades urbanas de grande porte, que atribuem características de centralidade à sua área de influência. | Impactam o ambiente urbano por meio de geração de viagens, podendo causar alterações significativas nos padrões de uso, ocupação e valorização do solo em sua área de influência imediata. |
| <p><u>POLOS GERADORES DE VIAGENS</u></p> <p>(PORTUGAL E GOLDNER, 2003; REDEPGV, 2005.</p> | PGV (Polos Geradores de viagens): equipamentos potenciais geradores de impactos nos sistemas viários e de transportes (congestionamentos, acidentes e naturais repercussões no ambiente) como também no desenvolvimento socioeconômico e na qualidade de vida da população. | Incluem viagens nos demais modos - em especial as não motorizadas e o transporte público - considerando ainda impactos no desenvolvimento socioeconômico e na qualidade de vida. |
| <p><u>TERRITÓRIO GERADOR DE VIAGENS</u></p> <p>(MEIRA, ANDRADE E MAIA, 2012)</p> | caracterizado por um conjunto de Polos Geradores de Viagens concentrados em um determinado território. | causam impacto no tráfego, no desenvolvimento econômico e na qualidade de vida da população. |

Fonte: adaptado de Gonçalves *et al* (2012)

Posteriormente, em 2005, a Rede Ibero Americana de Estudos de Polos Geradores de Viagens passou a denominar PGTs como Polos Geradores de Viagens (PGV). Araujo *et al.* (2011) afirmam que “em muitos países, os problemas causados pelo trânsito são enquadrados tanto na perspectiva do meio ambiente quanto na da saúde pública, tamanho é o seu impacto na qualidade de vida das pessoas”. Assim, em paralelo à mudança de perspectiva na evolução dos conceitos utilizados no planejamento de transportes e mobilidade urbana, os PGV passaram a considerar os impactos sobre o uso e a ocupação do solo e a análise sob a ótica do desenvolvimento socioeconômico e da qualidade de vida (GOLDNER *et al.*, 2010) e essa denominação foi consolidada por várias linhas de estudos nacionais (como visto na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

Mais recentemente surgiram outros conceitos acerca destes mesmos empreendimentos, como Territórios Geradores de Viagens (MEIRA, ANDRADE E MAIA, 2012), Polos Geradores de Viagens Sustentáveis e Polos Geradores de Desenvolvimento e Qualidade de Vida (GONÇALVES *et al.*, 2012). Porém, ainda estão em fase de desenvolvimento e consolidação na literatura. Desta forma, este estudo irá adotar o conceito de Polo Gerador de Viagens para identificar empreendimentos que geram e atraem numerosas viagens diariamente e podem causar impactos no desenvolvimento socioeconômico no local em que se inserem e na qualidade de vida da população.

Com o objetivo de identificar e mitigar possíveis impactos causados na cidade por PGV é de extrema importância a correta avaliação do empreendimento de acordo com suas características (DENATRAN, 2001). Beppler e Prim (2010) afirmam que os empreendimentos podem ser classificados de acordo com três fatores:

- Natureza/tipo de atividade;
- Porte/capacidade; e
- Prováveis impactos (de curto, médio e longo prazo).

No caso da natureza do empreendimento, ou tipo de atividade, a maioria dos estudos nacionais (CET, 1983; DENATRAN, 2001) faz uso, de maneira geral, de três tipos de uso do solo: residencial, comercial e serviços. Quanto ao porte/capacidade

do empreendimento, Gonçalves (2012) afirma que os dispositivos mais utilizados são a área construída do empreendimento, o número de vagas de estacionamento e o número de unidades, dentre outros.

O Boletim Técnico da CET (1983) classifica os empreendimentos em micropolos e macropolos, de acordo com o tamanho dos impactos possivelmente causados por eles. E o Denatran (2001) categoriza-os de acordo com a natureza (habitacionais, comunitários, comerciais e industriais) e a área construída (sendo de pequeno, médio e grande porte áreas correspondentes, respectivamente, a menor que 100 m², entre 100 m² e 400 m² e maior que 400 m²).

Cada município brasileiro faz uso de parâmetros próprios (MANICA, 2013) para o enquadramento e posterior tratamento dos PGV (DENATRAN, 2001). O Artigo 93 do Código de Trânsito Brasileiro (CTB) afirma que nenhum projeto de edificação que possa transformar-se em polo atrativo de trânsito poderá ser aprovado sem prévia anuência do órgão ou entidade com circunscrição sobre a via e sem que do projeto conste área para estacionamento e indicação das vias de acesso adequadas. A identificação destes empreendimentos como PGV varia muito conforme a localidade.

3.2 IMPACTOS E MITIGAÇÃO

O estudo dos impactos gerados por Polos Geradores de Viagens é primordial, pois esses grandes empreendimentos podem exercer impactos negativos não somente no sistema viário local, mas também em toda a estrutura urbana em que estão situados (KNEIB, 2004). “A biblioteca científica reconhece as potencialidades do PGV em gerar impactos positivos e negativos” (CUNHA et al, 2012). Quando bem planejados e implantados, os PGV podem desenvolver a região onde estão localizados, valorizando o solo, gerando empregos e proporcionando qualidade de vida aos moradores locais. Entretanto, os impactos negativos podem gerar sérias consequências e proporcionar prejuízos sociais, econômicos, ambientais, dentre muitos outros, na cidade como um todo (CASTRO, 2010).

Um dos principais objetivos da conceituação, identificação e classificação de grandes empreendimentos implantados nas cidades é mitigar os possíveis impactos provocados por eles. O Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV) e o Estudo de Impacto Ambiental (EIA), que serão vistos com mais detalhes no Capítulo 3, são importantes instrumentos que buscam prevenir e tratar esses impactos. Destarte, diversos estudos se dedicaram a pesquisar e distinguir esses impactos negativos e suas respectivas medidas mitigadoras. Cunha *et al* (2012) indica os tipos de procedimentos de análise necessários para uma correta avaliação de impactos de Polos Geradores de Viagens. As análises e considerações se dividem em níveis e horizontes, devido à complexidade dos impactos que podem ter horizontes temporais completamente distintos.

Tabela 7 - Análises e considerações de impactos de PGV

| ESCOPO TEMPORAL | HORIZONTE TEMPORAL | ABORDAGEM | APLICAÇÃO NAS CIDADES BRASILEIRAS |
|-----------------|--------------------|-------------|-----------------------------------|
| Curto prazo | 1 ano | Operacional | Projetos e Ações anuais |
| Médio prazo | 4 anos | Tática | Programas |
| Longo prazo | 10 anos | Estratégica | Planos Diretores |

Fonte: adaptado de Cunha *et al* (2012).

No longo prazo, são sintetizadas as análises que necessitam de uma abordagem estratégica e instrumentos jurídicos (por exemplo: leis, decretos etc.). Esse aspecto tem um horizonte temporal de aproximadamente dez anos e pode ser aplicado nas cidades brasileiras por meio de seus Planos Diretores. Outro escopo temporal fundamental é o de curto prazo, que corresponde a um horizonte temporal de cerca de um ano e demanda uma abordagem operacional. Devido ao seu nível de urgência e importância, deve ser aplicado “na fase de implantação e início da operação dos polos, independentemente da sanção legal” (CUNHA *et al*, 2012). Outra análise importante é a intermediária, de médio prazo, que deve ser incorporada por meio de uma abordagem tática.

Há inúmeros estudos que abordam os possíveis impactos negativos relacionados aos PGV e cada pesquisa classifica e agrupa os impactos de maneiras particulares. Foram adotadas as categorias de impactos organizadas por Portugal *et*

al. (2012), por apresentar os impactos com maior incidência na literatura e os que possuem maior notoriedade e importância (**Erro! Fonte de referência não encontrada.** e **Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Além disso, procurou-se acrescentar as possíveis medidas mitigadoras para cada impacto mencionado. Kneib (2004) classifica os impactos gerados por PGV em diretos e indiretos. Os Impactos Diretos (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**) são causados propriamente pelo PGV e possuem um escopo temporal de curto prazo. Já os demais, Impactos Indiretos (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**), são considerados de médio e longo prazo.

Tabela 8 - Impactos diretos gerados por PGV

| 1ª CATEGORIA – IMPACTOS NO TRÁFEGO E NA CIRCULAÇÃO | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Descrição | Medidas Mitigadoras |
| <ul style="list-style-type: none"> • Aumento do fluxo de veículos; • aumento no tempo de viagem; • congestionamento; • conflito no tráfego (acidentes de trânsito); • estacionamento; • má acessibilidade ao empreendimento • conflitos entre tráfegos de passagem e o que se destina ao empreendimento. | <p>Aumentar a capacidade viária:</p> <ul style="list-style-type: none"> • implantação de faixas de rolamento; • remoção de pontos críticos e “gargalos”; • construção de novas vias e vagas de estacionamento. <p>Otimizar a capacidade viária:</p> <ul style="list-style-type: none"> • sistema de controle semaforico: instalações de semáforos, reajustes dos tempos, sincronismo; • sistemas de informações aos usuários; • controle e restrição de estacionamentos e fiscalização à prática ilegal; • gerenciamento de incidentes. <p>Adequar transição entre os fluxos internos e externos ao PGV:</p> <ul style="list-style-type: none"> • adequados projetos e localização das entradas e saídas, faixas de acumulação, vias e dispositivos de acesso, estacionamento de veículos, carga/descarga, paradas de táxi e de ônibus. |

Fontes: adaptado de Gonçalves *et al*, 2012

A primeira categoria de impacto é relacionada ao tráfego e circulação. Com a evolução dos conceitos de Planejamento de Transportes e Polos Geradores de Viagens ressaltou-se a preliminar relevância dada às consequências geradas ao sistema viário por influência do empreendimento implantado. Os estudos que abordaram esse assunto referiram-se aos congestionamentos, aumento no número de acidentes e conflitos no tráfego em geral (tráfego de passagem e de acesso ao PGV). Ademais, o Denatran (2001) fez referência à acessibilidade ao empreendimento e a CET (1983) fez menção aos impactos no estacionamento.

As medidas mitigadoras para esse tipo de impacto envolvem o aumento e otimização da capacidade viária, aproveitando da melhor forma possível a

infraestrutura existente, e adequação da transição entre os fluxos internos e externos ao PGV (CUNHA *et al*, 2012). As ações típicas dessas medidas envolvem construir novas instalações ou ampliar as existentes, melhorar o aproveitamento da infraestrutura viária existente (em termos espaciais, temporais e de instalações) e fortalecer a infraestrutura administrativa.

A segunda categoria corresponde foram os impactos causados nos sistemas de transportes, que avaliou as sequelas causadas em outros modos de transporte e foram desagregados da primeira categoria “em função do percurso percorrido na evolução do conceito de PGV” (GONÇALVES *et al*, 2012). Os modos destacados nesse item são o transporte coletivo, o modo a pé e a bicicleta. A importância de decompor essa análise modal é fundamental para uma correta análise da situação e detalhamento eficiente de todos as possíveis consequências que podem ocorrer por modo. Em todos os modos é necessário o estudo de seu acesso ao PGV, análise da infraestrutura existente (se suporta o acréscimo na demanda ocasionado pela implantação do PGV) e possíveis conflitos entre eles (principalmente entre pedestres e ciclistas). Para diminuir, controlar e/ou até mesmo extinguir os possíveis efeitos negativos exercidos por PGV nos sistemas de transportes, é imprescindível a elaboração de um plano de circulação de forma a garantir a acessibilidade universal e adequação da infraestrutura existente.

Os impactos socioeconômicos, posicionados na terceira categoria, dissertam sobre a possível desvalorização (ou valorização) do solo na área de influência do empreendimento implantado, acarretando em impactos no mercado imobiliário e nos níveis de emprego dos moradores de uma comunidade. Além disso, caso aconteça aumento populacional na região, surge a demanda por serviços públicos e possíveis mudanças na paisagem urbana. Os impactos ambientais variam de acordo com o tipo e categoria do empreendimento a ser implantado. Por isso, é de vital importância, para caracterizar os impactos sociais, econômicos e ambientais, considerar o tipo, categoria e características do meio ambiente específico em que cada PGV está inserido, para que a análise seja realizada corretamente. Dentre as medidas mitigadoras apresentadas, a mais importante, porventura seja garantir o “desenvolvimento sustentável por ser aquele que produz recursos suficientes e

distribuídos de forma justa e equitativa, proporcionando qualidade de vida” (GONÇALVES *et al*, 2012).

Tabela 9 - Impactos indiretos gerados por PGV (continua...)

| 2ª CATEGORIA – SISTEMAS DE TRANSPORTES | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Descrição | Medidas Mitigadoras |
| <p>Modo a pé:</p> <ul style="list-style-type: none"> • nos acessos ao PGV; • conflito entre pedestres e o tráfego de passagem; • sobre as calçadas que atendem ao polo; • pontos de travessia de pedestre. | <ul style="list-style-type: none"> • Acessibilidade Universal; • plano de circulação; • readequação e/ou implantação da pista de rolamento, calçada e infraestrutura cicloviária; • implantação de obras de arte especiais; • manutenção da sinalização (horizontal, vertical e semafórica para todos os modos); • propostas de adequação do transporte coletivo, escolar e do serviço de táxi. |
| <p>Modo transporte coletivo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • sobre a demanda (adicional); • sobre as linhas que atendem ao PGV; • sobre os pontos de embarque e desembarque de passageiros. | |
| <p>Modo bicicleta:</p> <ul style="list-style-type: none"> • nos acessos ao PGV; • conflito entre ciclistas, pedestres e o tráfego de passagem; • sobre as vias cicláveis que atendem ao polo; • pontos de travessia de ciclistas; • locais para parada e guarda de bicicletas. | |
| 3ª CATEGORIA - IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS E SOCIOAMBIENTAIS | |
| Descrição | Medidas Mitigadoras |
| <p>Socioeconômicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • alterações demográficas; • desvalorização/valorização do solo; • impactos no mercado imobiliário; • demanda por serviços públicos; • alterações nos níveis de emprego e renda; • mudanças na paisagem urbana. <p>Socioambientais:</p> <ul style="list-style-type: none"> • alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, como alterações nos fluxos de vento, na forma que os raios solares atingem o meio urbano, gerando sombras; • impactos que afetam a saúde, segurança e bem-estar da população (mediante atividades humanas diretas ou indiretas), como poluição atmosférica e sonora e impactos nos patrimônios históricos; • condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; • qualidade dos recursos ambientais. | <ul style="list-style-type: none"> • Plantio de árvores; • cobrança financeira pelo impacto; • priorizar ônibus, pedestres e ciclistas; • reduzir os limites de velocidade para minimizar o ruído dos pneus do veículo em movimento; • reduzir e controlar os estacionamentos; • desenvolver estratégias de manutenção e gerenciamento de estradas; • garantir o desenvolvimento sustentável. |
| 4ª CATEGORIA - IMPACTOS SOBRE O USO E A OCUPAÇÃO DO SOLO | |
| Descrição | Medidas Mitigadoras |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> • alteração do uso, da densidade, da ocupação física do solo e do valor dos terrenos; • mudança na dinâmica imobiliária: aumento das transações com imóveis novos e usados; • transformações no padrão de uso do solo que, ao longo prazo, pode ocasionar perda da qualidade de circulação e consequências na acessibilidade. | <p>Planejar e organizar as atividades socioeconômicas orientadas ao desenvolvimento e a mobilidades sustentáveis:</p> <ul style="list-style-type: none"> • reescalonamento de horários, minimizando os picos; • planejamento e controle do uso do solo, incentivando uma distribuição mais racional das atividades e distâncias menores de viagens; • aplicação dos conceitos sugeridos pelo TOD (<i>Transit Oriented Development</i>). |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

5ª CATEGORIA - IMPACTOS NA ESTRUTURA ESPACIAL DAS CIDADES

| Descrição | Medidas Mitigadoras |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> • Formação de centralidades (que podem alterar toda a estrutura espacial da cidade). | <ul style="list-style-type: none"> • o processo de planejamento urbano deve considerar a possibilidade de que a implantação de tais empreendimentos inicie a conformação de uma nova centralidade; • elaborar técnicas de previsão e estimativas, especialmente para uma avaliação das alternativas de atuação pública. |

6ª CATEGORIA - IMPACTOS NA MOBILIDADE URBANA

| Descrição | Medidas Mitigadoras |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Considerar todos os impactos e elementos: da circulação, dos sistemas de transporte, os impactos socioeconômicos e socioambientais, sobre o uso e ocupação do solo, na estrutura espacial das cidades e sobre o desenvolvimento e a qualidade de vida.</p> | <p>Garantir:</p> <ul style="list-style-type: none"> • acesso amplo e democrático ao espaço urbano; • priorizar a intermodalidade; • eliminar/reduzir a segregação espacial; • contribuir para a inclusão social; • favorecer a sustentabilidade ambiental. |

Fontes: adaptado de Gonçalves *et al*, 2012

A quarta categoria apresentada refere-se aos efeitos sobre o uso e a ocupação do solo. Eles compreendem as possíveis alterações na dinâmica imobiliária local, modificando o valor dos terrenos e causando transformações no padrão de uso do solo, que podem afetar a acessibilidade local. Para evitar maiores prejuízos, todos os efeitos negativos devem ser previstos no Estudo de Impacto de Vizinhança. Algumas medidas mitigadoras importantes são o reescalonamento de horários para minimizar as consequências decorrentes dos horários de pico; o planejamento e controle do uso do solo para reduzir a concentração espacial da demanda e fornecer condições mais favoráveis ao uso dos transportes públicos e os não motorizados; e a aplicação de conceitos sugeridos pelo *Transit Oriented Development* (TOD) que designa fatores locais que influenciam os residentes a escolherem modos de transporte mais

sustentáveis, como o modo a pé e o transporte público coletivo. Esses fatores são: densidade, uso do solo misto, desenho urbano, distância ao transporte público e diversidade de atividades no entorno (CERVERO *et al*, 2009).

Os impactos causados na estrutura espacial das cidades representam uma abordagem mais recente que as demais. A preocupação com esse tópico em particular é direcionada pela questão do estudo das centralidades, desenvolvido por Kneib (2004, 2008, 2010). É importante destacar que os tipos de uso e atividades de PGV responsáveis por alterar a estrutura espacial das cidades são, principalmente, os institucionais (edificações públicas) e comerciais, seguidos pelo uso habitacional e saúde, respectivamente, devido ao alto número de viagens geradas (KNEIB, 2010). Para mitigar os possíveis impactos negativos, é necessário prever as possíveis centralidades que podem ser desenvolvidas após a implantação do PGV. A fase de identificação é primordial para planejar e estimar os efeitos gerados pelo novo empreendimento implantado e de definição de políticas de longo prazo (Plano Diretor, por exemplo).

A mobilidade urbana, da mesma forma que os conceitos de planejamento de transportes, teve suas formulações estabelecidas e evoluídas ao longo do tempo, assumindo, finalmente, uma concepção muito mais ampla. A mobilidade urbana é “o resultado de uma série de políticas que, direta ou indiretamente, afetam os deslocamentos das pessoas” (KNEIB *et al*, 2010). Conseqüentemente, avaliar os impactos no contexto da mobilidade urbana significa analisar em conjunto todos os impactos e elementos das outras categorias (no tráfego e na circulação, nos sistemas de transportes, nos impactos socioeconômicos e socioambientais, sobre o uso e a ocupação do solo, na estrutura espacial das cidades e no desenvolvimento e na qualidade de vida). Assim, as medidas recomendadas são o acesso amplo e democrático ao espaço urbano, eliminando/reduzindo a segregação espacial e contribuindo, conseqüentemente, para a inclusão social; a priorização da intermodalidade e o favorecimento da sustentabilidade ambiental.

4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Com a finalidade de analisar a aplicabilidade da metodologia proposta, foram utilizados os dados disponíveis para a cidade do Recife com o intuito de caracterizar os distintos índices de acessibilidade distribuídos espacialmente em diferentes tipos de uso.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DEMOGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO

A cidade do Recife, capital do estado de Pernambuco, está localizada na região Nordeste do Brasil e distribuída em uma área de aproximadamente 218,5 km². Faz limite com os municípios de Jaboatão dos Guararapes, São Lourenço da Mata, Camaragibe, Paulista e Olinda. Encontra-se em posição estratégica, a 800km de Salvador e Fortaleza, duas maiores metrópoles regionais com as quais disputa influência na Região Nordeste. De acordo com o censo demográfico, a população do Recife em 2010 era de 1.537.704 habitantes, todos residentes na zona urbana, sendo caracterizado como o terceiro município mais populoso da região Nordeste, concentrando 17,5% da população do estado de Pernambuco e apresentando densidade populacional de 7.037,55 hab./km². Já em 2018, a população estimada do município é de 1.637.834 habitantes e a densidade demográfica 7.039,64hab/km² (IBGE, 2017).

Os dados socioeconômicos do Recife estão apresentados na Tabela 10. Com um Produto Interno Bruto per capita de R\$30.477,73 (em 2016), o município está em 1º lugar no ranking do estado de Pernambuco e em 14º do Brasil. Outro importante dado corresponde ao Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), o Recife tem o 2º melhor IDH do estado, atrás apenas da Ilha de Fernando de Noronha. Porém, no ranking brasileiro, o município se encontra na 216ª posição. Com relação à frota veicular, a cidade contabilizou 661.879 veículos em 2016, um aumento de cerca de 33,64% comparando com o ano 2010 (*ibid*).

