

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO
NÍVEL MESTRADO

JAQUELINE DOS SANTOS ROCHA

**ANÁLISE DA MOBILIDADE URBANA A PÉ À LUZ DA SINTAXE
ESPACIAL**

VITÓRIA
2023

JAQUELINE DOS SANTOS ROCHA

ANÁLISE DA MOBILIDADE URBANA A PÉ À LUZ DA SINTAXE ESPACIAL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Mestrado em Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito para obtenção de título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo na área de concentração: Cidades e Impactos no Território e linha de pesquisa: Processos urbanos e políticas físico-territoriais.

Orientador: Prof. Dr. Bruno Massara
Rocha

VITÓRIA
2023

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

R672a Rocha, Jaqueline dos Santos, 1995-
Análise da mobilidade urbana a pé à luz da sintaxe espacial
/ Jaqueline dos Santos Rocha. - 2023.
109 f. : il.

Orientador: Bruno Massara Rocha.
Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) -
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Artes.

1. Sintaxe Espacial. 2. Mobilidade urbana a pé. 3. Mapeamento digital. 4. Planejamento urbano. 5. Software gratuito. 6. Sistemas de informação geográfica. I. Rocha, Bruno Massara. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Artes. III. Título.

CDU: 72

JAQUELINE DOS SANTOS ROCHA

“ANÁLISE DA MOBILIDADE URBANA A PÉ À LUZ DA SINTAXE
ESPACIAL”


Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Espírito
Santo, como requisito final para a obtenção do grau de Mestre em
Arquitetura e Urbanismo.

Aprovada em 26 de abril de 2023.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Bruno Massara Rocha
(orientador – PPGAU/UFES)

Profa. Dra. Flavia Ribeiro Botechia
(membro interno – PPGAU/UFES)



Profa. Dra. Cynthia Marconsini Loureiro Santos
(membro externo – UVV)



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

PROTOCOLO DE ASSINATURA



O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por
BRUNO MASSARA ROCHA - SIAPE 1568021
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo
Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo - PPGAU/CAr
Em 27/04/2023 às 11:10

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link:
<https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/699790?tipoArquivo=O>



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

PROTOCOLO DE ASSINATURA



O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por
FLAVIA RIBEIRO BOTECHIA - SIAPE 2345030
Departamento de Arquitetura e Urbanismo - DAU/CAR
Em 27/04/2023 às 11:33

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link:
<https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/699822?tipoArquivo=O>

Dedico este trabalho à minha mãe Alessandra por ser meu maior incentivo na busca do conhecimento e da ciência. Aos meus avós Maria José e Joselito (in memoriam), por me acolherem como filha e me ensinarem ainda jovem a ir atrás dos meus objetivos. Dedico também ao meu noivo Pablo Thieres por todo suporte e incentivo ao longo de toda essa jornada. Vocês são absolutamente tudo na minha vida, obrigada por me fazerem de alguma forma chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por possibilitar que, em meio a um cenário de pandemia do COVID-19, Guerra na Ucrânia e terrorismo político no Brasil, eu pudesse estar aqui concluindo este trabalho que é fruto de muita crença na ciência e na educação.

À Universidade Federal do Espírito Santo, minha casa na graduação e agora também na Pós-Graduação, por todos esses anos de suporte material e financeiro que contribuíram para a finalização de mais esta etapa na minha vida.

Ao orientador desta pesquisa, Dr. Bruno Massara Rocha, por acreditar no nos resultados do trabalho quando eu mesma custei a acreditar. Muito obrigada paciência e parceria ao longo de toda esta jornada.

Aos professores doutores do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo desta Instituição (PPGAU-UFES), por todo conhecimento compartilhado ao longo das disciplinas cursadas e em especial à professora Dr. Daniella Bonatto por me apresentar a Teoria da Sintaxe Espacial e por sempre se mostrar interessada e disposta a contribuir nesta pesquisa. Saiba que você me incentiva a ver a cidade com os olhos do planejador urbano e me apaixonar cada dia mais por esta profissão.

Ao meu amigo Lucas por sua parceria nos trabalhos, nos seminários, colóquios e todos os eventos científicos que participamos juntos. Também aos meus colegas de turma do PPGAU-UFES, de laboratório do Conexão-VIX e aos meus alunos do estágio docência que são meu maior incentivo na carreira acadêmica.

Aos meus avós, pela oportunidade de escolher estar aqui hoje. Aos meus pais, pela educação e cuidado diário. Aos meus irmãos, que mesmo morando em outro estado sempre torceram por mim e me tem como seu grande exemplo. E a todos meus familiares e amigos por todo carinho. Peço desculpas pelas ausências e faltas, logo elas serão superadas por novas memórias e comemorações.

E a Pablo Thieres, meu noivo e em poucos meses meu esposo, por apoiar meus sonhos e não medir esforços desde o início do mestrado. Sei que com você posso alçar voos cada vez maiores. Muito obrigada!

“(...) da mesma forma que nas bibliotecas, ruas podem ser lidas como livros, ao menos pelos pedestres.”

- Peter Burke

RESUMO

Instituições governamentais e os planejadores urbanos têm buscado aumentar a atividade de pedestres nas ruas da cidade como parte de estratégias voltadas para a sustentabilidade, o desenvolvimento econômico e o crescimento das comunidades. Embora a mobilidade urbana a pé tenha recebido recentemente ampla atenção na literatura do planejamento, as organizações majoritariamente apresentam avaliações de impacto de tráfego voltadas para o deslocamento por meio de transporte motorizado e individual e carecem de avaliações de impacto do movimento de pedestres. Isso ocorre porque a maioria dos planejadores não adotam métodos práticos de análise preliminar de como as propostas desenvolvidas podem afetar a atividade de pedestres em ruas em diferentes configurações urbanas. Desta forma, esta pesquisa busca colaborar com o uso de mecanismos computacionais para o planejamento das cidades, abordando a Teoria da Sintaxe Espacial (TSE) e sua aplicação na mobilidade urbana a pé. Para isso, elegeu o bairro Jardim Camburi (Vitória-ES) e suas áreas conurbadas para a realização das análises, com o objetivo de desenvolver um modelo metodológico de diagnóstico que pode ser replicado para as outras regiões do Município. O trabalho de caráter exploratório, utilizou de método abdução, empírico, bibliográfico e documental. Quanto ao processo, fez uso dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) baseados nos conceitos da TSE. Os resultados foram processados através do plugin *Space Syntax Toolkit* (SST) no software QGIS para análise qualitativa das medidas. Demonstraram que a fração do bairro que apresenta sua forma ortogonal possui maiores níveis de Integração (INT) numa escala global. Quando avaliados num raio de 500m, além da fração ortogonal, trechos em formatos orgânicos também se transformaram em núcleos de integração. Já no potencial de Escolha (CH), destacaram-se as vias que coincidem com rodovias e vias de alto fluxo. Neste sentido, a teoria e metodologia mostraram-se apropriadas para a análise qualitativa da mobilidade a pé pois a partir da identificação dos níveis de INT e CH, pode-se identificar microrregiões para o planejamento urbano específico e posteriormente correlacionar estas informações, a fim de otimizar processos e criar condições favoráveis de deslocamento humano a pé, na busca de incentivo ao bem estar para a sociedade.

Palavras-Chave: Sintaxe Espacial. Mobilidade Urbana a pé. SIG. Acessibilidade digital. Introdução a ferramentas de suporte ao design.

ABSTRACT

Government institutions and urban planners have sought to increase pedestrian activity on city streets as part of strategies aimed at sustainability, economic development, and community growth. While urban walking mobility has recently received widespread attention in the planning literature, organizations mostly have traffic impact assessments that focus on commuting via motorized and individual transport and lack pedestrian movement impact assessments. This is because most planners do not adopt practical methods of preliminary analysis of how the proposals developed may affect pedestrian activity on streets in different urban configurations. In this way, this research seeks to collaborate with the use of computational mechanisms for city planning, approaching the Spatial Syntax Theory (SST) and its application in urban mobility on foot. For this, it elected the Neighborhood Jardim Camburi (Vitória-ES) and its surrounding areas for the performance of the analyses, with the objective of developing a methodological model of diagnosis that can be replicated to the other regions of the municipality. The exploratory work used an abductive, empirical, bibliographic, and documentary method. As for the process, he made use of geographic information systems (GIS) based on the Concepts Of SST. The results were processed through the Space Syntax Toolkit (SST) plugin in the QGIS software for qualitative analysis of the measurements. They demonstrated that the part of the neighborhood that presents its orthogonal form has higher levels of Integration (INT) on a global scale. When evaluated within a radius of 500m, in addition to the orthogonal fraction, excerpts in organic formats also became integration nuclei. In the potential of Choice (CH), the roads that coincide with highways and high flow roads stood out. In this sense, the theory and methodology proved to be appropriate for the qualitative analysis of walking mobility for urban planning because from the identification of INT and CH levels, it is possible to identify microregions for specific urban planning and later correlate this information, to optimize processes and create conditions to encourage the well-being for society.