Tabela 10 - Dados socioeconômicos do Recife

| | |
|---------------------------------------------------|-----------------------------|
| Produto Interno Bruto per capita (2016) | R\$30.477,73 |
| Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (2010) | 0,772 |
| População (2018) | 1.637.834 hab |
| Densidade demográfica | 7.039,64hab/km ² |
| Área da unidade territorial | 218,5 km ² |
| Frota veicular (2016) | 661.879 |

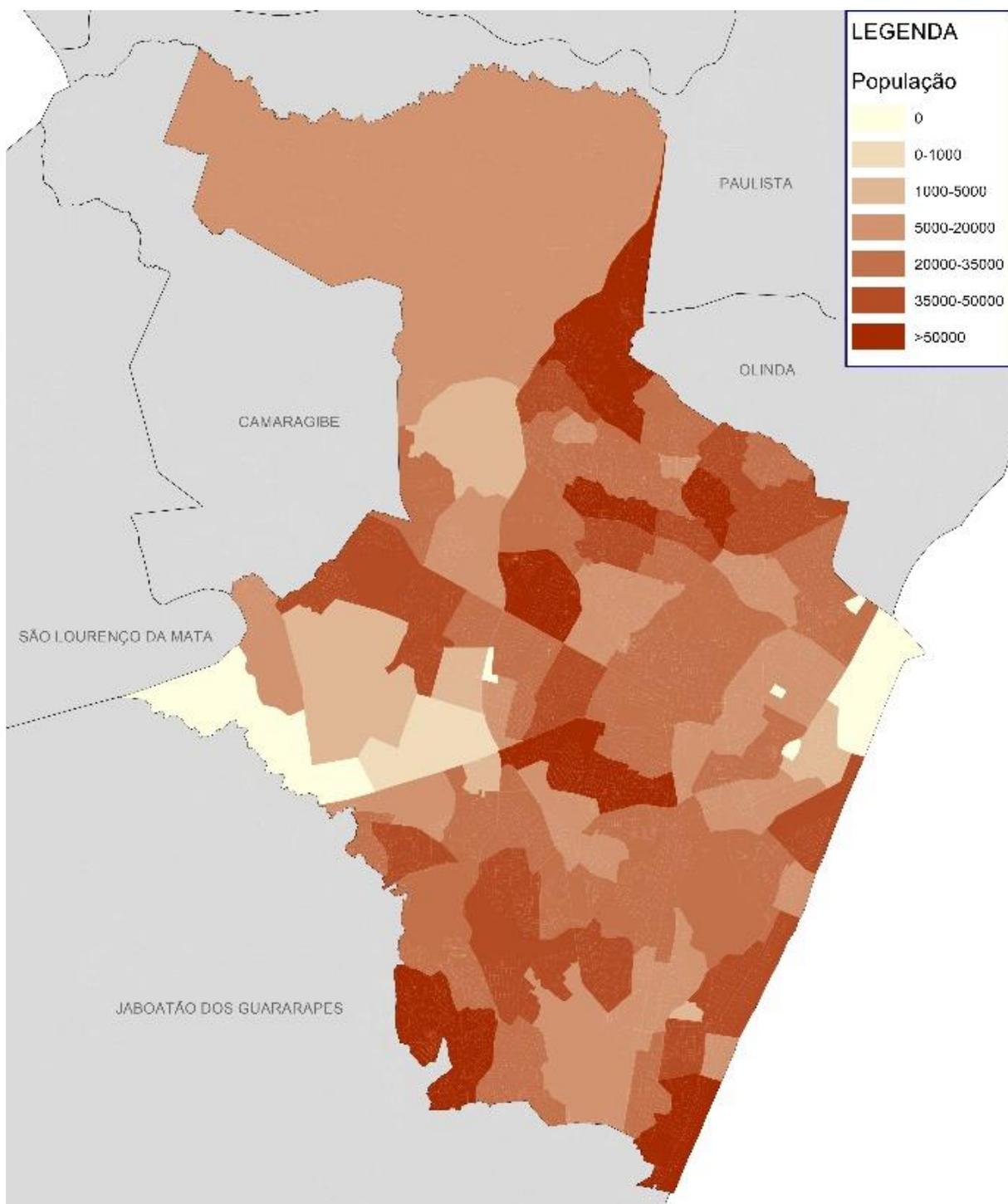
Fonte: IBGE, 2017

Uma importante análise que precisa ser realizada para que os objetivos deste trabalho sejam alcançados é referente à população municipal e sua densidade demográfica. A Figura 3 apresenta a distribuição populacional do Recife e a Figura 4 a distribuição da densidade demográfica, ambos segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) referentes aos dados dos setores censitários de 2010. Para facilitar a compreensão e compatibilizar todos os mapas apresentados, a fim de comparação, os dados foram apresentados fragmentados em zonas de tráfego (ver seção 0).

Os mapas indicam que a densidade populacional da zona norte do Recife, localizada nas proximidades da fronteira entre os municípios de Olinda e Paulista, é a mais alta da cidade. Essa região, caracterizada por áreas de morro, aglutina cerca de 40% dos habitantes recifenses e, por ser uma área de difícil acesso, com altas declividades e ocupação desordenada, tem a acessibilidade prejudicada. A zona central da cidade, nas proximidades do litoral, possui baixa densidade populacional. Essa região é caracterizada por concentrar grande parte das oportunidades de emprego do Recife, configurando uma centralidade geradora de empregos, e é responsável por atrair alto número de viagens locais e de fora do município.

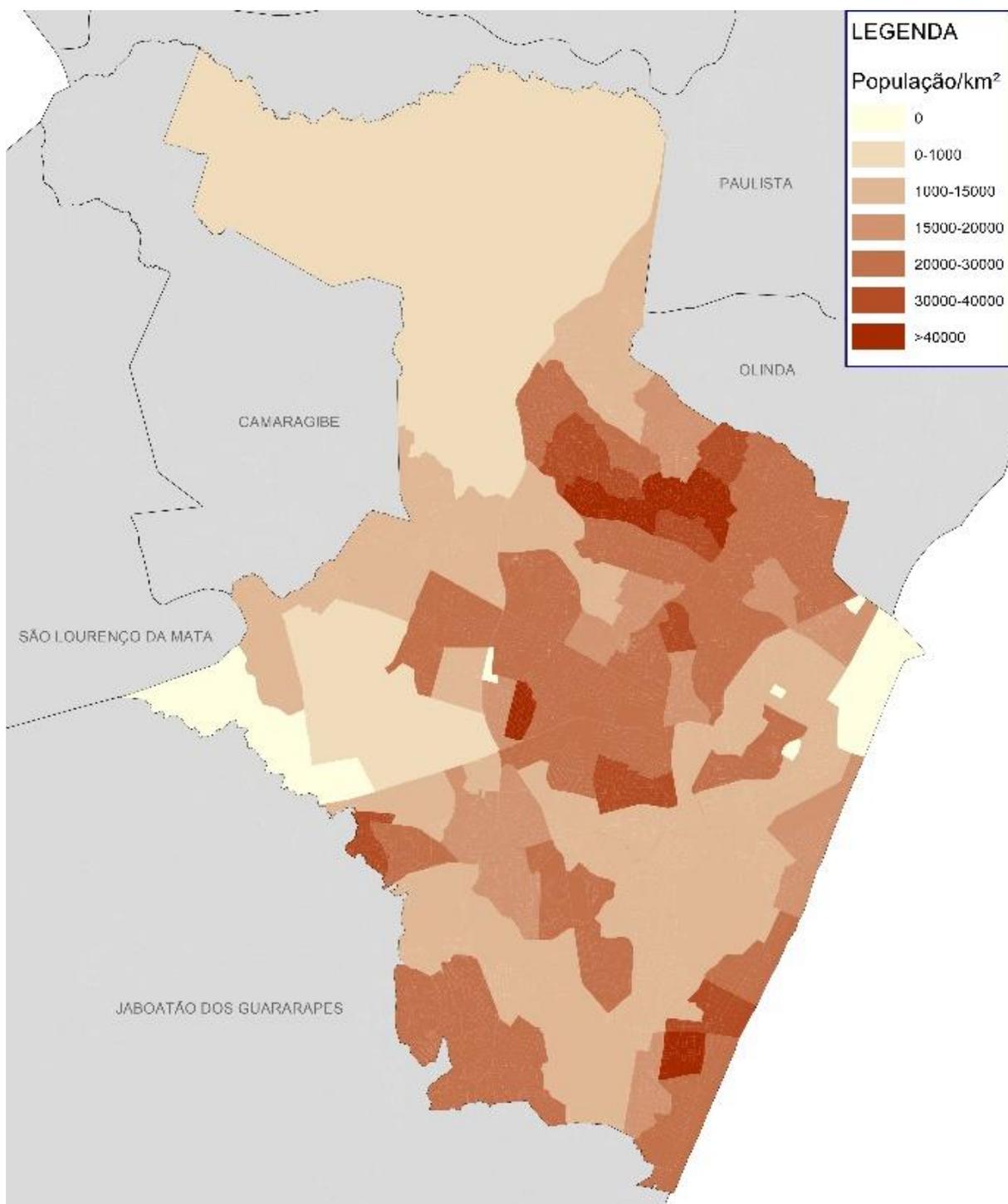
Outro importante recorte primordial para este trabalho é o referente à faixa de renda. A Figura 5 apresenta a população residente com faixa de renda até 1 salário mínimo e a Figura 6 com faixa de renda acima de 20 salários mínimos. Pode-se aferir que a região norte, a mais populosa do município, é também a que possui a maior parte da população com faixa de renda de até 1 salário mínimo. Já a população com faixa de renda de mais de 20 salários mínimos se concentra em duas regiões da cidade: a zona norte e a zona sul.

Figura 3 - Distribuição Populacional do Recife



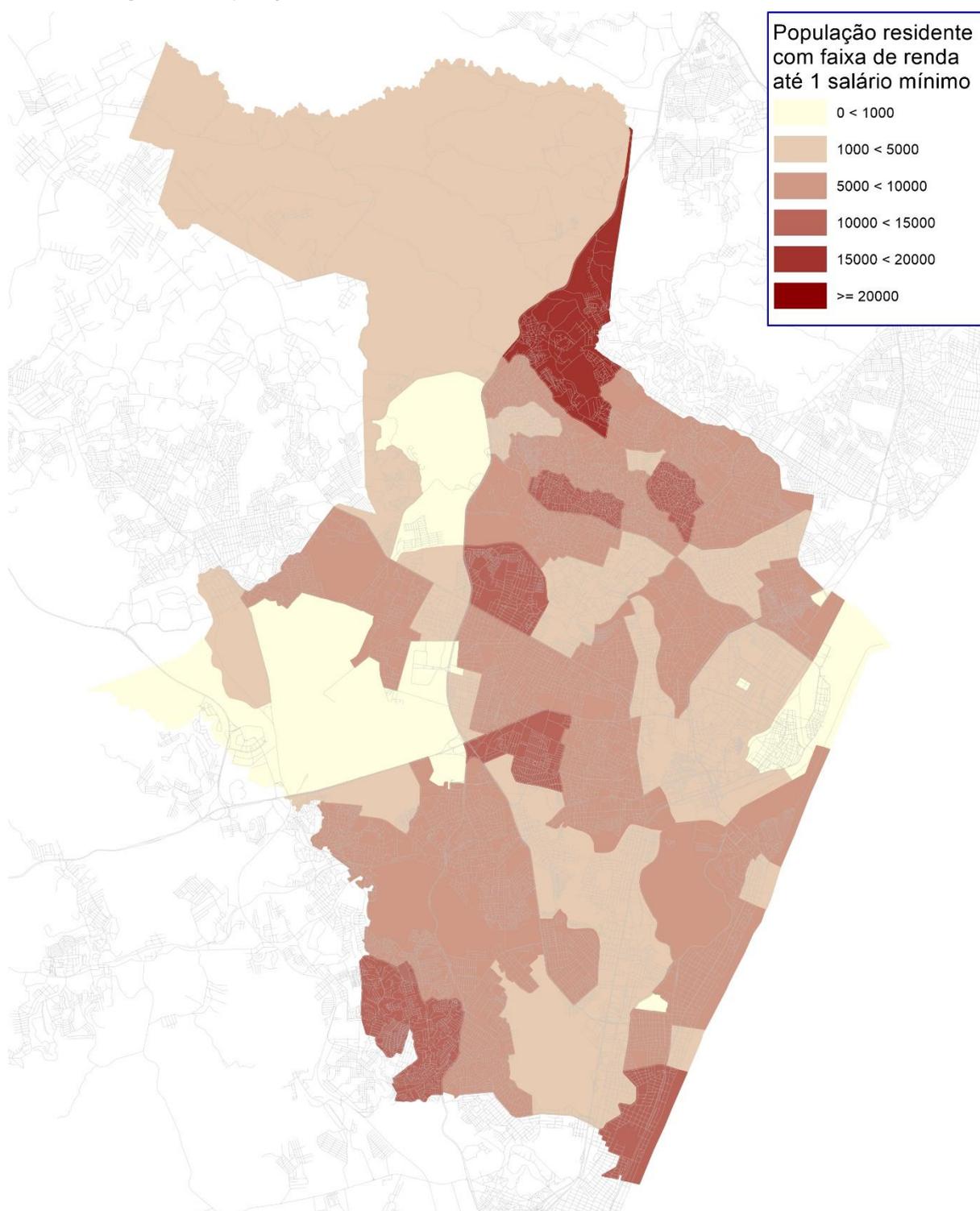
Fonte: A Autora (2018)

Figura 4 - Distribuição da Densidade Demográfica do Recife



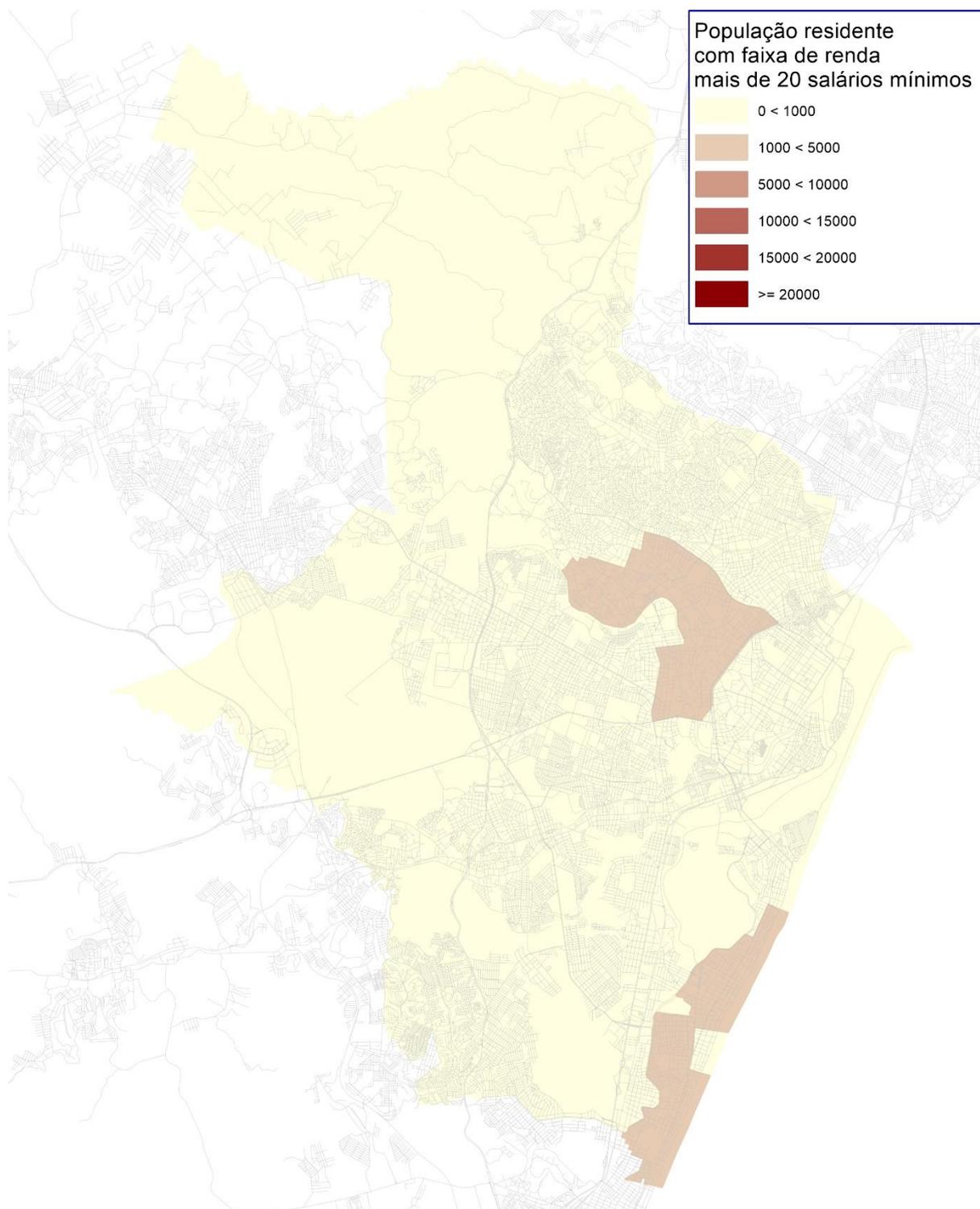
Fonte: A Autora (2018)

Figura 5 - População residente no Recife com faixa de renda até 1 salário mínimo



Fonte: A Autora (2018)

Figura 6 - População residente no Recife com faixa de renda acima de 20 salários mínimos



Fonte: A Autora (2018)

4.2 A RMR E O STPCP/RMR

A cidade do Recife se insere numa Região Metropolitana, estabelecida pela Lei Federal nº 14/1973 (BRASIL, 1973). Inicialmente, era constituída por nove municípios: Recife, Cabo, Igarassu, Itamaracá, Jaboatão, Moreno, Olinda, Paulista e São Lourenço da Mata. Atualmente, com a recente inclusão do município de Goiana, a Região Metropolitana do Recife (RMR) passa a contar com quinze municípios: Abreu e Lima, Araçoiaba, Cabo de Santo Agostinho, Camaragibe, Goiana, Igarassu, Ilha de Itamaracá, Ipojuca, Itapissuma, Jaboatão dos Guararapes, Moreno, Olinda, Paulista, Recife e São Lourenço da Mata.

O Artigo 5º da referida Lei dispõe que o uso do solo metropolitano, os transportes e o sistema viário são serviços comuns aos municípios que integram a mesma região metropolitana, ou seja, o planejamento urbano deve ser feito de maneira integrada. A RMR tem a gestão do seu transporte público realizada por um Consórcio de Transportes Metropolitano (CTM). O Sistema de Transporte Público Coletivo de Passageiros da Região Metropolitana do Recife (STPCP/RMR) é gerenciado de forma associada pelo Estado de Pernambuco, pela Prefeitura da Cidade do Recife e pela Prefeitura de Olinda, sendo responsável pela gestão das linhas intermunicipais da RMR e municipais do Recife e Olinda. O CTM também denominado Grande Recife Consórcio de Transporte permite um trabalho coordenado e permanente de planejamento estratégico e de gestão eficiente do transporte público entre o Estado e os municípios da RMR (RECIFE, 2017).

A Região Metropolitana do Recife conta com dois sistemas básicos de transporte público regulamentados: o metroviário, formado por metrô e Veículo Leve sobre Trilhos (VLT) e o rodoviário, formado por ônibus, micro-ônibus e o sistema *Bus Rapid Transit* (BRT). Atualmente, a operação do STPP/RMR atende os principais corredores que permitem ligações entre bairros e municípios com o centro do Recife e é constituído por dois sistemas: o Sistema Estrutura Integrado (SEI) e o Sistema Complementar e é caracterizado por um modelo tronco-alimentador.

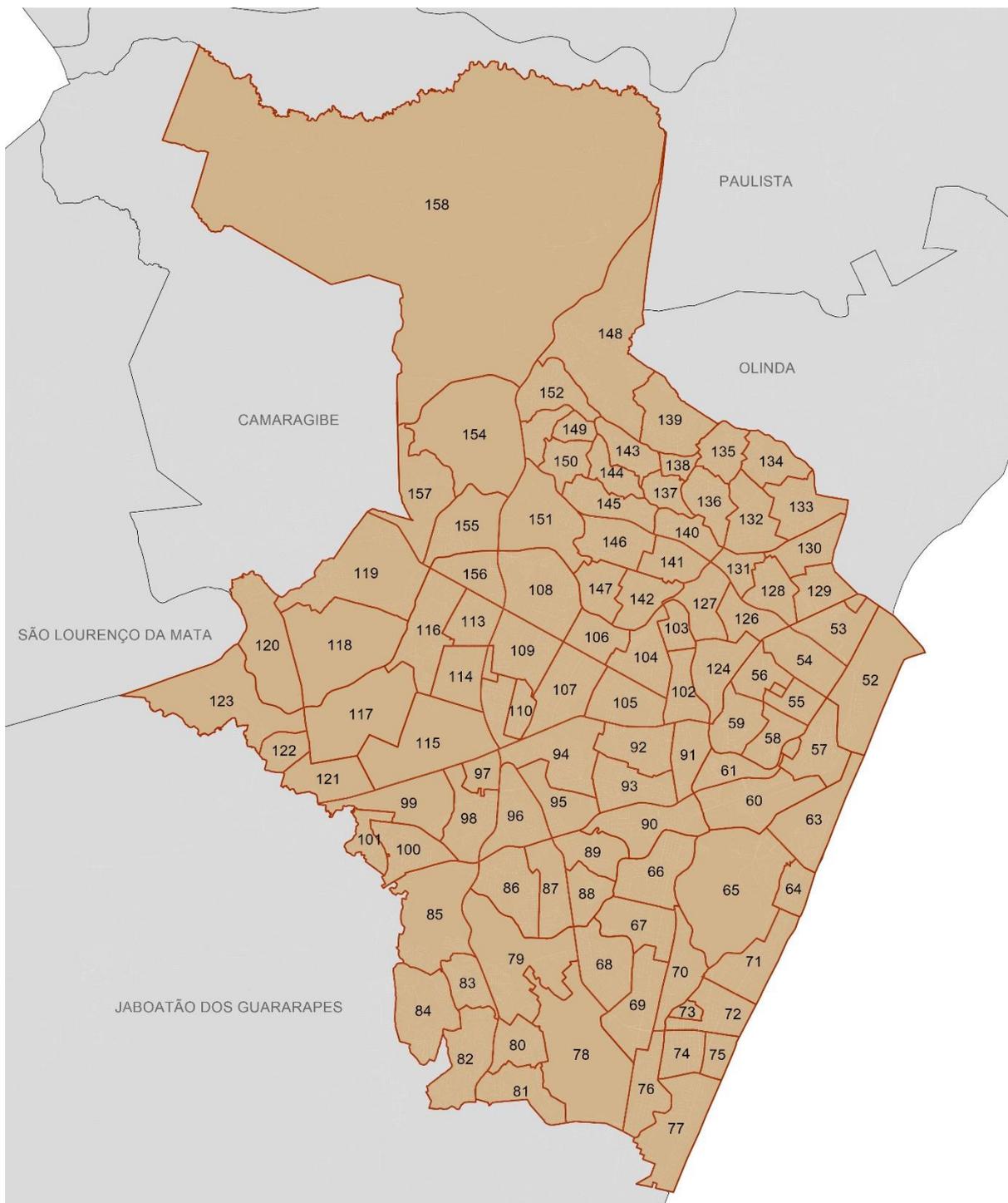
4.3 ZONAS DE TRÁFEGO

As zonas de tráfego são segmentações dos territórios elaboradas a partir de limites políticos, históricos, linhas de contorno, naturais, censitários, dentre outros. As zonas de tráfego da RMR foram delimitadas a partir de pesquisas de origem-destino (RECIFE, 2018). Em 1972, foi realizada a primeira pesquisa de origem-destino da RMR e, para representar a cidade de maneira mais eficiente, foram estabelecidas zonas de tráfego definidas por meio dos setores censitários formulados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Na segunda pesquisa, ocorrida em 1997, as zonas de tráfego foram atualizadas, devido às diversas mudanças na operação e infraestrutura da metrópole e do acréscimo de municípios à RMR. As zonas de tráfego contabilizaram 249, sendo 108 localizadas no município do Recife (RECIFE, 2016).

Atualmente, durante a realização da terceira (2016) e quarta (2018) pesquisas de origem-destino, foram mantidas a quantidade e numeração das zonas de tráfego elaboradas em 1997 para fins de comparação. A única diferença foi o acréscimo da zona de tráfego 250, pois o município de Araçoiaba teve modificações nas suas fronteiras e a zona de tráfego nº 15 ficou entre dois municípios: Araçoiaba e Igarassu. Desse modo, a zona 15 foi dividida e o segmento que era localizado em Araçoiaba foi denominado zona de tráfego 250. Além disso, com o município de Goiana recentemente adicionado à RMR, foram delimitadas três zonas de tráfego para seu território (251, 252 e 253).

As zonas de tráfego são importantes ferramentas para o planejamento urbano e serão utilizadas neste trabalho para representar todas as análises espaciais examinadas. As 108 zonas de tráfego do Recife estão apresentadas na Figura 7.

Figura 7 - Delimitação e codificação das Zonas de Tráfego do Recife



Fonte: A Autora (2018)

4.4 MACROZONA DO AMBIENTE NATURAL

O Plano Diretor do Recife, principal instrumento jurídico de planejamento da cidade, estabeleceu divisões territoriais com o objetivo de delimitar territórios que possuam diretrizes similares para que seja possível indicar instrumentos urbanísticos fundamentais para o desenvolvimento da cidade. O objetivo geral da divisão territorial é reduzir as desigualdades socioespaciais e promover o controle da densidade e da qualificação ambiental.

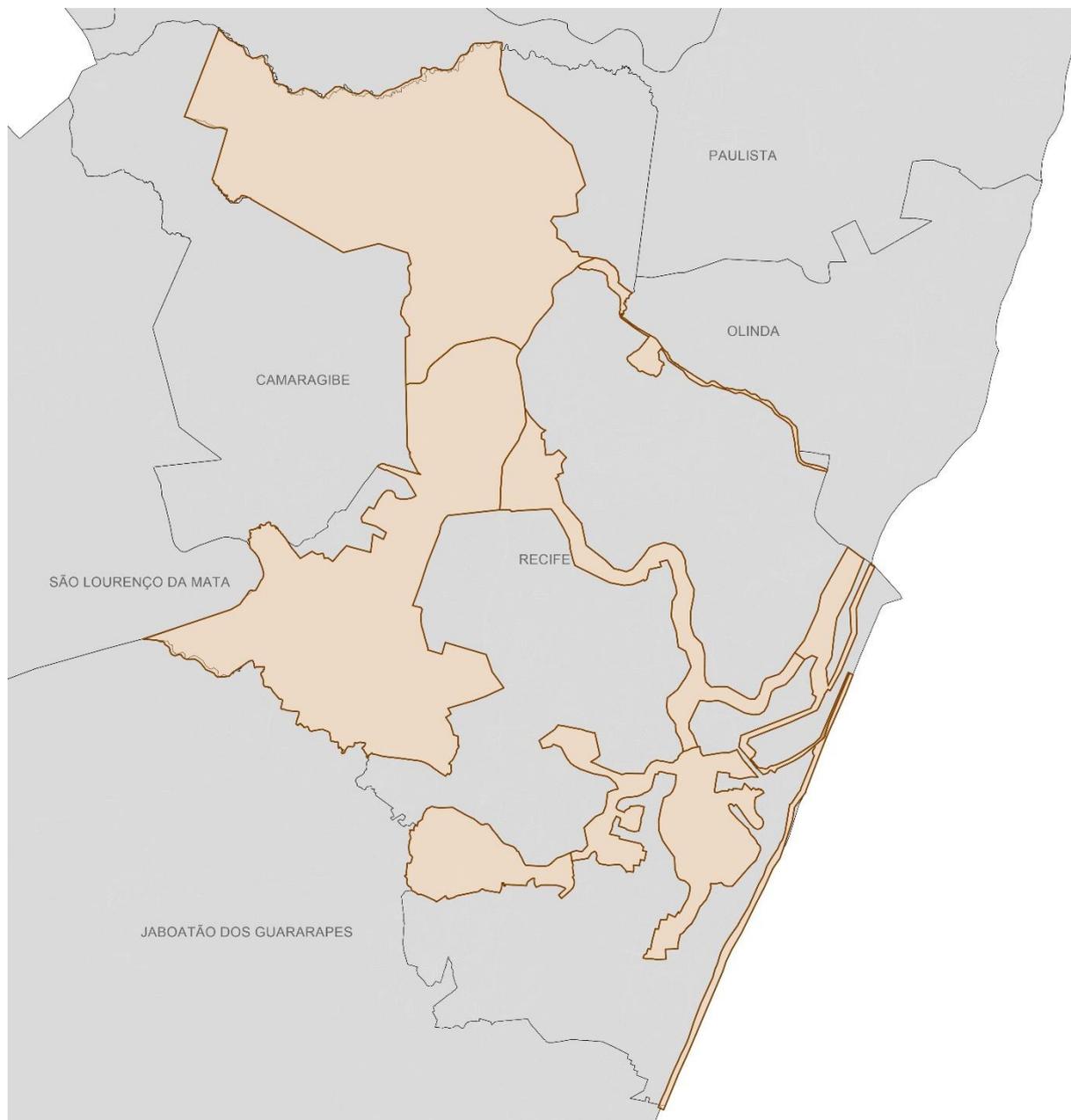
Esse trabalho tratará da Macrozona do Ambiente Natural (MAN), que é definido na Lei Municipal nº 17.511/2008 (RECIFE, 2008) como

áreas caracterizadas pela presença significativa da água, como elemento natural definidor do seu caráter, enriquecidas pela presença de maciço vegetal preservado, englobando as ocupações imediatamente próximas a esses cursos e corpos d'água.

A MAN “tem como diretrizes principais a valorização, a preservação e a recuperação, de forma sustentável e estratégica, dos recursos naturais da cidade” (RECIFE, 2008). Dessa forma, essa região possui uma urbanização restrita por se caracterizar pela ausência ou carência de infraestrutura básica e baixa densidade populacional, culminando em pouco potencial construtivo.

A Figura 8 apresenta a delimitação da MAN. Nela, é possível identificar que a região a noroeste da cidade, que faz fronteira com os municípios de Olinda, Paulista, Camaragibe e São Lourenço da Mata pertencem a esse macrozoneamento. Ou seja, essas regiões se caracterizam por terem baixa densidade populacional e oferta de serviços públicos essenciais, como saúde e educação. A taxa e ocupação é bem inferior quando comparada com outras áreas da cidade e sua infraestrutura é precária e até mesmo inexistente em alguns locais.

Figura 8 - Macrozona do Ambiente Natural (MAN)



Fonte: A Autora (2018)

5 METODOLOGIA

Para cumprir o objetivo geral proposto neste trabalho, a definição básica adotada de acessibilidade foi a que incorpora os conceitos característicos dos transportes e uso do solo. Dessa forma, o modelo gravitacional se torna mais adequado por considerar a atratividade das zonas e a impedância que varia como custo ou tempo de viagem, visto que o tipo separação espacial utiliza como indicadores apenas a distância entre zonas e seu nível de serviço.

O cálculo do índice de acessibilidade para a cidade do Recife necessita de uma medida da macroacessibilidade, que abrange em sua análise a acessibilidade de toda a população da cidade com foco na rede de transporte público. É primordial essa avaliação mais abrangente para que, de maneira integrada, seja possível investigar a equidade proporcionada pelo acesso às oportunidades e a disponibilidade de infraestrutura do sistema de transporte (público e privado).

Sabendo que a escolha do índice de acessibilidade depende das especificidades locais, da qualidade e quantidade dos dados e do *software* a ser utilizado, foram adotados dois indicadores baseados no modelo gravitacional: um para o uso do solo e outro para os transportes. A medida da atratividade da zona (componente uso do solo) pode ser definida pela área construída dos lotes por tipo de uso por zona de tráfego. O componente transportes foi estabelecido pelo tempo de viagem entre zonas.

A medida da atratividade da zona foi calculada para três tipos de uso do solo: o acesso aos empregos (denominado nesse estudo como oportunidades), o acesso à educação e o acesso à saúde. Esses usos foram adotados devido à disponibilidade e qualidade dos dados adquiridos e por serem os principais motivos de viagem na cidade do Recife identificados nas pesquisas de origem-destino realizadas na cidade. Para o acesso às oportunidades, foram calculadas as áreas construídas dos lotes não-habitacionais, ou seja, lojas, comércio, serviços, dentre outros. Para o acesso à educação, foram calculadas as áreas construídas de instituições de ensino públicas até o nível médio, federais, estaduais e municipais, em funcionamento. E o acesso à

saúde se refere a todos os equipamentos públicos de saúde (hospitais, clínicas, unidades de pronto-atendimento, dentre outras).

O componente de transportes adotado foi o custo de viagem representado pelo tempo de viagem entre as zonas. Dessa forma, foi calculado o tempo de viagem do usuário de transporte público coletivo (ônibus e BRT) e de transporte privado (motorizado individual). Devido à qualidade dos dados adquiridos, o metrô não foi considerado nesse cálculo.

Assim, o Índice de Acessibilidade adotado, exposto na Equação 1, se assemelha a uma média ponderada, onde o conjunto de dados é constituído pelo somatório da área dos lotes classificada por seu tipo de uso (oportunidades, saúde e educação) e o peso é representado pelo tempo de viagem nos modos público coletivo e motorizado individual.

$$IA_i = \frac{\sum_j t_{ij}^{TP, TI} \times A_j^{NH, E, S}}{\sum_j A_j^{NH, E, S}} \quad (1)$$

IA_i = índice de acessibilidade integral da zona de tráfego i;

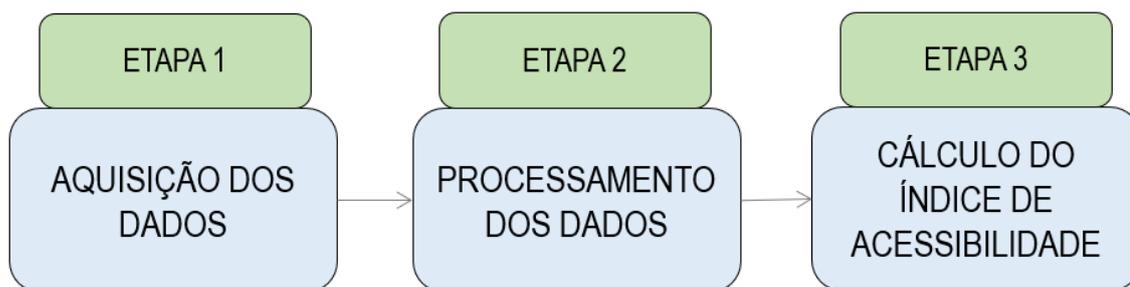
$t_{ij}^{TP, TI}$ = tempo de viagem (por transporte público -TP, e transporte individual -TI) entre as zonas de tráfego i e j;

$A_j^{NH, E, S}$ = áreas dos lotes inserido na zona de tráfego j, de acordo com o tipo de uso (não habitacional – NH, Educacional – E, Saúde -S).

Além do cálculo do índice de acessibilidade para o acesso às oportunidades, saúde e educação pelos usuários de transporte público e privado, foi identificado um local com índice de acessibilidade inapropriado, em relação às outras áreas da cidade, em todas as instâncias calculadas, para demonstrar a forma prática de uso do índice proposto. Para que ocorresse a melhoria do índice, ou seja, para que a área se tornasse mais acessível, foi avaliada a quantidade de área não-habitacional necessária de ser construída no local específico. Assim, o tipo de uso do empreendimento e a sua localização foram avaliados e o cálculo foi utilizado como indicador para comprovação da melhoria da acessibilidade na região.

Para facilitar o entendimento, a proposta desenvolvida neste estudo foi dividida em três etapas, apresentadas na Figura 9, constituída pela aquisição e processamento de dados e posterior aplicação da fórmula do Índice de Acessibilidade concebida.

Figura 9 - Etapas da metodologia proposta



Fonte: A Autora (2018)

5.1 AQUISIÇÃO DOS DADOS

A fase primordial para o cálculo do Índice de Acessibilidade foi a inicial: a coleta e aquisição de dados. Este estágio foi fundamental para que fossem adotados corretamente todos os parâmetros utilizados. A Tabela 11 apresenta a listagem e descrição de todos os dados, indicando, inclusive, as suas respectivas fontes. Todos os dados utilizados são georreferenciados e/ou alfanuméricos, disponíveis nas esferas municipal, estadual e federal.

Tabela 11 - Etapa de aquisição de dados

| DADO | DESCRIÇÃO | FONTE |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Sistema Viário da Região Metropolitana do Recife | Tramos de toda a rede viária metropolitana, contendo informações de logradouro e zona de tráfego em que está incluído | Instituto da Cidade Pelópidas Silveira (ICPS) |
| Linhas de ônibus | Frequência e itinerário das linhas de ônibus e BRT da Região Metropolitana do Recife | Grande Recife Consórcio de Transporte Metropolitano (GRCTM) |
| Serviço de Transporte Complementar de Passageiros | Frequência e itinerário das linhas de ônibus alimentadoras e interbairros da cidade do Recife | Autarquia de Trânsito e Transporte Urbano do Recife (CTTU) |
| Lotes | Informações da área construída e tipo de uso dos lotes da cidade do Recife (habitacionais e não-habitacionais) | ESIG – Sistema de Informações Geográficas da cidade do Recife |
| Instituições de ensino públicas (municipais, estaduais e federais) até o nível médio | Localização georreferenciada das instituições de ensino | Secretaria Estadual de Educação e Instituto da Cidade Pelópidas Silveira (ICPS) |
| Equipamentos de Saúde públicos (hospitais, Unidades de pronto-atendimento - UPA, clínicas, dentre outros) | Localização georreferenciada dos equipamentos de saúde | Secretaria Estadual de Saúde e Instituto da Cidade Pelópidas Silveira (ICPS) |
| Zonas de Tráfego da Região Metropolitana do Recife | Delimitação e código das zonas | Pesquisa de Origem-Destino 1997, Instituto da Cidade Pelópidas Silveira (ICPS) |
| Setores Censitários e Grade Estatística | Informações sobre número de habitantes e faixa de renda | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) |
| Tempo de Viagem | Dados do tempo de viagem do transporte individual motorizado | Aplicativo Waze |

Fonte: A Autora (2018)

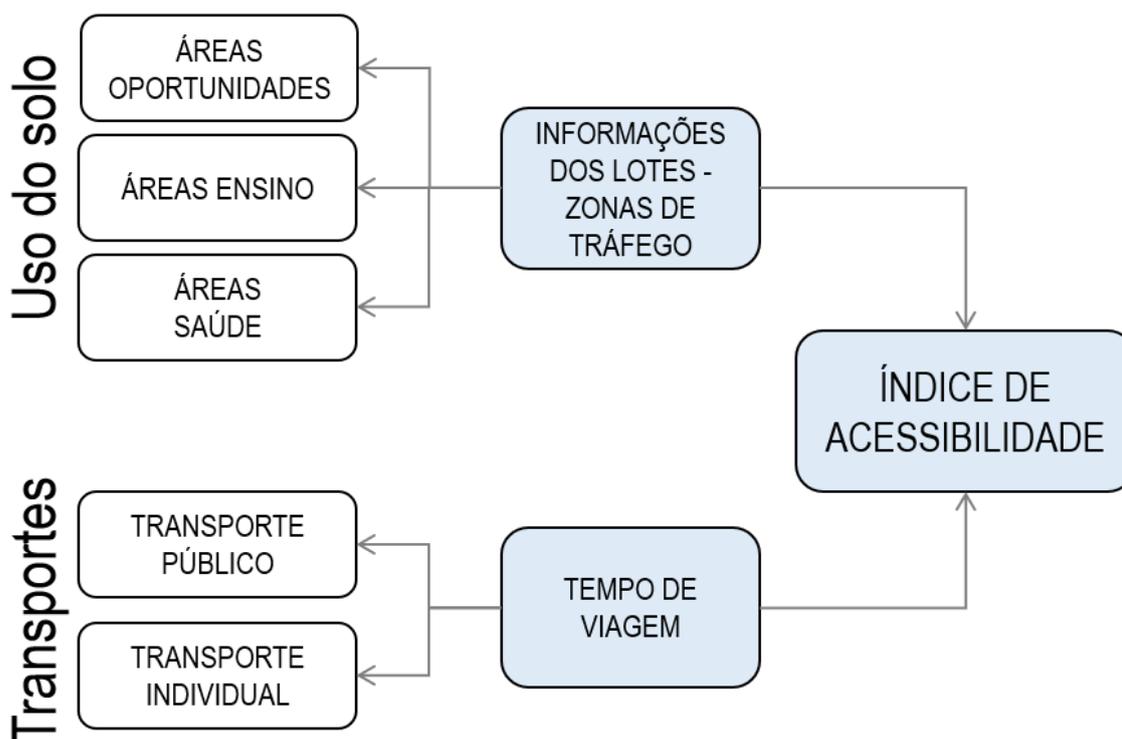
5.3 PROCESSAMENTO DOS DADOS

Após a aquisição de todos os dados necessários, foi realizado o seu processamento por meio do software de macrossimulação Visum. Esse programa realiza análises de tráfego, simulações de cenários e gerenciamento de dados

baseado em Sistema de Informação Geográfica (SIG). O estágio de processamento de dados está resumido na Figura 10 e é composto, basicamente, por duas partes: o tratamento dos dados referentes às áreas e aos tempos de viagem.

O estágio inicial do tratamento dos dados constituiu em compatibilizá-los através da transferência de todas as informações necessárias de área para um mesmo polígono facilitando, assim, seu manuseio. O polígono escolhido para esse procedimento foram as zonas de tráfego. Dessa forma, todas as áreas referentes aos lotes não-habitacionais, educacionais e de saúde foram identificadas e a contabilização de suas áreas foi transferida para atributos distintos das zonas de tráfego.

Figura 10 - Tratamento de dados



Fonte: A Autora (2018)

O segundo estágio, que engloba os tempos de viagem, foi a mais desafiadora e apenas possibilitada devido ao *software* utilizado. O tempo de viagem do transporte individual por segmento de via foi codificado a partir dos dados fornecidos pelo Waze, um aplicativo baseado em navegação GPS (*Global Positioning System*) que informa

as melhores rotas de acordo com vários fatores, dentre eles o tempo de viagem (VASSERMAN, 2015). Por ter caráter colaborativo, o aplicativo é atualizado constantemente gerando, em tempo real, uma visão geral do tráfego.

O dado de tempo de viagem do modo motorizado individual (TI) foi tratado e transferido para os tramos do sistema viário do Recife. Como a maioria do sistema de transporte público em funcionamento no Recife opera em tráfego misto, foram feitas apenas algumas modificações do tempo do transporte motorizado individual para o transporte público coletivo (TP). Para isso, foi levado em consideração as faixas exclusivas para o transporte público. A grande diferença entre eles é que o TP tem mais componentes no seu tempo de viagem total: além do tempo de viagem em si, são incluídos no tempo total o tempo de caminhada até o ponto de embarque, o tempo de espera no ponto de embarque e desembarque e, quando realizado, o tempo de transferência (entre ônibus ou utilizando um terminal de integração).

A partir das informações de tempo de viagem do modo motorizado individual e do público coletivo, é necessário processar uma alocação, a última etapa do modelo de quatro etapas, para que seja calculado o tempo de viagem total entre as zonas de tráfego, ou seja, o somatório dos tempos de viagem em cada tramo da viagem alocada. O resultado da operação resulta em uma Matriz OD.

5.3 CÁLCULO DO ÍNDICE DE ACESSIBILIDADE

Após a aquisição e tratamento dos dados, é realizado o cálculo do Índice de Acessibilidade utilizando a Equação 1. Esse cálculo foi feito de seis maneiras distintas (como indicado na Tabela 12) e todos os resultados foram dispostos como atributo da zona de tráfego.

Tabela 12 - Formulações utilizadas para o cálculo do índice de acessibilidade

| Transporte/Uso do Solo | Não-habitacional (Oportunidades) | Educação | Saúde |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Motorizado individual | $IA_i = \frac{\sum_j t_{ij}^{TI} \times A_j^{NH}}{\sum_j A_j^{NH}}$ | $IA_i = \frac{\sum_j t_{ij}^{TI} \times A_j^E}{\sum_j A_j^E}$ | $IA_i = \frac{\sum_j t_{ij}^{TI} \times A_j^S}{\sum_j A_j^S}$ |
| Público coletivo | $IA_i = \frac{\sum_j t_{ij}^{TP} \times A_j^{NH}}{\sum_j A_j^{NH}}$ | $IA_i = \frac{\sum_j t_{ij}^{TP} \times A_j^E}{\sum_j A_j^E}$ | $IA_i = \frac{\sum_j t_{ij}^{TP} \times A_j^S}{\sum_j A_j^S}$ |

Fonte: A Autora (2018)

IA_i = índice de acessibilidade integral da zona de tráfego i ;

t_{ij}^{TP} = tempo de viagem (por transporte público -TP) entre as zonas de tráfego i e j ;

t_{ij}^{TI} = tempo de viagem (por transporte individual - TI) entre as zonas de tráfego i e j ;

A_j^{NH} = somatório da área dos lotes não-habitacionais inseridos na zona de tráfego j (para cálculo da acessibilidade às oportunidades);

A_j^E = somatório da área dos lotes educacionais inseridos na zona de tráfego j (para cálculo da acessibilidade às instituições de ensino públicas);

A_j^S = somatório da área dos lotes dos equipamentos de saúde públicos inseridos na zona de tráfego j (para cálculo da acessibilidade aos equipamentos de saúde públicos);

6 RESULTADOS

Os resultados do cálculo do índice de acessibilidade podem ser analisados de diversas formas. Para melhorar o entendimento e organizar as discussões, os desfechos foram divididos em análises estatísticas (por meio de histogramas) e espaciais (por meio de mapas de localização segmentados em zonas de tráfego); e de acordo com a classificação do uso do solo (oportunidades, educação e saúde) e do modo de transporte do usuário (individual motorizado ou público coletivo).

A análise estatística configura uma avaliação fundamental por ter o intuito de compará-la a outros tipos de uso, modos de transporte ou até mesmo a estudos futuros. Além disso, cada um dos índices de acessibilidade calculados tem comportamentos distintos e bem característicos e a variância e dispersão entre seus valores é uma maneira mais aprofundada de investigar como o índice se comporta. Para facilitar o entendimento, foi elaborado um histograma, que representa a frequência dos valores calculados. Ele é importante para entender em qual intervalo se encontra a maioria dos resultados de forma a possibilitar a estimativa da extensão dos dados. Todos os resultados dos IA calculados estão apresentados no Apêndice A e um exemplo de cálculo está apresentado no Apêndice B.

A análise espacial facilita a visualização e identificação dos locais mais acessíveis na região estudada, viabilizando a recomendação de possíveis soluções aos locais mais desfavoráveis. Essa forma facilita o manuseio dos dados e, para dar caráter prático e exemplificar como o indicador pode ser utilizado, foi implementado um Polo Gerador de Viagens em uma zona de tráfego com Índice de Acessibilidade (IA) ruim para avaliar seu efeito e relevância no resultado do IA da região.

Como um dos componentes do cálculo do Índice de Acessibilidade é o tempo de viagem (Equação 1), pode-se afirmar que quanto menor for o índice, mais acessível é a região. Para a maioria dos casos analisados, os valores do IA do usuário do TI foram inferiores que os do usuário de TP, ou seja, o modo TI é mais acessível que o TP por possuir menor tempo de viagem para acessar o serviço desejado. Esse

resultado não é novidade, apenas realça a falta de qualidade do sistema e a priorização de investimentos no modo individual em detrimento do público coletivo.

Os valores calculados para o IA possuem comportamentos diferentes dentro de uma mesma zona de tráfego analisada comparando os modos de transporte público coletivo (TP) e motorizado individual (TI). Para todos os tipos de uso do solo (educação, saúde e oportunidades), a variação dos valores do IA para o TI foi menor que para o TP. Além disso, de maneira geral, os picos do histograma do IA do TI são sempre menores que os do TP, ou seja, a acessibilidade do usuário do modo individual é melhor em todas as instâncias quando comparada com o transporte público, devido à não priorização do TP e de nenhuma restrição ao uso do automóvel.