Keywords: *Spatial Syntax. Urban Mobility on foot. GIS. Digital accessibility. Introduction to design support tools.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Exemplo de duas configurações de malhas viárias hipotéticas.	40
Figura 2: Definição de linha axial, espaço convexo e isovista.....	44
Figura 3: Layout espacial de uma casa hipotética.....	45
Figura 4: Mapa axial da cidade de Londres.....	49
Figura 5: Mapa axial (superior) e mapa de segmentos (inferior). Os números identificam a quantidade de eixos (segmentos) que são calculados em cada análise.	50
Figura 6: Representação da linha central de estrada de uma rede de ruas.....	53
Figura 7: A relação entre os sistemas de informação SIG (GIS), projeto assistido por computador, cartografia computacional, gerenciamento de banco de dados e sensoriamento remoto.....	59
Figura 8: As seis partes componentes de um SIG.	60
Figura 9: Vista aérea de Jardim Camburi em 1955. Destaque para os primeiros caminhos (ruas) abertos.....	62
Figura 10: Distribuição da População de Vitória por Bairro - Censo 2010. Destaque para JC.....	64
Figura 11: Maquete eletrônica de Jardim Camburi (Vitória-ES) e regiões limítrofes.	65
Figura 12: Vista aérea de Jardim Camburi (Vitória-ES) e áreas de entorno.	65
Figura 13: Jardim Camburi.....	66
Figura 14: Delimitação do objeto do estudo empírico. JC e AC.	67
Figura 15: Mapa Axial de Jardim Camburi - Vitória/ES. Software: depthMapX-0.8... ..	70
Figura 16: Mapa de Segmentos, Integração. Jardim Camburi - Vitória/ES. Software: depthMapX-0.8.....	71
Figura 17: Mapa de Segmentos, Escolha. Jardim Camburi - Vitória/ES. Software: depthMapX-0.8.....	71

Figura 18: Sobreposição de camadas no QGIS.....	72
Figura 19: Modelo RCL de Jardim Camburi - Vitória/ES. Software: QGIS 3.16	73
Figura 20: Mapa de Segmentos de Jardim Camburi - Vitória/ES. Software: QGIS 3.16	74
Figura 21: Mapa de Segmentos, Integração. Jardim Camburi - Vitória/ES. Software: QGIS 3.16	74
Figura 22: Mapa de Segmentos, Escolha. Jardim Camburi - Vitória/ES. Software: QGIS 3.16	75
Figura 23: Conferência e adequação do modelo configuracional de análise. Vias geradas e vias criadas.	78
Figura 24: Modelo RCL do objeto de estudo: JC e AC.....	79
Figura 25: Verificação de modelo em ambiente SIG. Recorte da área de análise. ...	80
Figura 26: Mapa de integração (INT) dos segmentos no raio global (Rn) - INT JC e AC.	82
Figura 27: Mapa de integração (INT) dos segmentos no raio local (R500) - INT500m JC e AC.....	85
Figura 28: Mapa de escolha (CH) dos segmentos no raio global (Rn) - CH JC e AC.	87

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Distribuições das viagens por tipo no Brasil em 2018.....	23
Gráfico 2: Distribuição das viagens urbanas na cidade do Rio de Janeiro.....	24
Gráfico 3: Evolução das viagens por ano (2003 a 2014).....	26
Gráfico 4: Evolução das viagens por modo (2003 a 2014).....	26
Gráfico 5: Evolução das viagens por tipo (2003 a 2014).....	27
Gráfico 6: Evolução das viagens por ano (2014 a 2018).....	28
Gráfico 7: Evolução das viagens por modo (2014 a 2018).....	28
Gráfico 8: Evolução das viagens por tipo (2014 a 2018).....	29