6.1 DISTRIBUIÇÃO ESTATÍSTICA

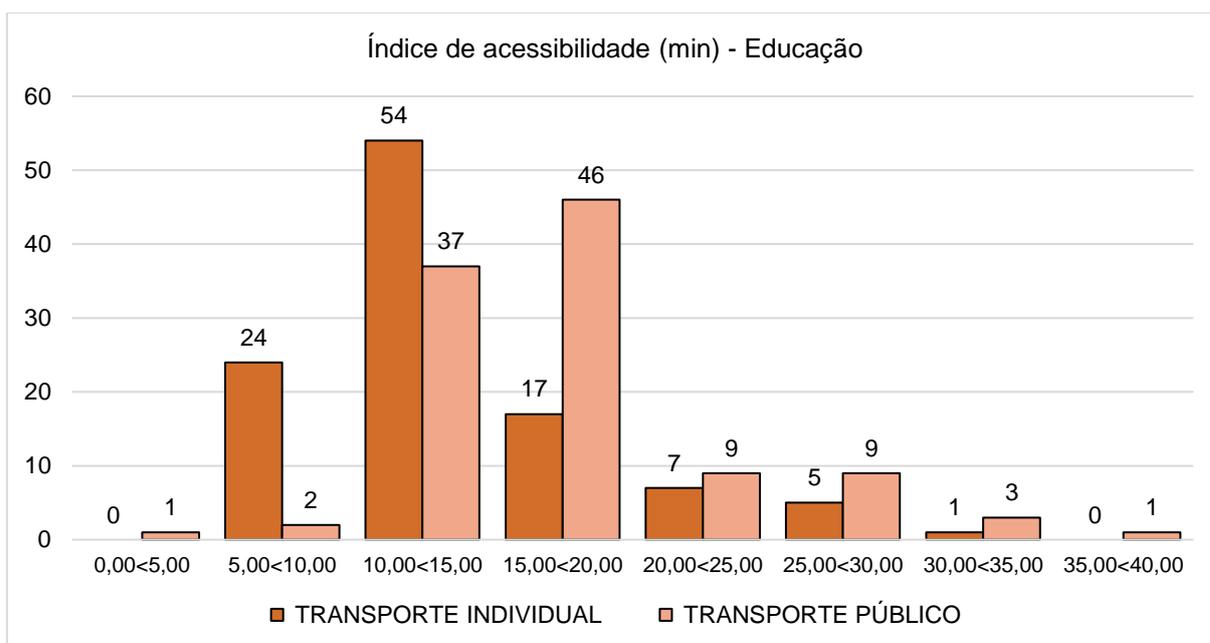
Para a análise estatística dos dados foram calculadas medidas descritivas com o intuito de compará-las entre si, como as medidas de posição (média e mediana), as medidas de dispersão (desvio-padrão) e as separatrizes (primeiro e terceiro quartis). Ademais, também foram elaborados histogramas para analisar a amplitude da dispersão e avaliar a simetria do conjunto de dados.

Uma das medidas calculadas foi o valor mínimo do índice de acessibilidade em todos os modos e usos do solo analisados neste trabalho. Para o transporte público, esse valor foi nulo porque algumas zonas de tráfego não são atendidas. Possivelmente por se incluírem em macrozonas do ambiente natural (MAN) ou possuírem poucos habitantes, ou seja, o usuário residente dessa zona de tráfego que desejar se deslocar a partir desse modo deverá encaminhar-se até outra zona de tráfego onde o sistema esteja em operação.

A análise do Índice de Acessibilidade com destino às instituições de ensino está representada no histograma da Figura 11 e na Tabela 13. O máximo valor calculado para esse IA foi de 35,36 min para o TP e 32,12 min para o TI (Tabela 13). No histograma da Figura 11, para o TI, 54 das 108 zonas de tráfego do Recife, ou seja, a maior frequência de valores calculados do IA, se inserem no intervalo entre 10,0 min

e 15,0 min. Comparativamente, para o TP, 46 zonas de tráfego, a maior frequência de valores do IA calculado, possuíram valores no intervalo entre 15,0 min e 20,0 min. Assim, é possível aferir que a grande maioria dos valores do IA para o TP é maior do que para o TI, ou seja, o TI é mais acessível que o TP.

Figura 11 - Histograma do Índice de Acessibilidade à educação



Fonte: A Autora (2018)

Tabela 13 - Valores estatísticos do Índice de Acessibilidade à educação

| IA (min) | Transporte Individual | Transporte Público |
|------------------|-----------------------|--------------------|
| Mínimo | 8,36 | 0,00 |
| primeiro quartil | 10,12 | 13,82 |
| Mediana | 12,11 | 16,35 |
| terceiro quartil | 15,31 | 18,61 |
| Máximo | 32,12 | 35,36 |
| Média | 13,71 | 17,18 |
| Desvio-padrão | 5,02 | 5,61 |

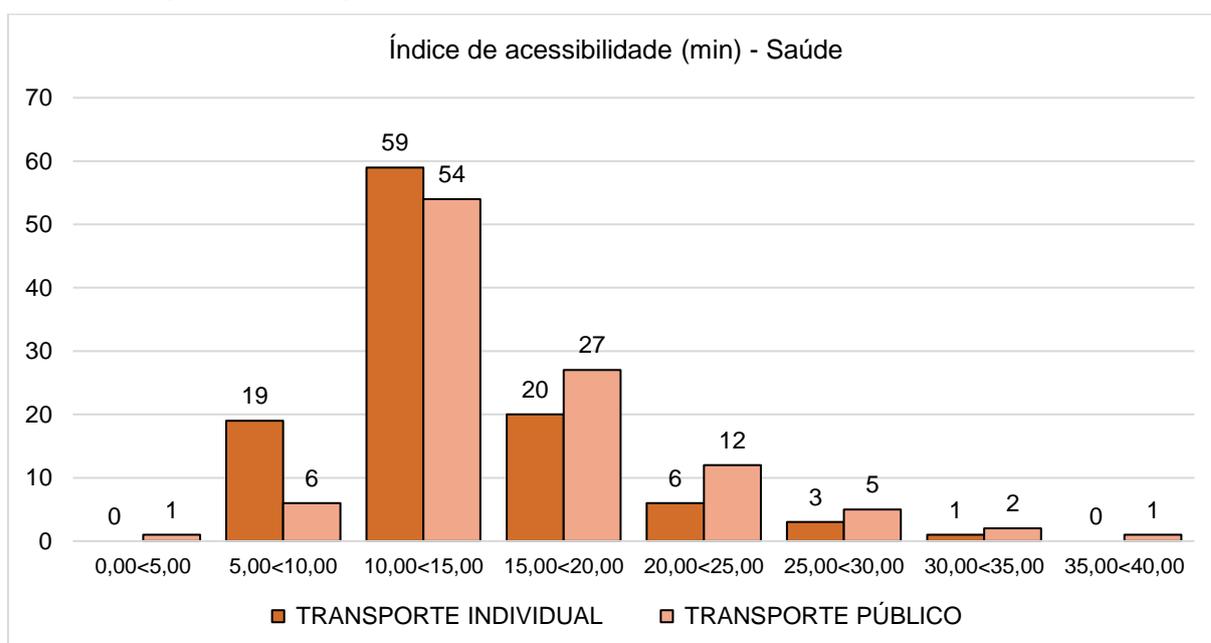
Fonte: A Autora (2018)

A análise do Índice de Acessibilidade com destino aos equipamentos de saúde está representada no histograma da Figura 12 e na Tabela 14. Ao analisar os resultados do IA, o desvio-padrão do usuário de TI totalizou 4,39 min (Tabela 14), enquanto que para as instituições de ensino e oportunidades esse mesmo cálculo foi equivalente a 5,02 min e 5,69 min, respectivamente. Desse modo, é possível afirmar que o IA para a saúde foi o uso que obteve menor dispersão dentre os analisados,

devido ao baixo valor do desvio-padrão entre os usuários de TI. Isso pode significar que a distribuição dos equipamentos públicos de saúde na cidade acontece de maneira melhor distribuída dentre as zonas de tráfego.

Outra importante observação verificada é que ambos os picos do histograma se localizam no intervalo de 10,0 min a 15,0 min, isto é, não foi observada uma variação significativa entre os valores do Índice de Acessibilidade nos modos analisados (Figura 12). Pode-se considerar que a acessibilidade a equipamentos de saúde é similar dentre ambos os modos possivelmente devido à sua distribuição espacial e ao grande número de equipamentos de saúde.

Figura 12 - Histograma do Índice de Acessibilidade aos equipamentos de saúde



Fonte: A Autora (2018)

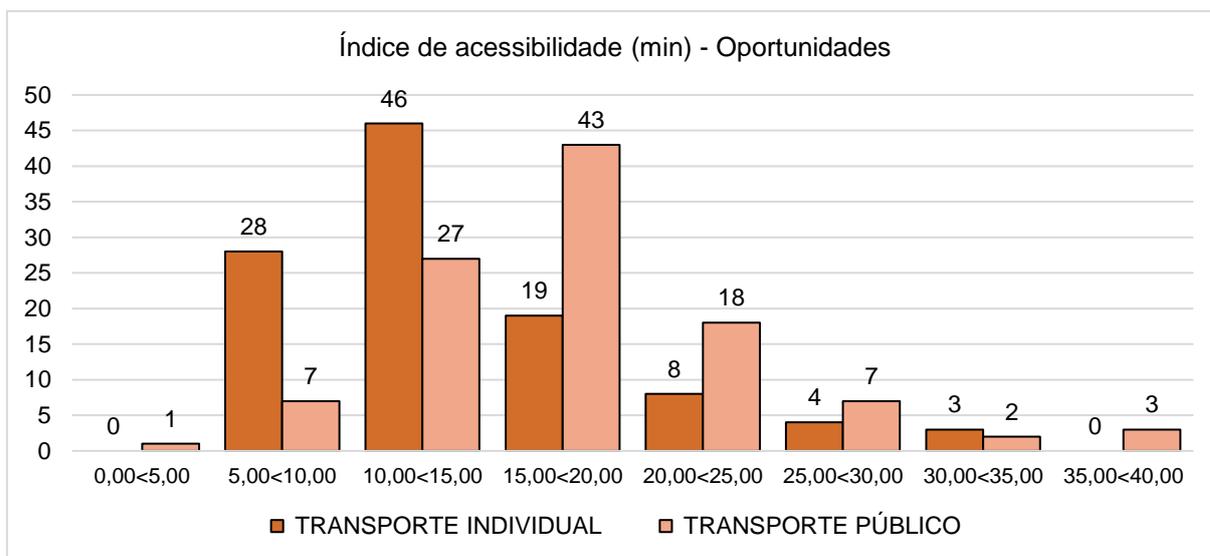
Tabela 14 - Valores estatísticos do Índice de Acessibilidade aos equipamentos de saúde

| IA (min) | Transporte Individual | Transporte Público |
|------------------|-----------------------|--------------------|
| Mínimo | 8,84 | 0,00 |
| primeiro quartil | 10,66 | 12,25 |
| Mediana | 12,78 | 14,54 |
| terceiro quartil | 15,42 | 17,74 |
| Máximo | 30,35 | 37,33 |
| Média | 13,87 | 15,77 |
| Desvio-padrão | 4,39 | 5,77 |

Fonte: A Autora (2018)

No cálculo do IA às oportunidades, tanto no transporte individual quanto no público, os valores do desvio-padrão e da média foram superiores ao compará-los aos resultados dos outros tipos de uso (Tabela 15). A variância do acesso às oportunidades é superior que os outros modos, ou seja, os valores possuem uma extensão maior, indicando que há uma grande diferença de resultados entre as zonas. Algumas zonas de tráfego possuem acessibilidade muito melhor que as outras, o que não acontece de maneira tão distinta nos equipamentos de saúde e instituições de ensino. Uma possível explicação para este fenômeno é que pode existir diversas oportunidades de emprego que não condizem com o perfil de qualificação da população residente nessa mesma zona. Ou seja, as viagens para acessar o emprego têm um tempo alto, apesar de existir grande número de empregos na zona. Além disso, este foi o tipo de uso que teve o maior número de valores de IA acima de 35,0 min (Figura 13).

Figura 13 - Histograma do Índice de Acessibilidade às oportunidades



Fonte: A Autora (2018)

Em resumo, as oportunidades da cidade estão concentradas em zonas específicas, tornando o seu acesso melhor para as zonas mais próximas e pior para as mais distantes. Os equipamentos de saúde e instituições de ensino estão melhor distribuídos ao longo do território do município. Porém, dentre esses usos, o acesso à saúde teve a menor das médias para o usuário de TP, tornando-o mais acessível a esse modo que os demais usos. Além disso, a diferença entre os valores das médias do IA do usuário de TP e TI foi bem semelhante nos usos educação e oportunidades:

aproximadamente igual a 25,3% (Tabela 13 e Tabela 14). Já ao analisar a saúde, esse valor variou menos, para 13,70%, o que significa que o acesso à saúde tem uma acessibilidade mais justa e igualitária.

Tabela 15 - Valores estatísticos do Índice de Acessibilidade às oportunidades

| IA (min) | Transporte Individual | Transporte Público |
|------------------|-----------------------|--------------------|
| Mínimo | 7,45 | 0,00 |
| primeiro quartil | 9,98 | 14,15 |
| Mediana | 12,33 | 16,13 |
| terceiro quartil | 16,75 | 20,39 |
| Máximo | 33,55 | 39,29 |
| Média | 14,22 | 17,82 |
| Desvio-padrão | 5,69 | 6,23 |

Fonte: A Autora (2018)

6.2 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS RESULTADOS

A distribuição espacial dos resultados foi desenvolvida por meio da apresentação em mapas dos resultados calculados do índice de acessibilidade para cada zona de tráfego da cidade do Recife. Segundo Henrique:

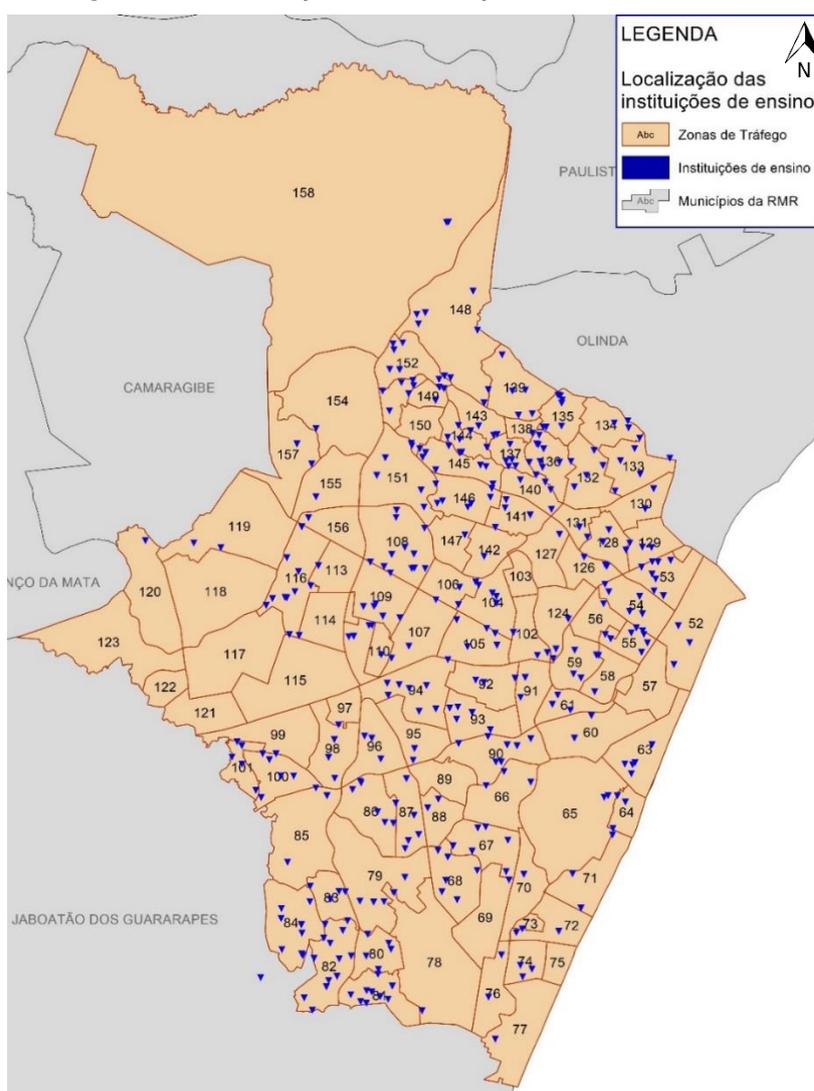
Pode-se conceituar a Análise Espacial como qualquer processo de apresentação, manipulação, análise, inferência e estimação de dados espaciais, os quais podem ser definidos como qualquer tipo de informação que possa ser caracterizada no espaço em função de um determinado sistema de coordenadas, absoluta ou relativa. (TEIXEIRA, 2003 *apud* HENRIQUE, 2004).

Os resultados estão segmentados por tipo de uso do solo (educação, saúde e oportunidades) e por modo de transporte utilizado (transporte individual e público). Após a distribuição, foi experimentado se o aumento de área não-habitacional de um lote localizado em uma zona de tráfego pouco acessível tem melhorias em seu índice de acessibilidade.

6.2.1 Acessibilidade às instituições de ensino

Ao avaliar o Índice de Acessibilidade às instituições de ensino é preciso considerar diversas análises e mapas, como a localização das instituições, a distribuição populacional, a distribuição da população por faixa de renda, dentre outras. De acordo com os dados coletados junto à Secretaria Estadual de Educação, o município do Recife possui 430 instituições de ensino públicas, sendo 162 estaduais e 268 municipais. A localização, representada na Figura 14, aponta que as instituições não são concentradas em uma única região, quase todas as zonas de tráfego possuem ao menos uma unidade educacional (até o nível médio). Das 108 zonas de tráfego do Recife, 16 não possuem instituições de ensino público.

Figura 14 - Localização das Instituições de Ensino Públicas



Fonte: A Autora (2018)

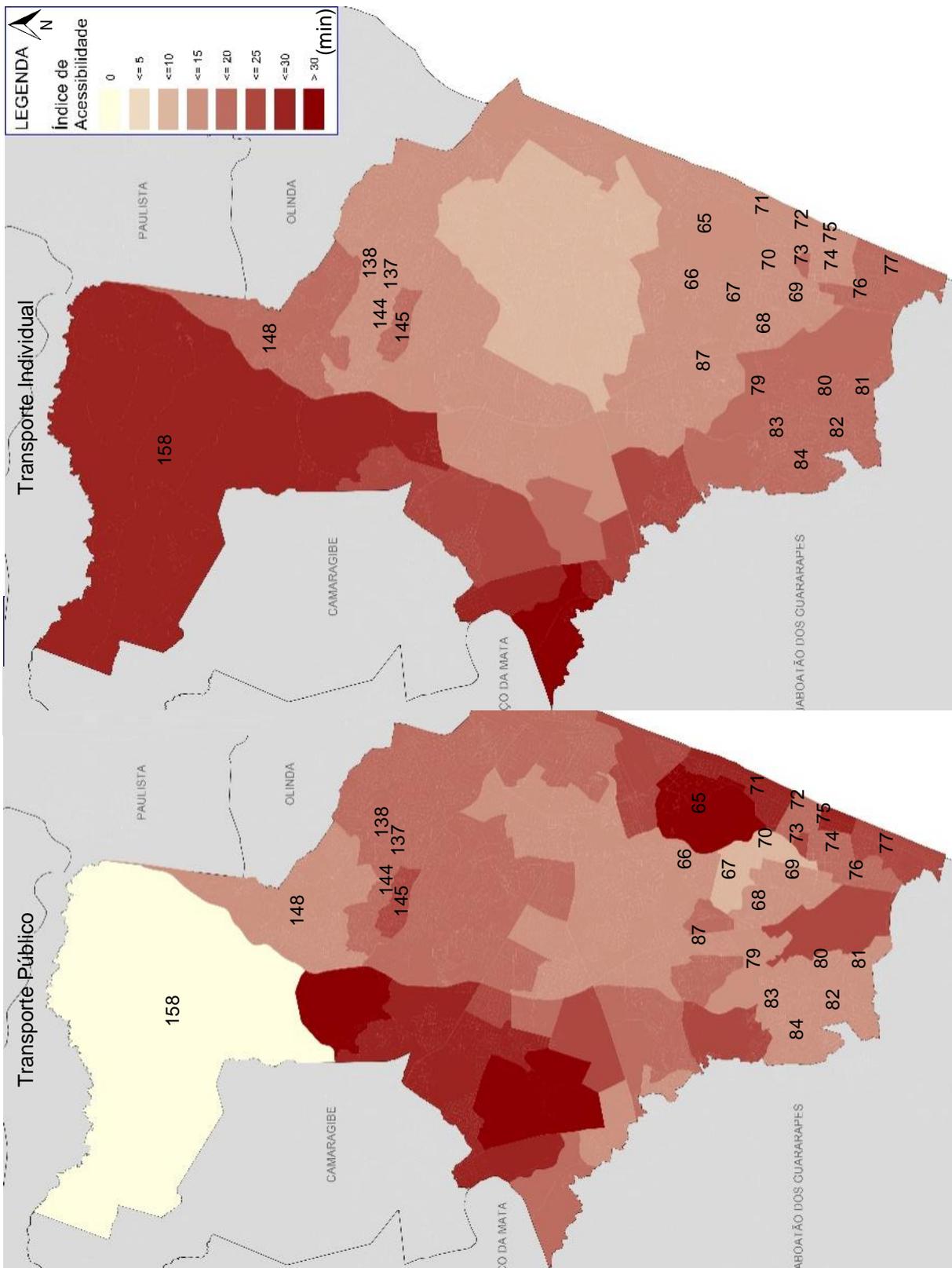
A distribuição espacial dos valores do Índice de Acessibilidade às instituições de ensino estão apresentadas na Figura 15 (usuário de transporte motorizado individual público coletivo). Como comentado anteriormente, na análise estatística, a acessibilidade do usuário do transporte individual é melhor que a do usuário de transporte público coletivo.

De maneira geral, o acesso da população residente nas zonas centrais da cidade é melhor que os residentes nas zonas mais periféricas, principalmente ao analisar o usuário de transporte individual. Isso ocorre devido a diversos fatores, dentre eles o alto tempo de viagem para acessar essas instituições nas zonas periféricas, o fato de se inserirem em macrozonas de ambiente natural e a pouca oferta de transporte público coletivo na região (no caso da Figura 15). Essas zonas que apresentaram pior Índice de Acessibilidade às instituições de ensino (para todos os usuários estudados) são aquelas localizadas próximas ao município de São Lourenço da Mata. Já as zonas mais centrais possuem grande quantidade de instituições de ensino e uma melhor qualidade de infraestrutura e oferta de transporte.

Apesar de um grande número de instituições se localizarem na zona norte da cidade (próximo às zonas de tráfego 144, 137 e 138), a acessibilidade por TP e TI nessa região não é uma das melhores por ser uma área com alto declive. O local é caracterizado por grande densidade populacional, é uma área de morros e não possui um sistema de transporte com qualidade, contabilizando alto tempo de viagem desse modo de transporte. Contudo, ao analisar o usuário de transporte individual, o Índice de Acessibilidade é bastante diferente, pois o usuário de carro/moto tem mais autonomia e facilidade de deslocamento. Algumas zonas específicas (145 e 148) mantiveram o Índice de Acessibilidade ou até resultaram em um índice um pouco melhor ao usuário de transporte coletivo (Figura 15).

Outra importante observação que pode ser feita é em relação à zona que anulou o Índice de Acessibilidade (zona 158) para o usuário de TP. Localizada no bairro da Guabiraba, essa zona de tráfego tem uma densidade populacional muito baixa e não é atendida por transporte público coletivo, por se localizar em uma macrozona de ambiente natural.

Figura 15 - Distribuição espacial do índice de acessibilidade às instituições de ensino públicas por usuários do transporte individual e público



Fonte: A Autora (2018)

Ao analisar a distribuição do usuário de transporte público coletivo, o mapa tem uma configuração um pouco diferente (Figura 15) que a do TI. As áreas centrais continuam tendo acessibilidade boa, mas há variação nas zonas periféricas. As zonas localizadas no extremo sul da cidade, que fazem fronteira com o município de Jaboatão dos Guararapes, têm uma acessibilidade melhor que as localizadas a oeste da cidade (próximas ao limite dos municípios de São Lourenço da Mata e Camaragibe). As zonas de tráfego (65, 70 a 77) localizadas na zona sul da cidade e litorâneas têm menor concentração de instituições de ensino público e nessa área se acumula alto percentual de população com alta faixa de renda. Essa região possui boa oferta de transporte público, em comparação com outros locais da cidade, porém possui pouca concentração de instituições de ensino público, por esse motivo que o índice melhora em alguns locais específicos e piora em outros. Essa região possui, provavelmente, elevado número de instituições privadas.

A zona oeste da cidade, nas proximidades da fronteira com o município de São Lourenço da Mata, é onde visivelmente há maior diferença na comparação entre os modos de transporte (TP e TI). A piora na acessibilidade acontece na maioria das zonas dessa região. É importante observar que as instituições de ensino analisadas neste trabalho são as de nível fundamental e médio (no máximo). As instituições de nível superior não foram consideradas, e nessa região se situa um grande polo gerador de viagens, a Universidade Federal de Pernambuco. Por isso é primordial que a acessibilidade dessa região seja considerada e analisada de maneira mais aprofundada.

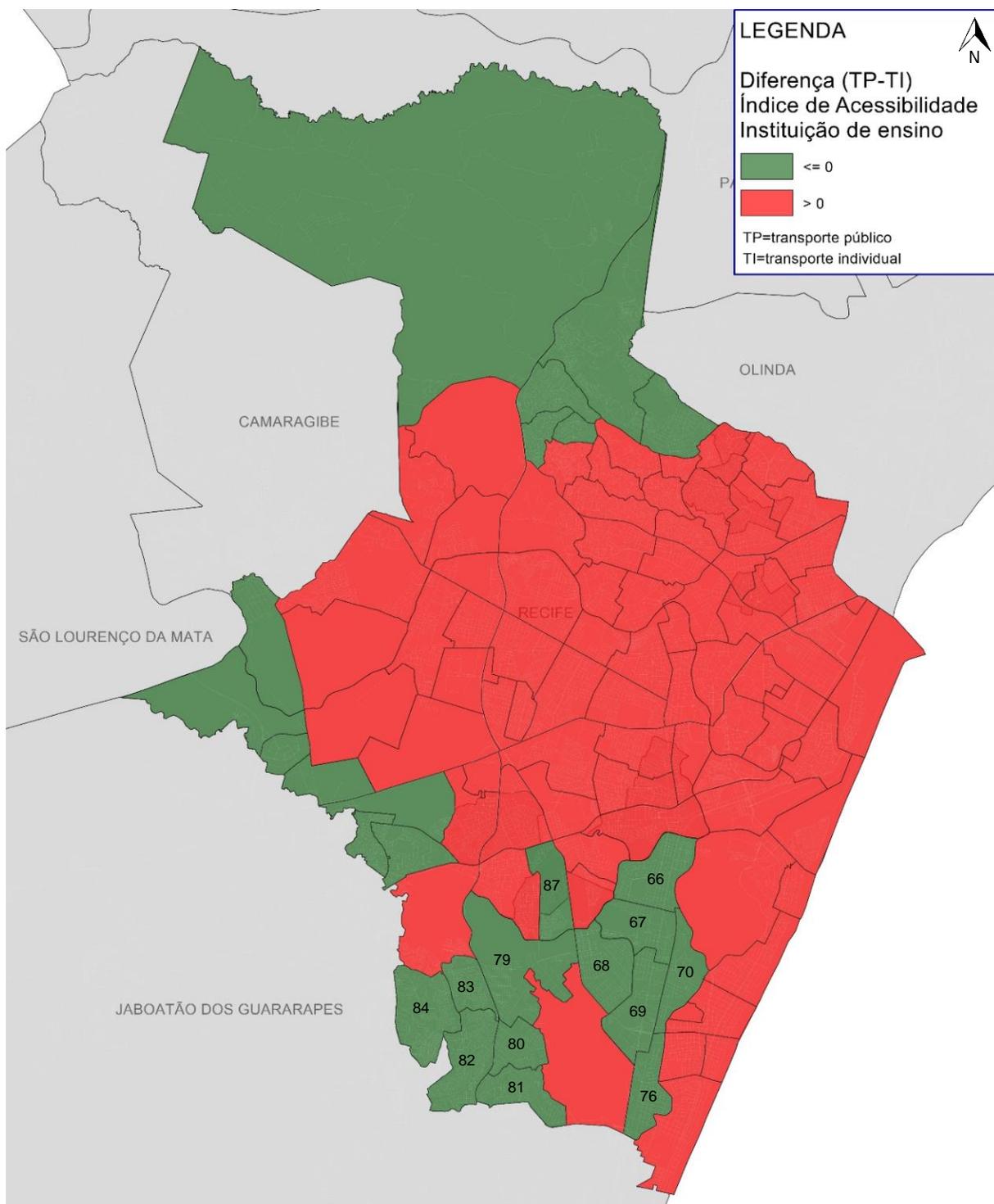
Uma importante análise que pode ser feita é a diferença entre os Índices de Acessibilidade do usuário de TP e TI (Figura 16) às instituições de ensino públicas. Se essa diferença for positiva, a acessibilidade do usuário de transporte individual é melhor (cor vermelha), enquanto que se for negativa, a acessibilidade é melhor entre os usuários de transporte coletivo (cor verde). O mapa, assim, salienta as zonas menos acessíveis na mudança do modo de transporte. 75,9% das zonas apresentaram índice de acessibilidade melhor entre os usuários de transporte individual. As zonas restantes, que tiveram acessibilidade melhor entre os usuários de TP, têm pouca (ou nenhuma) oferta de transporte público e a grande maioria se

localiza em uma macrozona de ambiente natural e sempre nas áreas mais periféricas da cidade.

A zona sul do Recife, novamente, tem comportamento diferente em comparação às outras regiões. Possivelmente a acessibilidade do usuário de TP é melhor nesse local (zonas 66 a 70, 76, 79 a 84 e 87) por ser uma região com grande número de pessoas de baixa renda, ou seja, que utilizam mais o transporte público coletivo. Além disso, especificamente nessas zonas há maior número de instituições de ensino, aumentando, assim, o componente de “área construída” da Equação 1.

Em suma, é notável a melhoria da acessibilidade para o usuário de TI em detrimento do usuário de TP, apontando a falta de sustentabilidade. Além disso, as zonas periféricas do município, as mais afastadas do centro, são as que possuem o pior acesso às instituições de ensino públicas. Isso destaca a péssima acessibilidade dos alunos da rede pública da cidade, principalmente os que possuem baixa faixa de renda, por morarem nas zonas mais periféricas, em sua maioria, e dependam do TP para acessar a instituição de ensino.

Figura 16 - Distribuição espacial da diferença entre o cálculo do índice de acessibilidade às instituições de ensino do transporte público e individual

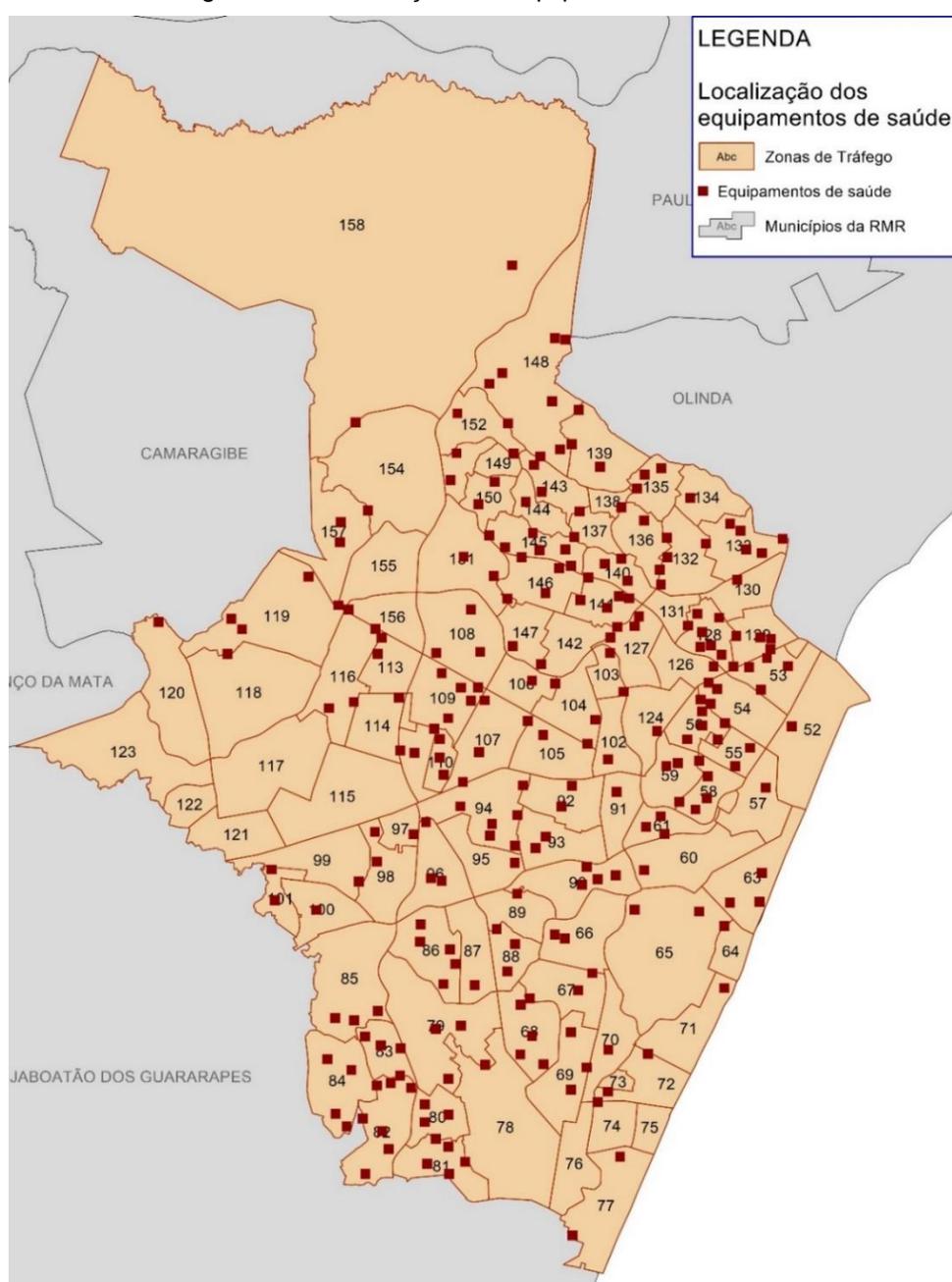


Fonte: A Autora (2018)

6.2.2 Acessibilidade aos equipamentos de saúde

A localização dos equipamentos de saúde (Figura 17) tem o comportamento bem similar à das instituições de ensino: são distribuídas ao longo de toda a cidade e algumas zonas não possuem nenhum equipamento. As zonas localizadas ao norte, as mais populosas da cidade, são as que possuem maior quantidade de equipamentos.

Figura 17 - Localização dos Equipamentos de Saúde



Fonte: A Autora (2018)

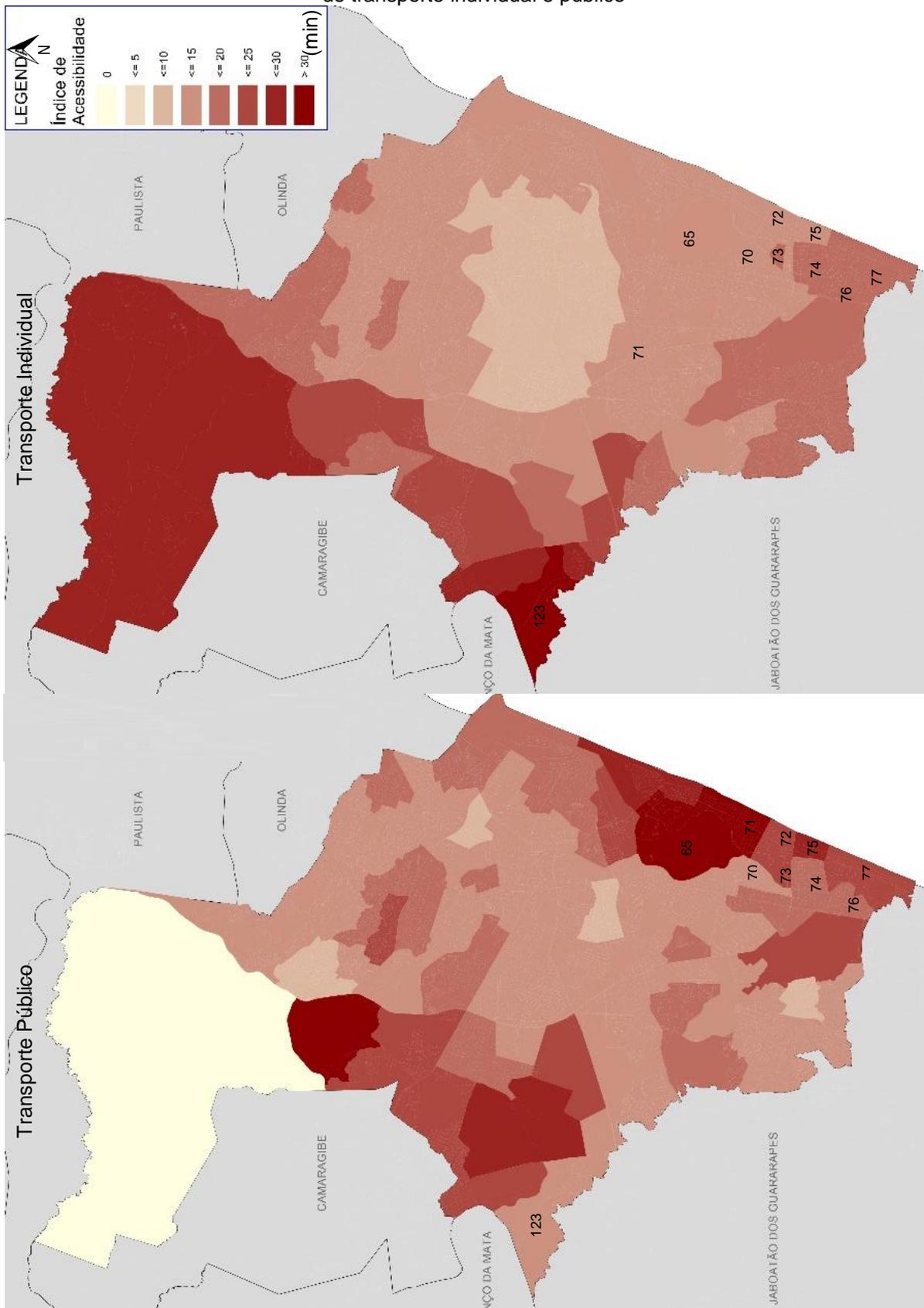
A distribuição espacial da acessibilidade das zonas de tráfego do Recife aos equipamentos de saúde estão apresentadas na Figura 18 (usuário de transporte motorizado individual e público). Assim como o caso das instituições de ensino públicas, na análise estatística, o Índice de Acessibilidade do usuário do transporte individual é melhor que o do usuário de transporte público coletivo.

A distribuição da acessibilidade do usuário de transporte individual revela que a área que possui melhor acessibilidade é bem concentrada ao centro e vai piorando à medida que se dirige às regiões periféricas. A zona 123 a oeste da cidade (próxima ao município de São Lourenço da Mata) possui o IA pior pelo mesmo motivo que às instituições de ensino: se insere em uma macrozona de ambiente natural, com baixo atendimento de transporte público coletivo e pouca quantidade de equipamentos de saúde públicos.

No geral, a acessibilidade às instituições de ensino é melhor que aos equipamentos de saúde para o usuário de transporte individual e pior para o usuário de transporte coletivo. Isso ocorre, provavelmente, devido à localização das edificações analisadas. Os equipamentos de saúde (hospitais, clínicas etc.) geralmente se localizam nas principais avenidas da cidade e próximas a pontos de embarque e desembarque do TP. Enquanto que as instituições de ensino localizam-se na sua maioria em vias locais e áreas prioritariamente residenciais.

Ao analisar a distribuição do IA do usuário de transporte público coletivo, é possível aferir visualmente a melhoria da acessibilidade em comparação com as instituições de ensino (Figura 18). Adicionalmente, as zonas norte, sul e centrais da cidade (a leste da BR-101) possuem a acessibilidade mais adequadas que as zonas localizadas a oeste. Na região sul da cidade (zonas 65, 70 a 77), o comportamento da acessibilidade é bem similar ao das instituições de ensino.

Figura 18 - Distribuição espacial do índice de acessibilidade aos equipamentos de saúde por usuários do transporte individual e público

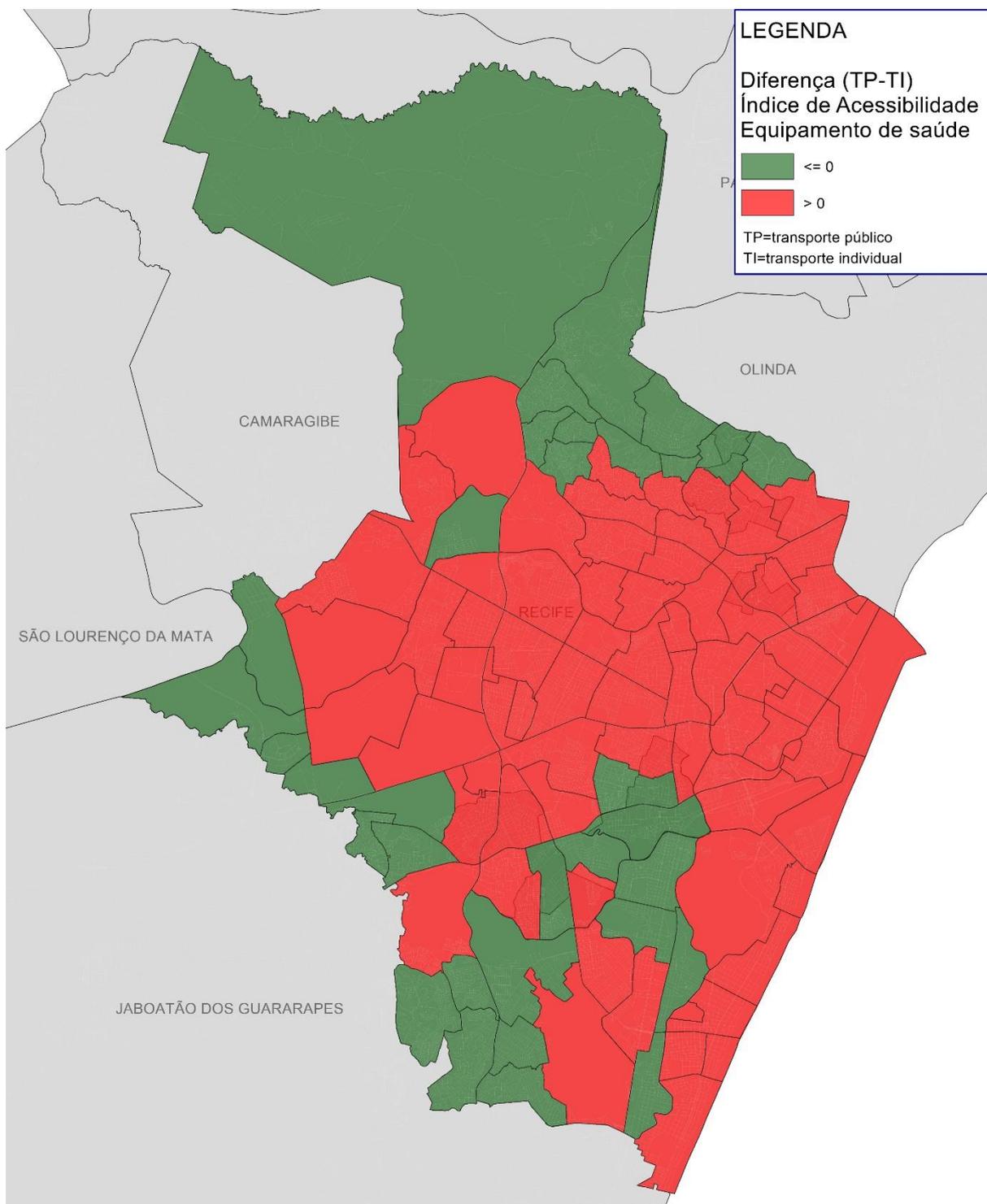


Fonte: A Autora (2018)

A distribuição espacial englobando os resultados da diferença entre os valores do Índice de Acessibilidade do TP e TI, respectivamente, está apresentada na Figura 19. Como comentado anteriormente, é visível que a acessibilidade aos equipamentos de saúde é superior que às instituições de ensino. Diferentemente do IA às instituições de ensino, no IA aos equipamentos de saúde 69,44% das zonas de tráfego apresentaram melhoria na acessibilidade do modo TI, salientando a melhoria do TP quando se compara os dois motivos de viagens. É possível perceber no mapa que a melhoria ocorre tanto em áreas ao norte da cidade quanto ao sul, reafirmando que não foi um progresso pontual, mas em várias regiões da cidade.

Em resumo, o comportamento do IA entre as instituições de ensino e os equipamentos de saúde é bastante similar. É visível a melhoria da acessibilidade nas áreas centrais da cidade e, conforme foi destacado na análise estatística, a acessibilidade aos equipamentos de saúde foi mais constante, os valores variaram menos. Assim, de maneira geral, a acessibilidade aos equipamentos de saúde públicos é considerada mais favorável que às instituições de ensino públicas.