LISTA DE SIGLAS

AC: Áreas Conurbadas

ANTP: Associação Nacional de Transportes Públicos

CF: Constituição Federal

CH: Escolha

CST: Companhia Siderúrgica de Tubarão

CVRD: Companhia Siderúrgica Vale do Rio Doce

EC: Estatuto da Cidade

ECU: *UK Experimental Cartography United* (Cartografia Experimental Unida do Reino Unido)

GPS: *Global Positioning System* (Sistema de Posicionamento Global)

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INT: Integração

JC: Jardim Camburi

LMU: Lei da Mobilidade Urbana

OSM: *Open Street Map*

PDU: Plano Diretor Urbano

PDUI: Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado

PlanMob: Plano de Mobilidade Urbana

PMV: Prefeitura Municipal de Vitória

PND: Plano Nacional de Desenvolvimento

PNMU: Política Nacional de Mobilidade Urbana

PPGAU-UFES: Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Espírito Santo

RCL: *Road Centre Line* (Linha Central de Estrada)

RMGV: Região Metropolitana da Grande Vitória

SIG: Sistemas de Informação Geográfica

SIMOB: Sistema de Mobilidade Urbana

SST: *Space Syntax Toolkit* (Kit de Ferramentas de Sintaxe Espacial)

TSE: Teoria da Sintaxe Espacial

UCL: *University College London*

VGA: *Visibility Graph Analysis* (Análise do Gráfico de Visibilidade)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1. JUSTIFICATIVA.....	17
1.2. OBJETIVO GERAL E ESPECÍFICOS	19
1.3. TIPO DE PESQUISA, MÉTODO E METODOLOGIA	20
1.4. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	21
2. MOBILIDADE URBANA A PÉ	22
1.1. MOBILIDADE URBANA: PANORAMA GERAL NO BRASIL	23
1.2. MOBILIDADE A PÉ E A SINTAXE ESPACIAL	34
3. A TEORIA DA SINTAXE ESPACIAL.....	38
3.1. COMPONENTES DA SINTAXE ESPACIAL	42
3.2. PROPRIEDADES SINTÁTICAS	46
3.3. A REPRESENTAÇÃO LINEAR DO ESPAÇO.....	48
3.3.1 O mapa axial e o mapa de segmentos	49
3.3.2 Modelo Road Centre Line (RCL)	52
3.4. OS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG): BREVE CONTEXTUALIZAÇÃO	55
4. APLICAÇÃO E RESULTADOS.....	62
4.1. DELIMITAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO EMPÍRICO	62
4.2. METODOLOGIA COMPUTACIONAL	68
4.3. ANÁLISES À LUZ DA SINTAXE ESPACIAL	77
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	89
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
APÊNDICE.....	103

1. INTRODUÇÃO

Esta dissertação parte do pressuposto de que o uso de mecanismos computacionais de análise espacial quando utilizados a partir de embasamento teórico e de forma integrada e adaptada à realidade local, são um forte instrumento para o planejamento urbano das cidades, com foco nesta pesquisa para os projetos de mobilidade urbana a pé. Discute como o traçado urbano interfere sobre o movimento (à luz da Teoria da Lógica Social do Espaço – TSE) e investiga se os resultados obtidos podem ser considerados direcionadores para planos de mobilidade que incentivem o deslocamento a pé. Propõe a aplicação da TSE, através do *plugin Space Syntax Toolkit* (SST) no software QGIS, todos softwares livres (*Free Software*) e de código aberto (*Open Source*). Como objeto de estudo empírico, adotou-se o bairro Jardim Camburi, em Vitória-ES e suas regiões conurbadas. A escolha nasce inicialmente por se tratar da região administrativa mais populosa do Município e se expande à medida de que novas camadas analíticas são identificadas, no sentido de ampliar o entendimento de como a configuração espacial não se restringe a divisão político-administrativa, e como isso influencia o deslocamento das pessoas.

A expansão urbana incorporou as mais profundas transformações estruturais, do ponto de vista espacial e social. Começando com a Revolução Agrícola e indo até o dinamismo trazido pela Revolução Comercial, seguida pela Revolução Industrial do século XIX, as cidades europeias emergem com as características de urbanização atualmente conhecidas (ferrovias e redes de transporte públicos fixos), sendo o maior marco da vida social em comunidades. O crescimento populacional e a intensificação do processo de urbanização passaram por diversas transformações com o advento de diversas tecnologias e, principalmente, com as correntes migratórias que caracterizaram o chamado êxodo rural (OLIVEIRA, 2020).

No caso da Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV), da qual Vitória faz parte, a atual configuração espacial foi em grande medida, moldada a partir dos anos 1960, quando o modelo tradicional agroexportador foi rapidamente substituído pelo padrão industrial-exportador, tipicamente urbano, em decorrência da política de erradicação dos cafezais, justificada por uma crise de superprodução. Os novos investimentos industriais, em grande parte urbanos e capitaneados pelo Governo

Federal, aliados às transformações na estrutura produtiva do campo, deram início a um movimento migratório direcionado à Capital do Estado, Vitória, que viu seu papel consolidado não apenas como sede administrativa do Governo, mas também, como núcleo de aglomeração urbana (IJSN, 2018b). Através do investimento do Governo em infraestruturas rodoferroviárias, foram criados e reforçados vetores que aceleraram a estruturação do tecido urbano, com novas áreas residenciais e funcionais (relativas às atividades portuárias, industriais, de armazenagem, de logística e de transporte). Os eixos viários (rodovias e ferrovias) representam importantes fatores de estruturação do espaço urbano metropolitano.

De acordo com o Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado (PDUI), essa configuração não ocorreu de forma aleatória, pois pode e deve ser prevista, condicionada e direcionada pelo planejamento da estrutura viária e do uso e ocupação do solo. Esses eixos de indução de crescimento levaram ao fortalecimento de regiões do território metropolitano por meio de sua dinamização econômica e diversificação de atividades, pela facilidade de acesso e pela oferta de infraestruturas. Vitória, na revisão do Plano Diretor Urbano (PDU), publicado em 2018, contempla o Projeto de Ampliação e Requalificação Urbana, que prioriza as vias que estruturarão a circulação municipal e metropolitana. Adicionalmente, estão sendo propostas medidas de adequação e regularização de caixas viárias, por meio de adoção de projetos de alinhamento viário, que serão incorporados à legislação urbanística (Ibid).

Segundo Wegener (2013), o termo “mobilidade” indica tanto a disposição e a capacidade de movimento quanto o próprio movimento. Ela possui muitas dimensões, como por exemplo, a mobilidade intelectual, social, profissional ou espacial. Para o autor, as decisões de deslocamento criam relações entre os seres humanos e o espaço: por mudança física (nova construção), uso do espaço (trabalhar ou estudar) ou apego local (identidade ou hábito).

Entender o fluxo da população é crucial para se compreender o processo de urbanização, bem como, o processo de urbanização é crucial para entender o fluxo. A urbanização envolve o processo de centralização de serviços, distribuição de investimentos, uso do solo, oferta de espaços livres públicos e claro, o deslocamento de pessoas (CARLOS, 1994). Contudo, é importante salientar que os reflexos desses deslocamentos são diferentes de acordo com a situação econômica do indivíduo. As

razões e os impactos sobre o viajante diferem entre as populações mais ricas e mais pobres. A parcela mais pobre da população não faz esse deslocamento voluntariamente, mas sim em decorrência da imposição do alto custo de vida e da terra, que impossibilita a moradia na área central da região metropolitana enquanto para os mais ricos é uma opção.

Como forma de melhorar a qualidade de vida dos cidadãos que habitam nossas cidades, o avanço das tecnologias da informação e das ferramentas de suporte ao design tornou possível para os arquitetos e planejadores incorporarem excelentes benefícios na solução de problemas de planejamento tal como contribuir com novos métodos de análise de dados. Mecanismos computacionais cada vez mais disponíveis configuram um importante elo entre a necessidade de se abordar questões nos estudos urbanos e as condições práticas do planejamento urbano. No entanto, é importante que tais recursos sejam acompanhados por teorias e conceitos de análise e interpretação dos dados, como é o caso da Teoria da Lógica Social do Espaço, ou como popularizou-se (HILLIER; HANSON, 1984), Teoria da Sintaxe Espacial (TSE), uma teoria do campo da morfologia em arquitetura que estuda os efeitos do espaço sobre a sociedade.