Figura 19 - Distribuição espacial da diferença entre o cálculo do índice de acessibilidade aos equipamentos de saúde do transporte público e individual



Fonte: A Autora (2018)

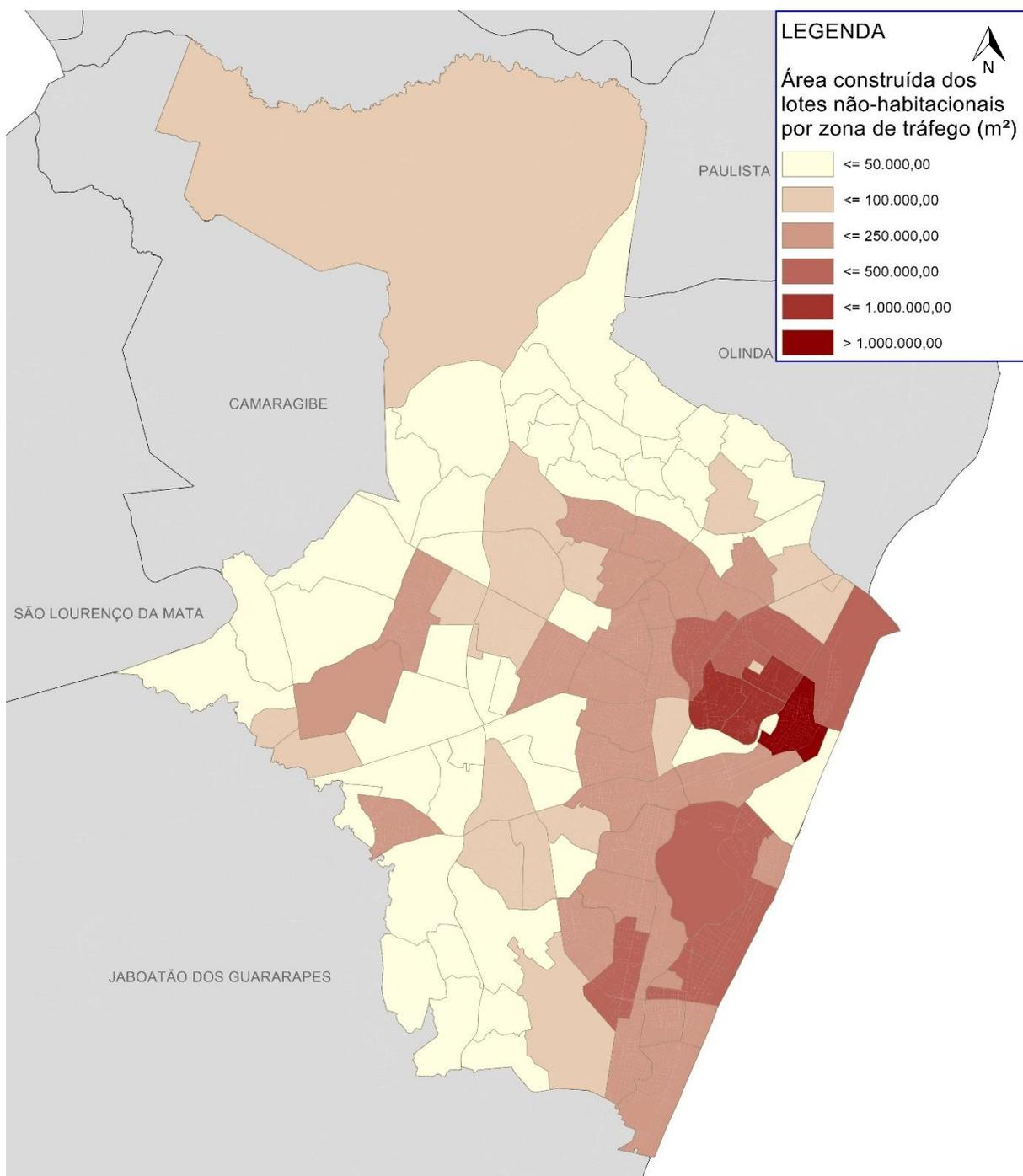
6.2.3 Acessibilidade às oportunidades

Ao avaliar o Índice de Acessibilidade às oportunidades, que é o acesso aos empregos e postos de trabalho, foram considerados os lotes não-habitacionais da cidade. Os tipos de uso considerados nessa análise foram:

- i. loja;
- ii. edificação especial;
- iii. indústria;
- iv. edifício misto;
- v. templo religioso;
- vi. galpão;
- vii. edifício comercial/serviços;
- viii. posto de abastecimento;
- ix. instituição financeira;
- x. instituição educacional;
- xi. edifício garagem;
- xii. sala;
- xiii. hospital;
- xiv. galpão fechado;
- xv. hotel;
- xvi. centro comercial/serviços;
- xvii. garagem residencial; e
- xviii. crítica.

De acordo com os dados coletados no ESIG, foi possível calcular a área construída dos lotes não-habitacionais supracitados por zona de tráfego cuja representação está apresentada na Figura 20 No mapa, é possível verificar que a maior parte das oportunidades de emprego concentram-se na região central da cidade. Nas áreas mais periféricas, afastadas do centro e próximas aos outros municípios da RMR, a quantidade de postos é bem inferior, principalmente na região mais ao norte da cidade, que concentra grande parte da população recifense.

Figura 20 - Localização das Oportunidades



Fonte: A Autora (2018)

O cálculo do Índice de Acessibilidade às oportunidades de emprego do Recife está representado na Figura 21 (usuário de transporte individual e público). Para ambos os modos, é possível verificar que a área litorânea da cidade tem uma boa acessibilidade às oportunidades da cidade, assim como a área central, situação que se repete em todas as análises realizadas anteriormente.

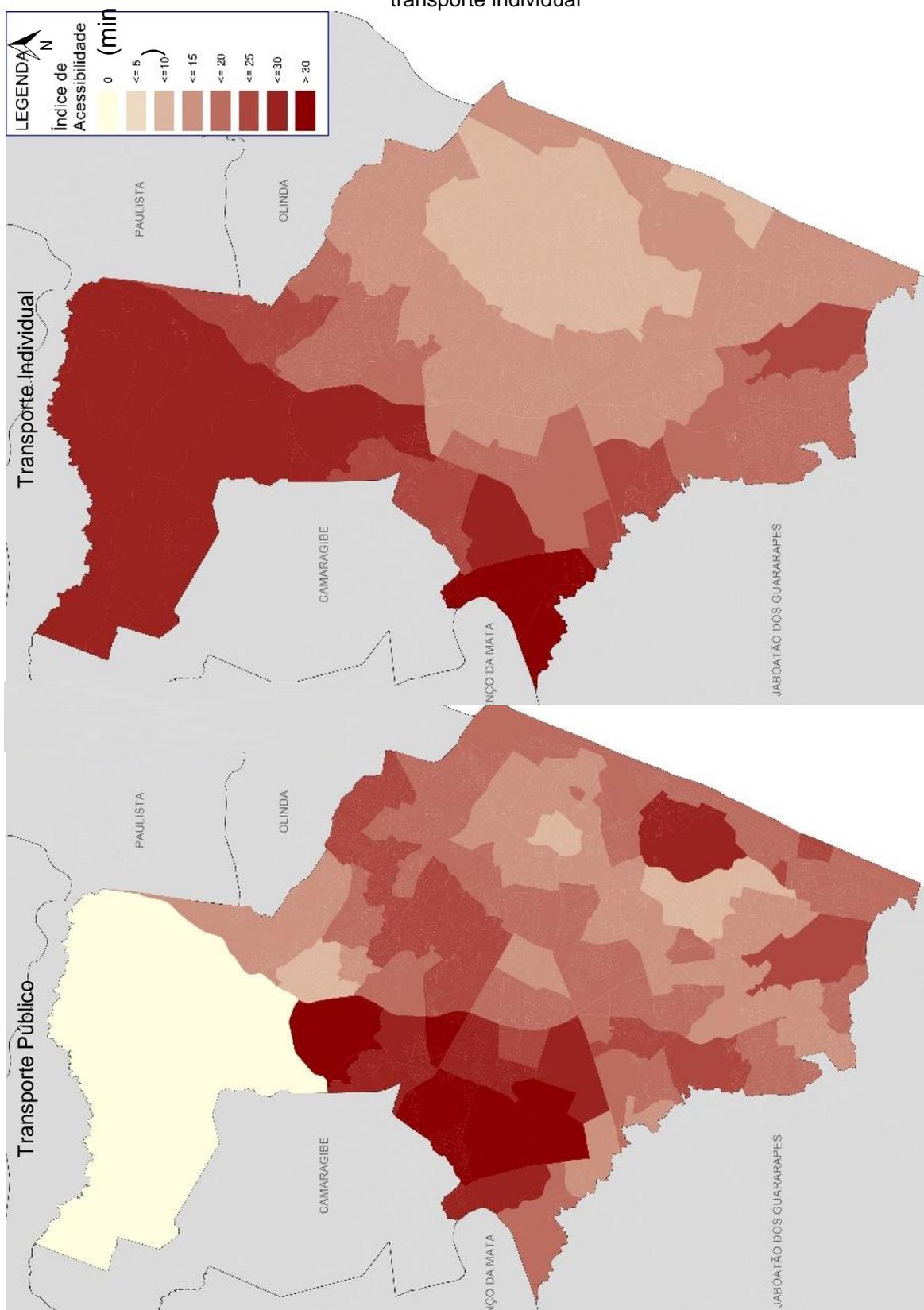
Com a análise das oportunidades é possível afirmar que a região oeste da cidade (a oeste da BR-101) é a que possui a pior acessibilidade da cidade. O resultado foi comprometido em - todas as verificações feitas, incluindo motivos e modos de viagem. Uma das possíveis explicações para esse fato é a falta de transporte público de qualidade na região e de oportunidades de emprego, saúde e educação, obrigando os moradores a terem que se deslocar a locais mais distantes para atender suas necessidades.

A zona sul da cidade obteve bons resultados do IA nos dois modos analisados, comparando com os outros motivos de viagem estudados (educação e saúde). Essa região possui diversos corredores de transporte público coletivo segregados parcialmente e alto número de oportunidades, como centros comerciais, supermercados e edificações comerciais e de serviços. Além disso, a única via expressa da cidade é localizada neste território, facilitando o acesso do usuário de TI.

Ao contrário da melhoria da acessibilidade na zona sul, a zona norte da cidade possui visivelmente uma acessibilidade pior às oportunidades, quando comparada às instituições de ensino e aos equipamentos de saúde. Além disso, foi observado que quanto mais próximo do litoral, melhor a acessibilidade, na análise do TI. As zonas periféricas possuem sempre índices piores.

A distribuição espacial da diferença entre os resultados dos IA calculados estão apresentados na Figura 28. 75% das zonas de tráfego apresentaram melhoria na acessibilidade do modo TI, em comparação com o TP, resultado bem similar ao cálculo das instituições de ensino.

Figura 21 - Distribuição espacial do índice de acessibilidade às oportunidades por usuários do transporte individual



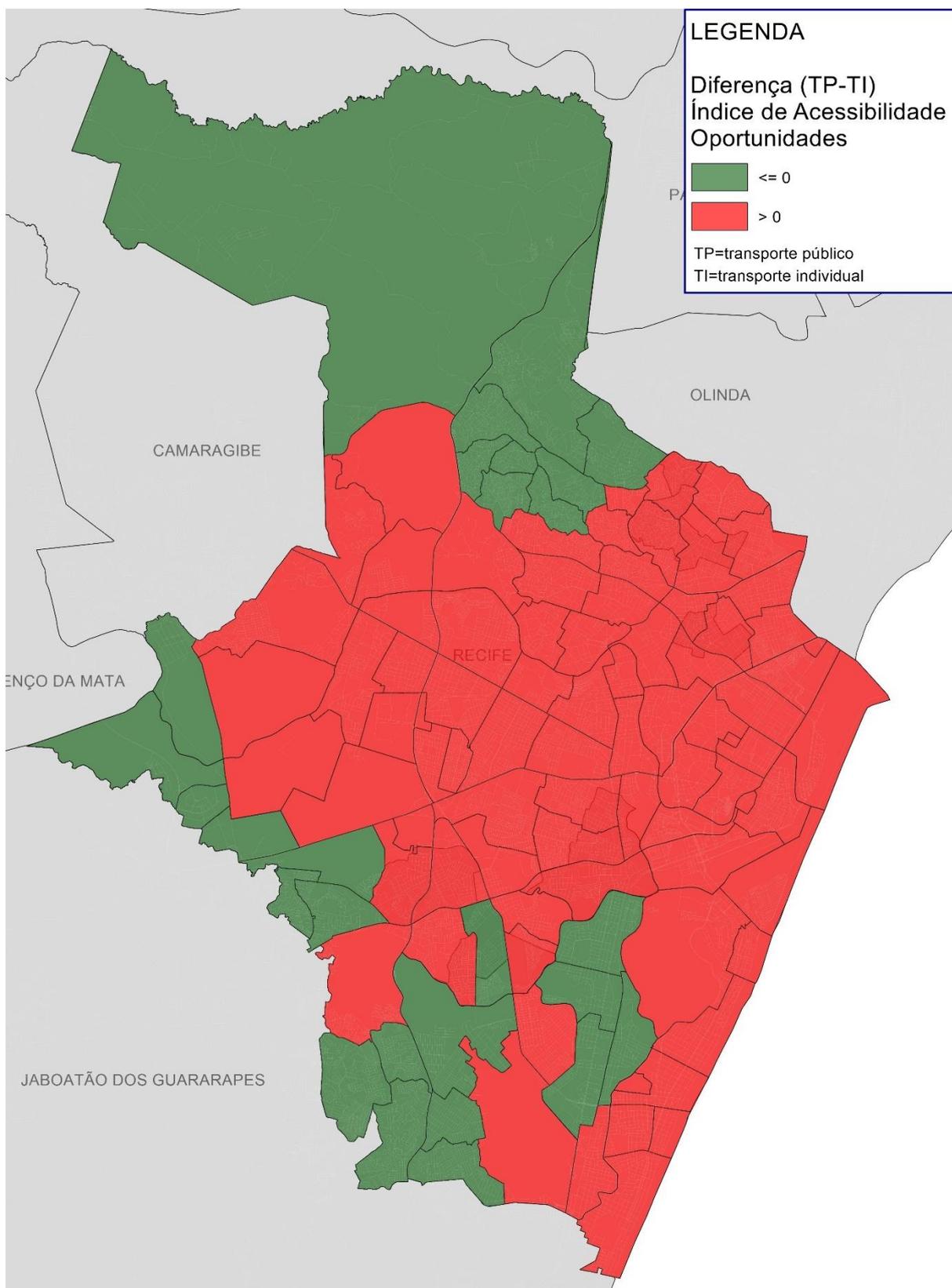
Fonte: A Autora (2018)

Em síntese, é possível chegar a várias conclusões ao analisar todos os tipos de uso desse trabalho. A distribuição da acessibilidade para o usuário do TI tem o comportamento bastante similar: quanto mais ao centro e litoral da cidade, melhor o acesso, quanto mais próximo das áreas periféricas, pior o acesso. A região periférica que possui o acesso melhor, em comparação a outros locais, é a localizada próximo ao município de Jaboatão dos Guararapes.

Já em relação ao transporte público, a variação dos valores não tem o comportamento tão “bem distribuído” quanto o do TI. Mas, em geral, é evidente a dificuldade do acesso das regiões periféricas, principalmente das zonas oeste e norte. Pode-se aferir que as possíveis causas são que a região norte possui altos declives, dificultando bastante o acesso, inclusive do usuário de TI. A zona sul possui alguns benefícios por possuir corredores de transportes mais estruturados, inclusive com o sistema metrô, e faixas de circulação exclusiva do TP.

A análise dos mapas tende à compreensão de que as oportunidades da cidade estão localizadas em áreas específicas. As regiões periféricas são as que possuem menor quantidade de edificações do referido tipo de uso, prejudicando a acessibilidade de seus habitantes. Uma possível melhoria desse índice seria a implantação de políticas públicas que estimulassem a implantação de edificações e polos geradores de viagens em locais que possuam baixo índice de acessibilidade. Essa conjunção também foi testada nesse trabalho e faz parte do seu objetivo geral.

Figura 22 - Distribuição espacial da diferença entre o cálculo do índice de acessibilidade às oportunidades do transporte público e individual



Fonte: A Autora (2018)

6.3 IMPLANTAÇÃO DE UM PGV E SUA RELEVÂNCIA SOBRE A ACESSIBILIDADE

Além dos cálculos do Índice de Acessibilidade da cidade do Recife para três motivos de viagem e dois modos de transporte distintos, foi realizada uma análise específica para avaliar os efeitos e consequências provocados na acessibilidade com a implantação de um Polo Gerador de Viagem a uma região prejudicada. Esse cenário faz parte de um dos objetivos específicos deste trabalho e seu exemplo de cálculo está apresentado no Apêndice B. A fórmula utilizada (Equação 1) para o cálculo do IA tem como um de seus componentes a área construída do lote (do tipo de uso analisado). Para desenvolver essa hipótese foi escolhida a zona de tráfego 100 (Figura 23), localizada a oeste da BR-101. O motivo da escolha é que essa região conta com péssima acessibilidade em ambos os modos analisados. Outra importante observação a ser feita é que cerca de 74% da sua população possui faixa de renda inferior a 2 salários mínimos.

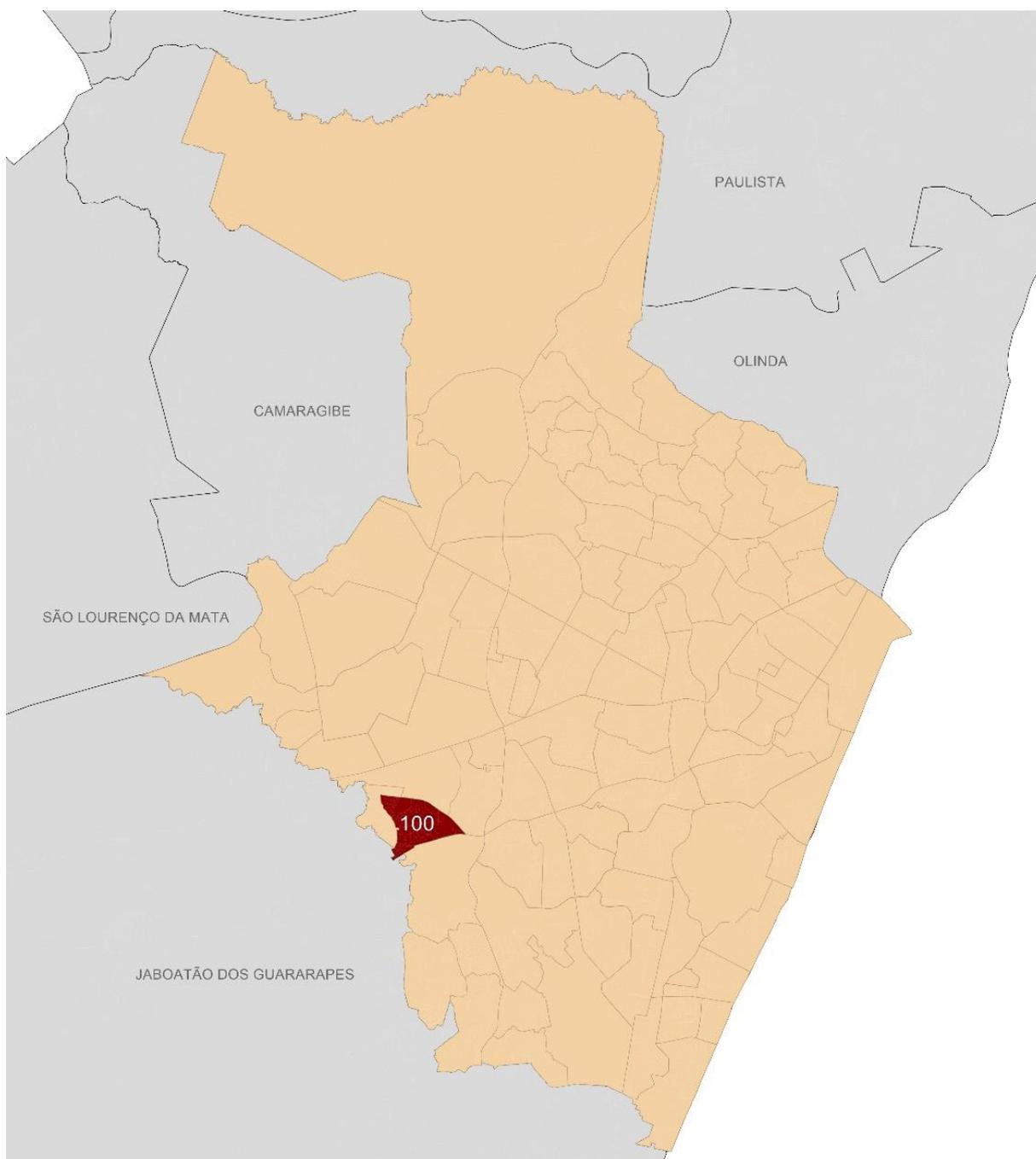
Os valores do cálculo do IA para a zona de tráfego estão dispostos na Tabela 16. De maneira geral, os resultados foram semelhantes nos três tipos de uso analisados e melhores para o usuário de TP, quando comparado com o usuário de TI. No transporte individual, o acesso aos equipamentos de saúde é melhor que às oportunidades e instituições de ensino, provavelmente por ser uma zona majoritariamente residencial, com poucos lotes não-habitacionais.

Tabela 16 -: Índice de Acessibilidade da zona de tráfego 100

| TIPO DE USO | MODO | |
|---------------|------------|----------|
| | INDIVIDUAL | PÚBLICO |
| Educação | 20,45min | 15,45min |
| Saúde | 19,29min | 15,45min |
| Oportunidades | 21,67min | 15,80min |

Fonte: A Autora (2018)

Figura 23 -: Localização da zona de tráfego escolhida para análise de implantação de um PGV



Fonte: A Autora (2018)

Para verificar a aplicação do indicador, foi implantado um PGV de área igual a 20.000m², que pode compreender, por exemplo, um centro comunitário (englobando, assim, os tipos de uso oportunidade e educação). Assim, após a introdução do empreendimento, foram obtidos os valores para o IA apresentados na Tabela 17 para o acesso às oportunidades da cidade. O usuário do TP teve um ganho de 0,19% no seu tempo de acesso e o usuário de TI, 0,18%.

Tabela 17 - Índice de Acessibilidade da zona de tráfego 100 após a implantação do PGV de 20.000m²

| TIPO DE USO | MODO | |
|---------------|------------|----------|
| | INDIVIDUAL | PÚBLICO |
| Oportunidades | 21,63min | 15,77min |

Fonte: A Autora (2018)

A implantação de um PGV pode trazer diversos impactos positivos e negativos a uma região, ocorrências que são modificadas e analisadas ao longo do tempo (de médio a longo prazo). Com a correta análise e estudo de seus impactos e mitigação das consequências negativas, o empreendimento pode beneficiar uma grande quantidade de pessoas, residentes não apenas na zona de tráfego em que o PGV foi introduzido, mas também nas regiões vizinhas. É possível afirmar, assim, que há benefícios na acessibilidade de uma zona de tráfego quando na implantação de um PGV. Porém, para que o valor do IA seja ainda mais significativo, deve haver melhorias no sistema de transportes existente, facilitando o acesso ao empreendimento em questão e diminuindo o tempo de viagem.

Outra verificação que foi realizada foi a introdução de um PGV de área igual a 100.000 m² na mesma zona de tráfego. Os resultados estão apresentados na Tabela 18. Já é possível observar uma melhoria de cerca de 1% no IA da zona. A área é bastante grande para um empreendimento isolado, porém poderia configurar uma centralidade, uma junção de diversos empreendimentos de diversas finalidades, diminuindo as distâncias necessárias de deslocamento para atender as necessidades da população. Seria uma ótima opção para as zonas com IA insatisfatório.

Tabela 18 - Índice de Acessibilidade da zona de tráfego 100 após a implantação do PGV de 100.000m²

| TIPO DE USO | MODO | |
|---------------|------------|----------|
| | INDIVIDUAL | PÚBLICO |
| Oportunidades | 21,49min | 15,67min |

Fonte: A Autora (2018)

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As principais temáticas relacionadas ao planejamento de transportes, mobilidade e acessibilidade estão gerando novos paradigmas. Uma das principais considerações que estão sendo integradas ao processo de gestão e planejamento da cidade é o fator da inclusão social. Analogamente, a equidade, justiça social e qualidade de vida são características conferidas aos locais que possuem alto nível de acessibilidade. O Índice de Acessibilidade desponta, assim, como um bom indicador da qualidade locacional de empreendimentos de impacto e de qual modo a implantação de um empreendimento pode afetar, positivamente ou não, a acessibilidade de uma região.

Este trabalho atingiu todos os seus objetivos específicos e o geral, que ditava sobre a proposição de uma metodologia avaliadora da acessibilidade de uma região. Essa metodologia se diferencia por utilizar componentes viáveis e de fácil manuseio por meio do poder público. O fato de utilizar apenas dois componentes, o tempo de viagem e as áreas não-habitacionais, torna-o pioneiro e integra os dois elementos primordiais que permitem o estudo da acessibilidade da cidade: os transportes e o uso do solo. A forma como a metodologia é desenvolvida, o *software* utilizado e a qualidade dos dados coletados são elementares para a eficiência do cálculo do indicador. Se realizada de maneira correta, se torna uma ferramenta significativa e essencial para a recomendação de possíveis cenários e seleção das melhores alternativas, tornando o Índice de Acessibilidade, assim, um dos principais colaboradores do poder público no que se refere à criação e implementação de políticas públicas de transportes.

A cidade do Recife foi escolhida como estudo de caso. Foi executado e analisado o cálculo do Índice de Acessibilidade às instituições de ensino públicas, aos equipamentos de saúde e às oportunidades de emprego do município para os usuários de transporte público coletivo e transporte motorizado individual. Analisar separadamente os tipos de uso do solo distintos é importante para identificar os problemas específicos e formular as possíveis soluções de cada uso. O mesmo ocorre com os dois modos de transporte analisados.

De maneira geral, em todo os usos analisados, os resultados convergiram ao entendimento de que a acessibilidade do usuário de transporte individual é mais satisfatória que a do usuário de transporte público coletivo. Isso ocorre em decorrência do alto tempo de viagem englobado pelo usuário de transporte coletivo (que soma o tempo de caminhada ao ponto de embarque, a espera, o tempo de viagem, o tempo de transferência – se for o caso). Esse desfecho reafirma a necessidade de políticas públicas direcionadas à melhoria do funcionamento do sistema de transportes da cidade para que o tempo de viagem diminua.

A análise espacial dos resultados foi primordial para identificar as regiões da cidade com pior acessibilidade. O território à oeste da BR-101, local mais periférico da cidade, obteve os piores indicadores calculados. Diversos fatores podem explicar esse fato, como a falta de transporte público coletivo de alta capacidade na região, a péssima qualidade do TP existente e a baixa concentração de instituições de ensino, equipamentos de saúde e empregos na região.

A região central do município foi identificada como a mais acessível. Em todas as análises realizadas, seus resultados foram sempre mais satisfatórios que os demais. Não por coincidência, configura um dos locais com maior concentração de habitantes cuja faixa de renda é superior a vinte salários mínimos. Outro local com a mesma característica de população com alta faixa de renda, a zona sul, obteve ótimos resultados no estudo da acessibilidade às oportunidades. Essa região é evidenciada pelo alto número de oportunidades de emprego, por comportar numerosas edificações comerciais e de serviços.

A região norte da cidade é, talvez, a mais importante a ser estudada por conta da alta concentração de moradores (por volta de 40% dos habitantes do Recife) e de população com faixa de renda baixa. A sua área é caracterizada por ter altos declives e péssima acessibilidade devido à ocupação desordenada e desenfreada e a falta de infraestrutura apropriada. Na avaliação da acessibilidade às instituições de ensino e equipamentos de saúde, os resultados foram medianos em comparação a outras regiões da cidade, provavelmente porque um dos principais modos de transporte

utilizados pelos moradores para essas finalidades (saúde e educação) é a caminhada, que não foi analisada neste estudo. Porém, na verificação da acessibilidade às oportunidades, é possível observar a vulnerabilidade a qual a população está suscetível. Há poucas oportunidades de emprego na região e os trabalhadores precisam se deslocar grandes distâncias para chegar ao trabalho, deparando-se com altos tempos de viagem. Junto a isso, o sistema de transportes é escasso na região, com baixa frequência, capacidade e falta de via arteriais que atendam à demanda básica.

Outra importante ponderação que pode ser levantada envolve as possíveis soluções para a melhoria da acessibilidade. A introdução de polos geradores de viagens nas regiões menos acessíveis revela que há melhoria na acessibilidade, mas talvez fosse mais significativa se houvesse um direcionamento na priorização de implantação, disseminação e desenvolvimento de centralidades nas áreas mais necessitadas. Além disso, é primordial a melhoria da qualidade do transporte público, facilitando o acesso dos moradores.

Por fim, pode-se afirmar que as pessoas incluídas nas faixas de renda mais altas moram nas regiões mais acessíveis, centrais e próximas de onde se encontram as oportunidades. Já as pessoas com faixas de renda mais baixas moram nas regiões menos acessíveis, mais periféricas e de difícil acesso. Essa constatação reafirma a necessidade de medidas mais eficazes que devem ser formuladas em conjunto entre as políticas de inclusão social e o planejamento dos transportes no combate à exclusão social e garantia da qualidade de vida.

As seguintes recomendações são dadas para futuros trabalhos e aprofundamentos sobre o tema:

- Utilização da mesma metodologia para calcular o Índice de Acessibilidade de outras cidades a fins de comparação entre os resultados e conclusões;
- Comparação entre a formulação dessa metodologia e outros indicadores de acessibilidade;

- Realização de um estudo mais aprofundado sobre os efeitos da acessibilidade na estrutura socioeconômica urbana; e
- Aplicação do Índice de Acessibilidade para outros tipos de uso e modos de transporte.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, B. L. **Processos de licenciamento de polos geradores de viagens: uma visão mais sustentável ao município de João Pessoa**. 2012. 105f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental, Universidade da Paraíba, João Pessoa, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/tede/5460/1/arquivototal.pdf>. Acesso em: 02 mai. 2017.
- ANTP. **Sonhar ainda é preciso**. São Paulo: Comdesenho, 2017. 128 p.
- ARAÚJO, M. R. M.; OLIVEIRA, J. M.; JESUS, M. S.; SÁ, N. R.; SANTOS, P. A. C.; LIMA, T. C. Transporte público coletivo: discutindo acessibilidade, mobilidade e qualidade de vida. **Psicologia & Sociedade**, v. 23, n. 3, p. 574-582, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/psoc/v23n3/15.pdf>. Acesso em: 02 mai. 2017.
- BEPPLER, F. R.; PRIM, J. S. **Análise do campus da universidade federal de Santa Catarina como um pólo gerador de viagens**. 2010. 61f. Trabalho de Diplomação (Bacharel) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010. Disponível em: <http://redpgv.coppe.ufrj.br/index.php/pt-BR/producao-da-rede/outras-publicacoes/471-tutorial-de-analise-do-campus-ufsc-2010/file>. Acesso em: 16 jul. 2017.
- BIGOTTE, J. F.; KRASS, D.; ANTUNES, A. P.; BERMAN, O. Integrated modelling of urban hierarchy and transportation network planning. **Transportation Research part A: Policy and Practice**, v. 44, n. 7, p 506-522, 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0965856410000595>. Acesso em: 16 jul. 2017.
- BRASIL. **Lei nº 14, de 08 de junho de 1973**. Estabelece as regiões metropolitanas de São Paulo, Belo Horizonte, Porto Alegre, Recife, Salvador, Curitiba, Belém e Fortaleza. Brasília, DF: Senado, 1973. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/Lcp14.htm. Acesso em: 16 jul. 2017.
- BRASIL. **Decreto nº 9.503, de 23 de setembro de 1997**. Institui o Código de Trânsito Brasileiro. Brasília, DF: Senado, 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9503.htm. Acesso em: 17 ago. 2017.
- BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria de Transporte e da Mobilidade Urbana. **Gestão integrada da mobilidade urbana**. Distrito Federal, 2006. 164 p. Disponível em: http://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2010/01/40%20-%20Gestao%20Integrada%20mobilidade%20urbana_MCidades.pdf. Acesso em: 29 mar. 2018.
- BRASIL. **Lei nº 12.587, de 03 de janeiro de 2012**. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana. Brasília, DF: Senado, 2012. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12587.htm. Acesso em: 10 fev. 2018.

CASCETTA, E.; MONTANINO, M.. A new measure of acessibility based on perceived opportunitines. **Procedia – Social and Behavioral Sciences**, v. 87, p. 117-132, 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042813040433>. Acesso em: 29 mar. 2018.

CASTRO, A. **Pólos geradores de tráfego**: aplicação e impactos nos empreendimentos residenciais em São Paulo. 2010. 273f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2010. Disponível em: <http://tede.mackenzie.br/jspui/bitstream/tede/2581/1/Ada%20Castro%201.pdf>. Acesso em: 02 mai. 2017.

CASTRO, Y. M.; MEIRA, L. H. Análise da Abrangência das Propostas da Conferência Municipal do Recife em relação à Política Nacional de Mobilidade Urbana. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA EM TRANSPORTE, 31., 2017, Recife. **Anais [...]**. Recife: ANPET, 2017. 12 p.

CERVERO, R. et al. Influences of Built Environments on Walking and Cycling: Lessons from Bogotá. **International Journal of Sustainable Transportation**, v. 3, n. 4, p. 203-226, 2009. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15568310802178314?journalCode=ujst> 20. Acesso em: 16 jul. 2017.

CET. **Pólos geradores de tráfego**. São Paulo: Companhia de Engenharia de Tráfego, 1983. 154 p. Boletim Técnico nº 32. Disponível em: <http://www.cetsp.com.br/media/65486/bt32-%20polos%20geradores%20de%20trafego.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2017.

CUNHA, R. F. F; PORTUGAL, L. S; GONÇALVES, F. S; COELHO, P. I. S. Estudos de Impactos. *In*: PORTUGAL, L. S. et al. **Polos geradores de viagens orientados a qualidade de vida e ambiental**: modelos e taxas de geração de viagens. Rio de Janeiro: Interciência, 2012, p. 73-104.

CURTIS, C. Planning for sustainable accessibility: the implementation challenge. **Transport Policy**, v. 15, n. 2, p. 104-112, 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0967070X07000868>. Acesso em: 29 mar. 2018.

DENATRAN. **Manual de procedimentos para o tratamento de pólos geradores de tráfego**. Brasília: DENATRAN/FGV, 2001, 84 p.

ESCH, M.; BALASSIANO, R. Polos geradores de viagens de natureza turística e seus impactos. *In*: RIO DE TRANSPORTES, 13., 2015, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: FETRANSPOR, 2015, 14 p. Disponível em:

<http://www.riodetransportes.org.br/wp-content/uploads/artigo101.pdf>. Acesso em: 08 jun. 2017.

GARCIA, C. S. H. F. et al. Strategic Assessment of Lisbon's Accessibility and Mobility Problems from an Equity Perspective. **Networks and Spatial Economics**, v. 18, n. 2, p 415-439, 2018. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11067-018-9391-4>. Acesso em: 17 ago. 2017.

GARRETT, M.; TAYLOR, B. D. **Reconsidering social equity in public transit**. 1999. Disponível em: <<https://escholarship.org/uc/item/1gm148mz>>. Acesso em: 07 jan. 2019.

GIRÃO, R. S.; PEREIRA, W. A. A.; FERNANDES, P. J. F. **Elaboração de índice de acessibilidade a partir da análise geoespacial em rede**. Fortaleza: Mercator. 2017, v. 16, 20 p.

GOLDNER, L. G. et al. Pólos Múltiplos Geradores de Viagens (PMGV). **Transportes**, v. 18, n. 1, p. 114-122, 2010. Disponível em: <https://www.revistatransportes.org.br/anpet/article/view/389>. Acesso em: 16 jul. 2017.

GONÇALVES, F. S.; LEMOS, D. S. C. P. S.; KNEIB, E. C.; PORTUGAL, L. S. Caracterização de Polos Geradores de Viagens. In: PORTUGAL, L. S. et al. **Polos geradores de viagens orientados a qualidade de vida e ambiental: modelos e taxas de geração de viagens**. Rio de Janeiro: Interciência, 2012. cap. 1, p. 3-44.

GOTO, M. **Uma análise de acessibilidade sob a ótica da equidade**. 2000. 88f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000. Disponível em: <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=Uma+an%C3%A1lise+de+acessibilidade+sob+a+%C3%B3tica+da+equidade>. Acesso em: 16 jul. 2017.

HENRIQUE, C. S. **Diagnóstico espacial da mobilidade e da acessibilidade dos usuários do sistema integrado de transporte de Fortaleza**. 2004. 165f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/4884>. Acesso em: 17 ago. 2017.

IBGE. **Censo demográfico 1940-2010**. Disponível em: <https://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=POP122>. Acesso em: 29 mar. 2018.

IBGE. **Panorama da cidade do Recife/PE**. 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/recife/panorama>. Acesso em: 05 jan. 2017.

KNEIB, E. C. **Caracterização de empreendimentos geradores de viagens: contribuição conceitual à análise de seus impactos no uso, ocupação e valorização do solo urbano**. 2004. 168f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) –

Departamento de engenharia civil e ambiental, Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2004. Disponível em:
<http://redpgv.coppe.ufrj.br/index.php/es/produccion/disertaciones-y-tesis/2004/56-contribuicao-conceitual-a-analise-de-seus-impactos-no-uso-ocupacao-e-valorizacao-do-solo-urbano/file>. Acesso em: 08 jun. 2017.

KNEIB, E. C. **Subcentros Urbanos: Contribuição Conceitual e Metodológica à sua definição e Identificação para Planejamento de Transportes**. 2008. 207f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil e Ambiental) – Departamento de engenharia civil e ambiental, Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2008. Disponível em:
<http://repositorio.unb.br/handle/10482/1765?mode=full>. Acesso em: 10 fev. 2018.

KNEIB, E. C.; SILVA, P. C. M.; PORTUGAL, L. S. Impactos decorrentes da implantação de pólos geradores de viagens na estrutura espacial das cidades. **Transportes**, v. 18, n. 1, p. 27-35, 2010. Disponível em:
<https://www.revistatransportes.org.br/anpet/article/view/381>. Acesso em: 10 fev. 2018.

KNEIB, E. C.; ANDRADE, D. L. E. P.; PALHARES, M. **Polos Geradores de Viagens Orientados à Qualidade de Vida e Ambiental – Caracterização dos Polos Geradores de Viagens**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 2010, 39 p. Disponível em:
<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUK Ewi20IPn9tziAhWIIkGHZdJBW0QFjAAegQIABAC&url=http%3A%2F%2Fredpgv.coppe.ufrj.br%2Findex.php%2Fes%2Fcuadernos%2Fmodulo-i%2Fcaracterizacione-de-los-pgvs%3Fdownload%3D88%3Acaderno-1-preliminar&usg=AOvVaw3WUOtRnQr9sZxHrWPOJ2Mw>. Acesso em: 10 fev. 2018.

KNEIB, E. C.; PORTUGAL, L. S. Caracterização da Acessibilidade e suas relações com a Mobilidade e o Desenvolvimento. In: PORTUGAL, L. S. et al. **Transporte, mobilidade e desenvolvimento urbano**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017, p. 65-88.

LITMAN, T. Evaluating Accessibility for Transport Planning. In: TRANSPORTATION RESEARCH BOARD ANNUAL MEETING, 87., 2018, Washington DC, Estados Unidos. **Anais [...]**. Washington: TRB, 2018. 61 p.

MANICA, F. **Polos geradores de viagens: caracterização dos percentuais das categorias de viagens geradas por um empreendimento comercial na cidade de Porto Alegre**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013. 78 p. Disponível em:
<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/78229/000896717.pdf?sequence=1>. Acesso em: 10 fev. 2018.

MARQUES, J. S. **Estudo de impacto de vizinhança: uma análise crítica feita por meio dos relatórios de impacto de vizinhança apresentados no DF**. 2010. 164 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

Disponível em:

http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/7366/1/2010_JanainadaSilvaMarques.pdf.

Acesso em: 08 jun. 2017.

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

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S096669231200230X>. Acesso em: 05 jan. 2017.

MEIRA, L.H.; ANDRADE, M.O.; MAIA, M.L.A. Mobilidade Crítica em um território gerador de viagens: O Caso do Complexo Industrial Portuário de Suape. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA EM TRANSPORTE, 26., 2012, Joinville. **Anais [...]**. Joinville: ANPET, 2012. 12 p.

MEYER, M.; SCHUMAN, R. **Transportation performance measures and data.**

Washington: Institute of Transportation Engineers. ITE Journal, 2002, ed. 11, vol. 72, p. 48-49.

MITCHELL, G. Problems and fundamentals of sustainable development indicators.

Sustainable Development, v. 4, n. 1, p. 1-11, 1996. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/227651004_Problems_and_Fundamentals_of_Sustainable_Development_Indicators. Acesso em: 10 fev. 2018.

MUELLER, C.; TORRES, M.; MORAIS, M. Referencial básico para a construção de um sistema de indicadores urbanos. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 1997.

PORTUGAL, L. S. et al. **Polos Geradores de Viagens orientados a Qualidade de**

Vida e Ambiental: modelos e taxas de geração de viagens. Rio de Janeiro:

Interciência, 2012, 1. ed., 748 p.

PORTUGAL, L. S; MELLO, A. J. R. Um panorama inicial sobre transporte,

mobilidade, acessibilidade e desenvolvimento urbano. In: PORTUGAL, L. S. et al.

Transporte, mobilidade e desenvolvimento urbano. Rio de Janeiro: Elsevier,

2017. cap. 1, p. 1-18.

PRESTON, J.; RAJE, F. Accessibility, mobility and transport-related social exclusion.

Journal of Transport Geography, 15(3), p. 151-160, 2007. Disponível em:

<https://eprints.soton.ac.uk/53381/>. Acesso em: 07 jan. 2019.

RECIFE (MUNICÍPIO). Lei nº 17.511, de 2008. Promove a revisão do plano diretor do Recife. Recife, 2008. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a1/plano-diretor-recife-pe>. Acesso em: 05 jan. 2017.

RECIFE. Secretaria de Planejamento Urbano. Instituto da Cidade Pelópidas Silveira.

Pesquisa origem-destino do Recife. Recife: ICPS, 2016. Relatório Executivo. Ed.

2016. Disponível em: <http://planodemobilidade.recife.pe.gov.br/node/61265>. Acesso

em: 05 jan. 2017.

RECIFE. Secretaria de Planejamento Urbano. Instituto da Cidade Pelópidas Silveira. **Caderno Diagnóstico do Plano de Mobilidade Urbana do Recife**. Recife: ICPS, 2017. Disponível em: <http://planodemobilidade.recife.pe.gov.br/node/9>. Acesso em: 10 fev. 2018.

RODRIGUE, J. P. Nova York. Transportation and Accessibility. **The Geography of Transport Systems**, v. 4, 440 p., 2017. Disponível em: <https://transportgeography.org/?page_id=6945>. Acesso em: 12 out. 2018.

RUBULOTTA, E.; IGNACCOLO, M.; INTURRI, G.; ROFÈ, Y. Accessibility and centrality for sustainable mobility: regional planning case study. **Journal of Urban Planning and Development**, v. 139, n. 2, p. 115-132, 2013. Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29UP.1943-5444.0000140>. Acesso em: 10 fev. 2018.

SANTOS, D. V. C.; FREITAS, I. M. D. P. Medidas de mobilidade urbana sustentável (MMUS) propostas para o licenciamento de polos geradores de viagens. **Transportes**, 22(2), p. 11-22, 2014. Disponível em: <https://www.revistatransportes.org.br/anpet/article/view/689>. Acesso em: 10 fev. 2018.

SÃO PAULO (MUNICÍPIO). **Decreto nº 15.980, de 29 de junho de 1979**. Dispõe sobre o ordenamento do processo de aprovação de projetos de edificações de que trata o item IV do artigo 7º da lei Nº 8777, de 14 de setembro de 1978, regulamenta, parcialmente, a parte “E” da lei Nº 8266, de 20 de junho de 1975, e dá outras providências. São Paulo, 1979. Disponível em: <http://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/decreto-15980-de-29-de-junho-de-1979>. Acesso em: 05 jan. 2017.

SÃO PAULO (MUNICÍPIO). **Decreto nº 32.329, de 2 de setembro de 1992**. Regulamenta a Lei nº 11.228, de 25 de junho de 1992 – Código de Obras e Edificações, e dá outras providências. São Paulo, 1992. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/upload/santo_amaro/acesso_a_informacao/Perguntas%20frequentes/DECRETO32329_COE_pref_Sao_paulo.pdf. Acesso em: 05 jan. 2017.

SHIMBEL, A. Structural parameters of communication networks. **Bulletin of Mathematical Biophysics**, v. 15, p. 501-507, 1953. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02476438>. Acesso em: 05 jan. 2017.

SICHE *et al.* Índices versus Indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. **Ambiente e Sociedade**, v. 10, n. 2, p. 137-148, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/asoc/v10n2/a09v10n2.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2018.

SILVA, M. A. **Estudo da incorporação da acessibilidade à atividade na análise da demanda por viagens encadeadas**. 2011. 267f. Tese (Doutorado em Planejamento e Operação de Sistemas de Transportes) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011. Disponível em:

<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18144/tde-15022012-165835/pt-br.php>. Acesso em: 06 jan. 2019.

SILVA, T. A. B.; SOUZA, C. R. B. Perspectiva de uma mobilidade e acessibilidade urbana sustentável. In: SIMPÓSIO DE SUSTENTABILIDADE E CONTEMPORANEIDADE NAS CIÊNCIAS SOCIAIS, 5., 2017, Cascavél. **Anais [...]**. Cascavél: COOPEX, 2017, 12 p.

SILVEIRA, J. A. R.; CASTRO, A. A. B. C. C. João Pessoa. Mobilidade Urbana (e para além dela). **Minha Cidade**, v. 15, 2014. Disponível em: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/minhacidade/15.171/5325>. Acesso em: 02 out. 2018.

VENTER, C. Developing a common narrative on urban accessibility: a transportation perspective. **Brookings**, v. 1, 44 p., 2016. Disponível em: <https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2017/01/transportation-digital.pdf>. Acesso em: nov. 2018.

VRIENS, D.; HENDRIKS, P. How to define problems: a systemic approach. In: TIMMERMANS, H. Decision Support Systems in Urban Planning. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 21, n. 1, p. 16-23, 2005. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1068/b210001>. Acesso em: 10 fev. 2018.

WILSON, A. G. A family of spatial interaction models and associated developments. **Environment and Planning A**, v. 3, n. 1, p. 1-32, 1971. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/23538596_A_family_of_spatial_interaction_models_and_associated_developments. Acesso em: 10 fev. 2018.

YAN, L. Londres. **Public transport accessibility index: can they help discern issues of social equity?** Disponível em: <https://leyankoh.com/2018/01/12/public-transport-accessibility-index-can-they-help-discern-issues-of-social-equity/>. Acesso em: 04 out. 2018.

APÊNDICE A – RESULTADOS DO ÍNDICE DE ACESSIBILIDADE

ACESSIBILIDADE ÀS OPORTUNIDADES

| CODIGO DA ZONA DE TRÁFEGO | ÍNDICE DE ACESSIBILIDADE – OPORTUNIDADES (min) | | CODIGO DA ZONA DE TRÁFEGO | ÍNDICE DE ACESSIBILIDADE – OPORTUNIDADES (min) | |
|---------------------------|------------------------------------------------|--------------------|---------------------------|------------------------------------------------|--------------------|
| | TRANSPORTE INDIVIDUAL | TRANSPORTE PÚBLICO | | TRANSPORTE INDIVIDUAL | TRANSPORTE PÚBLICO |
| 52 | 10,85 | 19,24 | 86 | 13,88 | 16,85 |
| 53 | 9,90 | 18,43 | 87 | 14,36 | 13,80 |
| 54 | 9,20 | 14,78 | 88 | 13,47 | 15,89 |
| 55 | 8,51 | 14,90 | 89 | 11,68 | 11,89 |
| 56 | 8,30 | 12,16 | 90 | 9,35 | 10,40 |
| 57 | 9,10 | 14,15 | 91 | 8,92 | 12,72 |
| 58 | 7,87 | 13,87 | 92 | 9,68 | 15,45 |
| 59 | 7,58 | 9,96 | 93 | 9,31 | 12,24 |
| 60 | 8,12 | 17,45 | 94 | 10,86 | 16,57 |
| 61 | 7,92 | 12,52 | 95 | 11,67 | 15,99 |
| 62 | 8,49 | 15,19 | 96 | 13,36 | 15,45 |
| 63 | 11,00 | 16,49 | 97 | 13,22 | 19,51 |
| 64 | 8,88 | 18,19 | 98 | 14,27 | 20,20 |
| 65 | 10,39 | 25,62 | 99 | 23,89 | 15,88 |
| 66 | 9,69 | 8,50 | 100 | 21,49 | 15,67 |
| 67 | 10,67 | 8,18 | 101 | 21,95 | 14,10 |
| 68 | 11,87 | 13,56 | 102 | 8,60 | 12,49 |
| 69 | 12,25 | 12,09 | 103 | 10,07 | 18,99 |
| 70 | 11,22 | 9,58 | 104 | 9,37 | 18,61 |
| 71 | 9,44 | 19,37 | 105 | 9,50 | 18,06 |
| 72 | 10,21 | 18,64 | 106 | 10,36 | 20,53 |
| 73 | 12,99 | 20,63 | 107 | 10,66 | 14,27 |
| 74 | 11,71 | 18,19 | 108 | 12,96 | 20,15 |
| 75 | 11,15 | 21,96 | 109 | 12,00 | 18,26 |
| 76 | 14,51 | 15,89 | 110 | 11,74 | 15,29 |
| 77 | 12,87 | 20,09 | 111 | 12,20 | 16,79 |
| 78 | 20,28 | 23,92 | 112 | 12,43 | 18,42 |
| 79 | 19,32 | 14,79 | 113 | 14,10 | 26,75 |
| 80 | 17,74 | 13,89 | 114 | 13,28 | 22,28 |
| 81 | 17,82 | 15,98 | 115 | 15,91 | 26,23 |
| 82 | 19,71 | 14,78 | 116 | 15,63 | 28,47 |
| 83 | 16,67 | 15,64 | 117 | 19,64 | 37,21 |
| 84 | 18,77 | 15,68 | 118 | 25,64 | 39,19 |
| 85 | 16,24 | 24,11 | 119 | 23,96 | 33,30 |

continua

| CODIGO DA ZONA DE TRÁFEGO | ÍNDICE DE ACESSIBILIDADE – OPORTUNIDADES (min) | | CODIGO DA ZONA DE TRÁFEGO | ÍNDICE DE ACESSIBILIDADE – OPORTUNIDADES (min) | |
|---------------------------|------------------------------------------------|--------------------|---------------------------|------------------------------------------------|--------------------|
| | TRANSPORTE INDIVIDUAL | TRANSPORTE PÚBLICO | | TRANSPORTE INDIVIDUAL | TRANSPORTE PÚBLICO |
| 120 | 31,06 | 26,34 | 140 | 12,09 | 20,22 |
| 121 | 23,93 | 14,52 | 141 | 11,64 | 20,93 |
| 122 | 29,87 | 11,43 | 142 | 12,09 | 21,90 |
| 123 | 33,41 | 15,88 | 143 | 16,04 | 15,36 |
| 124 | 8,26 | 12,19 | 144 | 16,82 | 16,27 |
| 125 | 8,40 | 12,95 | 145 | 17,20 | 22,98 |
| 126 | 8,79 | 11,07 | 146 | 12,76 | 23,02 |
| 127 | 9,65 | 15,63 | 147 | 12,29 | 20,74 |
| 128 | 9,77 | 15,58 | 148 | 21,75 | 14,03 |
| 129 | 10,23 | 19,63 | 149 | 18,11 | 9,82 |
| 130 | 11,50 | 20,05 | 150 | 16,52 | 13,91 |
| 131 | 10,00 | 15,99 | 151 | 15,65 | 16,00 |
| 132 | 12,33 | 19,50 | 152 | 19,69 | 9,93 |
| 133 | 12,33 | 22,69 | 153 | 17,35 | 10,15 |
| 134 | 14,88 | 20,29 | 154 | 27,09 | 39,22 |
| 135 | 14,70 | 20,65 | 155 | 27,32 | 28,20 |
| 136 | 12,54 | 20,88 | 156 | 14,09 | 30,59 |
| 137 | 13,91 | 21,88 | 157 | 24,31 | 27,95 |
| 138 | 14,67 | 19,14 | 158 | 28,19 | 0,00 |
| 139 | 17,64 | 13,94 | 249 | 10,09 | 17,79 |

Fonte: A Autora (2018)

conclusão

ACESSIBILIDADE ÀS INSTITUIÇÕES DE ENSINO

| CODIGO DA ZONA DE TRÁFEGO | ÍNDICE DE ACESSIBILIDADE – INSTITUIÇÕES DE ENSINO (min) | | CODIGO DA ZONA DE TRÁFEGO | ÍNDICE DE ACESSIBILIDADE – INSTITUIÇÕES DE ENSINO (min) | |
|---------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------|
| | TRANSPORTE INDIVIDUAL | TRANSPORTE PÚBLICO | | TRANSPORTE INDIVIDUAL | TRANSPORTE PÚBLICO |
| 52 | 11,62 | 18,46 | 86 | 13,34 | 15,63 |
| 53 | 10,02 | 18,06 | 87 | 14,28 | 12,61 |
| 54 | 9,52 | 15,40 | 88 | 14,03 | 16,50 |
| 55 | 9,13 | 16,37 | 89 | 11,91 | 12,17 |
| 56 | 8,65 | 12,30 | 90 | 10,15 | 10,59 |
| 57 | 10,22 | 16,61 | 91 | 9,11 | 13,27 |
| 58 | 8,83 | 16,72 | 92 | 9,58 | 13,78 |
| 59 | 8,40 | 10,54 | 93 | 9,47 | 11,45 |
| 60 | 9,44 | 23,76 | 94 | 9,89 | 13,92 |
| 61 | 8,64 | 14,81 | 95 | 11,26 | 13,84 |
| 62 | 9,60 | 17,51 | 96 | 12,29 | 13,13 |
| 63 | 12,70 | 23,70 | 97 | 11,84 | 16,78 |
| 64 | 10,67 | 25,40 | 98 | 12,97 | 16,52 |
| 65 | 12,12 | 32,96 | 99 | 22,68 | 15,68 |
| 66 | 10,96 | 10,91 | 100 | 20,45 | 15,45 |
| 67 | 12,10 | 9,17 | 101 | 20,82 | 13,27 |
| 68 | 13,38 | 12,99 | 102 | 8,43 | 12,12 |
| 69 | 14,04 | 13,21 | 103 | 9,17 | 16,35 |
| 70 | 13,32 | 9,47 | 104 | 8,36 | 17,19 |
| 71 | 11,56 | 28,31 | 105 | 8,74 | 16,36 |
| 72 | 12,55 | 19,21 | 106 | 8,74 | 18,05 |
| 73 | 15,40 | 20,95 | 107 | 9,22 | 12,28 |
| 74 | 14,10 | 18,55 | 108 | 10,89 | 16,34 |
| 75 | 13,53 | 25,84 | 109 | 10,05 | 15,57 |
| 76 | 16,96 | 15,17 | 110 | 10,09 | 13,10 |
| 77 | 15,28 | 20,69 | 111 | 10,40 | 13,51 |
| 78 | 19,91 | 24,17 | 112 | 10,53 | 14,86 |
| 79 | 18,73 | 14,37 | 113 | 11,99 | 22,04 |
| 80 | 17,21 | 13,05 | 114 | 11,39 | 19,57 |
| 81 | 17,90 | 14,28 | 115 | 14,41 | 22,38 |
| 82 | 18,97 | 13,58 | 116 | 13,58 | 28,23 |
| 83 | 15,64 | 14,15 | 117 | 17,70 | 30,38 |
| 84 | 17,78 | 14,60 | 118 | 23,69 | 34,49 |
| 85 | 15,11 | 20,84 | 119 | 21,99 | 27,82 |

continua

| CODIGO DA ZONA DE TRÁFEGO | ÍNDICE DE ACESSIBILIDADE – INSTITUIÇÕES DE ENSINO (min) | | CODIGO DA ZONA DE TRÁFEGO | ÍNDICE DE ACESSIBILIDADE – INSTITUIÇÕES DE ENSINO (min) | |
|---------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------|
| | TRANSPORTE INDIVIDUAL | TRANSPORTE PÚBLICO | | TRANSPORTE INDIVIDUAL | TRANSPORTE PÚBLICO |
| 120 | 29,25 | 26,21 | 140 | 11,09 | 18,20 |
| 121 | 22,55 | 13,99 | 141 | 10,55 | 18,04 |
| 122 | 28,54 | 11,15 | 142 | 10,52 | 16,59 |
| 123 | 32,12 | 15,62 | 143 | 14,17 | 14,96 |
| 124 | 8,58 | 13,90 | 144 | 14,50 | 16,68 |
| 125 | 8,95 | 15,09 | 145 | 15,29 | 22,02 |
| 126 | 8,66 | 11,02 | 146 | 11,13 | 18,71 |
| 127 | 9,09 | 16,06 | 147 | 10,61 | 16,93 |
| 128 | 9,65 | 15,43 | 148 | 18,86 | 14,37 |
| 129 | 10,13 | 18,73 | 149 | 15,35 | 10,19 |
| 130 | 11,00 | 18,58 | 150 | 13,88 | 15,68 |
| 131 | 9,33 | 16,57 | 151 | 13,11 | 17,64 |
| 132 | 11,42 | 17,88 | 152 | 16,79 | 10,47 |
| 133 | 11,63 | 19,40 | 153 | 14,50 | 10,56 |
| 134 | 13,95 | 17,63 | 154 | 25,05 | 35,36 |
| 135 | 13,61 | 16,71 | 155 | 25,22 | 26,01 |
| 136 | 11,54 | 18,34 | 156 | 11,76 | 27,50 |
| 137 | 12,75 | 18,07 | 157 | 22,24 | 25,36 |
| 138 | 13,49 | 15,74 | 158 | 25,54 | 0,00 |
| 139 | 16,38 | 14,96 | 249 | 10,12 | 17,25 |

Fonte: A Autora (2018)

conclusão

ACESSIBILIDADE AOS EQUIPAMENTOS DE SAÚDE

| CODIGO DA ZONA DE TRÁFEGO | ÍNDICE DE ACESSIBILIDADE – EQUIPAMENTOS DE SAÚDE (min) | | CODIGO DA ZONA DE TRÁFEGO | ÍNDICE DE ACESSIBILIDADE – EQUIPAMENTOS DE SAÚDE (min) | |
|---------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------|---------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------|
| | TRANSPORTE INDIVIDUAL | TRANSPORTE PÚBLICO | | TRANSPORTE INDIVIDUAL | TRANSPORTE PÚBLICO |
| 52 | 13,25 | 19,89 | 86 | 12,37 | 16,08 |
| 53 | 11,43 | 16,91 | 87 | 13,41 | 12,27 |
| 54 | 10,89 | 13,58 | 88 | 13,79 | 15,87 |
| 55 | 10,69 | 17,77 | 89 | 11,85 | 10,30 |
| 56 | 9,91 | 13,00 | 90 | 10,59 | 10,57 |
| 57 | 11,70 | 17,84 | 91 | 9,97 | 12,93 |
| 58 | 10,20 | 17,45 | 92 | 10,00 | 12,13 |
| 59 | 9,70 | 11,03 | 93 | 9,78 | 9,50 |
| 60 | 10,74 | 24,29 | 94 | 9,76 | 12,74 |
| 61 | 9,77 | 16,14 | 95 | 11,07 | 12,30 |
| 62 | 11,01 | 18,77 | 96 | 10,88 | 11,76 |
| 63 | 14,34 | 26,73 | 97 | 10,53 | 14,90 |
| 64 | 12,30 | 28,84 | 98 | 11,71 | 14,76 |
| 65 | 14,01 | 37,33 | 99 | 21,53 | 14,67 |
| 66 | 11,47 | 10,23 | 100 | 19,29 | 13,78 |
| 67 | 12,75 | 11,77 | 101 | 19,66 | 12,45 |
| 68 | 13,47 | 14,95 | 102 | 9,33 | 11,96 |
| 69 | 14,32 | 15,75 | 103 | 9,71 | 15,17 |
| 70 | 13,94 | 13,53 | 104 | 8,84 | 13,51 |
| 71 | 12,99 | 32,88 | 105 | 9,07 | 14,62 |
| 72 | 13,68 | 23,40 | 106 | 8,91 | 15,37 |
| 73 | 16,44 | 24,42 | 107 | 8,97 | 10,75 |
| 74 | 15,27 | 19,75 | 108 | 10,36 | 16,03 |
| 75 | 14,67 | 29,71 | 109 | 9,47 | 13,17 |
| 76 | 17,96 | 15,19 | 110 | 9,49 | 11,20 |
| 77 | 16,26 | 20,09 | 111 | 9,65 | 12,22 |
| 78 | 19,00 | 20,83 | 112 | 9,75 | 13,46 |
| 79 | 17,66 | 11,47 | 113 | 10,97 | 17,73 |
| 80 | 16,26 | 9,92 | 114 | 10,46 | 13,78 |
| 81 | 17,17 | 10,70 | 115 | 13,24 | 21,11 |
| 82 | 18,02 | 10,86 | 116 | 12,47 | 19,38 |
| 83 | 14,40 | 10,94 | 117 | 16,58 | 26,78 |
| 84 | 16,63 | 11,07 | 118 | 22,13 | 27,55 |
| 85 | 13,93 | 17,15 | 119 | 20,47 | 20,89 |

continua

| CODIGO DA ZONA DE TRÁFEGO | ÍNDICE DE ACESSIBILIDADE – EQUIPAMENTOS DE SAÚDE (min) | | CODIGO DA ZONA DE TRÁFEGO | ÍNDICE DE ACESSIBILIDADE – EQUIPAMENTOS DE SAÚDE (min) | |
|---------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------|---------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------|
| | TRANSPORTE INDIVIDUAL | TRANSPORTE PÚBLICO | | TRANSPORTE INDIVIDUAL | TRANSPORTE PÚBLICO |
| 120 | 27,54 | 22,22 | 140 | 12,40 | 17,76 |
| 121 | 21,47 | 13,29 | 141 | 11,68 | 17,15 |
| 122 | 27,36 | 10,25 | 142 | 11,10 | 14,18 |
| 123 | 30,35 | 14,71 | 143 | 14,68 | 11,79 |
| 124 | 9,57 | 14,53 | 144 | 14,81 | 15,38 |
| 125 | 10,39 | 15,25 | 145 | 15,84 | 21,01 |
| 126 | 9,81 | 9,84 | 146 | 12,07 | 16,63 |
| 127 | 10,08 | 12,98 | 147 | 11,23 | 13,66 |
| 128 | 10,93 | 12,42 | 148 | 18,45 | 11,04 |
| 129 | 11,52 | 15,57 | 149 | 15,28 | 7,49 |
| 130 | 12,29 | 14,28 | 150 | 13,80 | 12,89 |
| 131 | 10,44 | 13,36 | 151 | 12,81 | 13,80 |
| 132 | 12,64 | 13,91 | 152 | 16,51 | 8,21 |
| 133 | 12,83 | 15,83 | 153 | 14,10 | 8,00 |
| 134 | 15,24 | 14,38 | 154 | 23,00 | 33,21 |
| 135 | 14,93 | 13,79 | 155 | 23,85 | 21,46 |
| 136 | 12,85 | 14,51 | 156 | 11,02 | 24,34 |
| 137 | 14,05 | 16,15 | 157 | 19,87 | 22,00 |
| 138 | 14,78 | 14,55 | 158 | 25,09 | 0,00 |
| 139 | 17,75 | 10,24 | 249 | 11,44 | 15,74 |

Fonte: A Autora (2018)

conclusão

APÊNDICE B – EXEMPLO DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE ACESSIBILIDADE DA ZONA DE TRÁFEGO 100

Para calcular o Índice de Acessibilidade da zona de tráfego 100, localizada na Figura 23, foi utilizada a equação (1).

$$IA_i = \frac{\sum_j t_{ij}^{TP, TI} \times A_j^{NH, E, S}}{\sum_j A_j^{NH, E, S}} \quad (2)$$

IA_i = índice de acessibilidade integral da zona de tráfego i;

$t_{ij}^{TP, TI}$ = tempo de viagem (por transporte público -TP, e transporte individual - TI) entre as zonas de tráfego i e j;

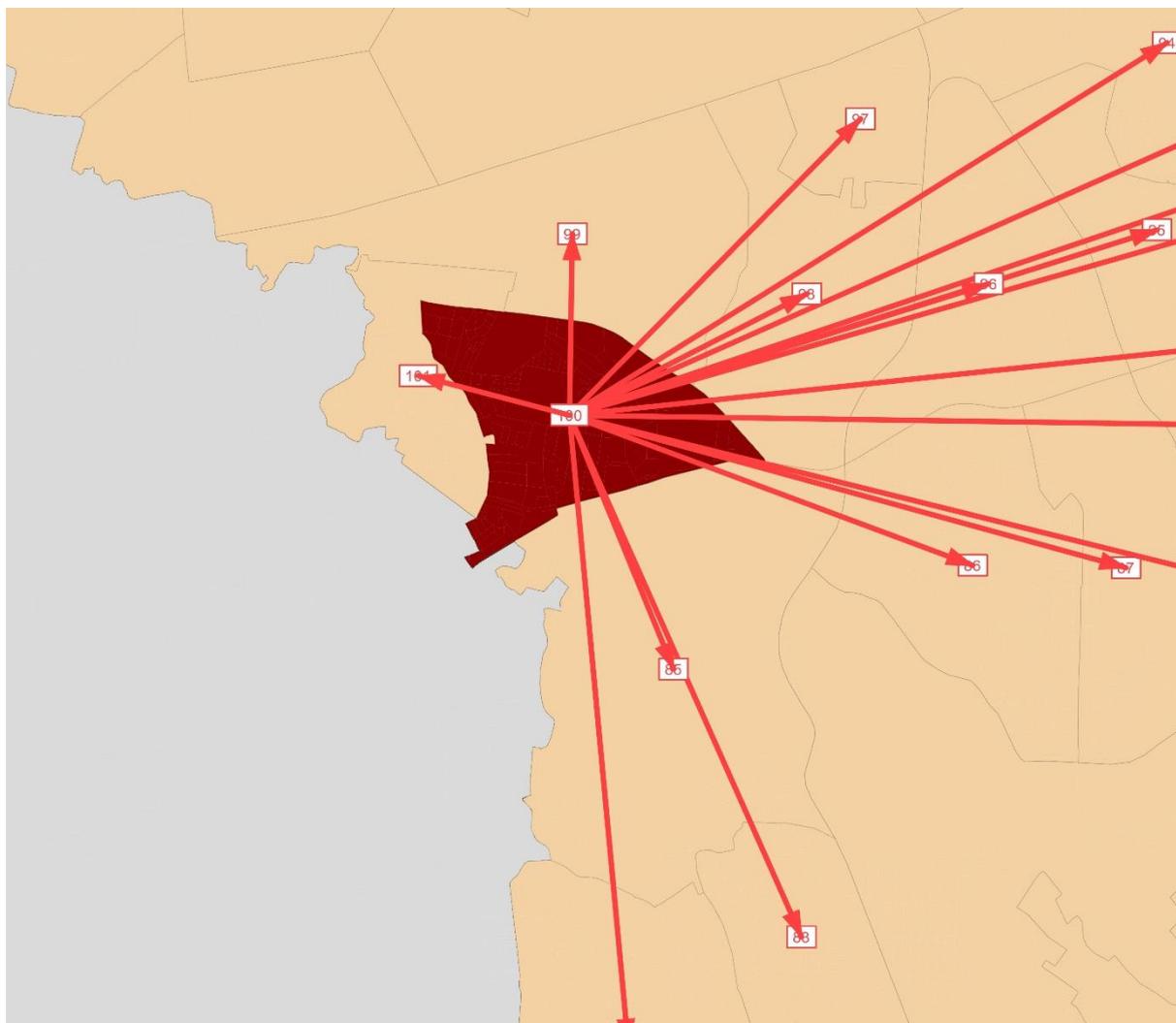
$A_j^{NH, E, S}$ = áreas dos lotes inserido na zona de tráfego j, de acordo com o tipo de uso (não habitacional – NH, Educacional – E, Saúde -S).

Os dados utilizados foram o tempo de viagem (do usuário de transporte público e individual) e a área dos lotes, de acordo com o tipo de uso (oportunidades, saúde e educação).

Para obter o tempo de viagem, foi realizada uma alocação com os dados da Pesquisa de Origem-Destino 2016. O resultado obtido é o tempo necessário para viajar entre os centroides de duas zonas de tráfego (sendo a zona de tráfego 100 a de origem). A Figura 24 ilustra esse procedimento para as zonas de tráfego vizinhas à zona 100. Esse cálculo foi realizado para todas as 108 zonas do Recife para os dois modos de transporte estudados.

Com esse resultado em mãos, foi adicionada a área dos lotes inseridos na zona de tráfego 100, para cada tipo de uso. A partir dos resultados do tempo de viagem e da área, e aplicação direta na equação 1, é possível obter o Índice de Acessibilidade da zona 100.

Figura 24 - Tempo de viagem entre os centroides das zonas de tráfego vizinhas à zona 100



Fonte: A Autora (2018)