Desta forma, concomitante ao levantamento de dados relativos a mobilidade urbana, esta pesquisa dá-se início a partir da conceituação da TSE, que foi desenvolvida a partir dos anos 1970 pelo grupo liderado pelo pesquisador Bill Hillier, e parte da perspectiva de que a instância espacial, ou seja, o recurso espacial (um edifício ou uma cidade), é uma variável explicativa de certas dinâmicas tais como: onde as pessoas estão, como se movem, como se desenvolvem ou como se adaptam, contidas na relação entre sociedade e forma construída (IPEA, 2011).

O campo de investigação da TSE se situa, sobretudo, em torno de questionamentos acerca das maneiras que a configuração do espaço urbano afeta o modo como a cidade funciona assim como o grau de influência dessa configuração sobre ela (MEDEIROS, 2006). De acordo com o autor, na medida em que a acessibilidade é um fator que influencia a escolha dos deslocamentos, haveria efeitos dessa configuração sobre o padrão de movimento dos indivíduos no espaço. Nesse

sentido, as características topológicas e angulares (não geométricas)¹ de um sistema viário, imprimem a este sistema uma espécie de campo probabilístico em que se faz possível apontar as rotas potenciais mais prováveis a serem percorridas. Em termos práticos, isso significa que a configuração urbana apresenta maiores ou menores facilidades de circulação, que não são necessariamente relacionados ao conceito de distância métrica. Ou seja, espaço não é um pano de fundo para a atividade humana, mas é intrínseco a ela.

É sabido que os mecanismos digitais têm ganhado a cada dia maior influência nos mais diversos campos. Entre os diversos sistemas, o desenvolvimento de mecanismos *free software* e *open source*, “software livre” e de “código aberto” em português, vem conquistando muitos apoiadores, pois ganhou a reputação de uma abordagem técnica eficaz para o desenvolvimento de softwares (FUGGETTA, 2003). Ao contrário do que é de se imaginar, os conceitos de *free software* e *open source* são antigos e possuem desacordos entre si. Nos últimos vinte anos tornaram-se um dos tópicos mais discutidos entre os usuários e profissionais de software.

Em suma, as duas terminologias representam quase a mesma gama de programas. Porém, para Stallman (2007) eles dizem coisas profundamente diferentes sobre esses mecanismos, com base em valores diferentes. Segundo o autor, o movimento do *software livre* é um movimento pela liberdade e faz campanha pela liberdade para os usuários da computação, enquanto a ideia de *código aberto* valoriza principalmente a vantagem prática e não faz campanha por princípios.

O conceito de *free software* foi popularizado por Richard Stallman, como uma ideia política desde 1983, quando ele formou a *Free Software Foundation* (FSF) e seu Projeto GNU². A premissa de Stallman é que as pessoas devem ter mais liberdade e

¹ A topologia é o ramo da matemática que lida com relações espaciais, ou seja, com as propriedades dos espaços enquanto elementos conectados e dotados de limites espaciais, independentemente do seu tamanho e formato (RATTI, 2004a, 2004b; MEDEIROS, 2006). Assim, ao contrário da geometria, a perspectiva topológica não considera aspectos físicos como as distâncias métricas ou proporções por exemplo, mas sim as hierarquias entre elementos e suas conexões (IPEA, 2011, p. 10).

² O nome “GNU” é pronunciado como uma sílaba. É um acrônimo recursivo que significa “GNU’s Not Unix”. Para mais: <<https://www.gnu.org/gnu/about-gnu.html#f1>>.

devem apreciar sua liberdade: a liberdade de executá-lo, de estudá-lo e mudá-lo, e redistribuir cópias com ou sem mudanças (PERENS, 1999).

Já a definição de *open source* começou como um documento de política da Debian GNU/Linux (PERENS, 1999). Nem todos os usuários e desenvolvedores de software livre concordaram com os objetivos do movimento do software livre. Em 1998, uma parte da comunidade do software livre se separou e iniciou uma campanha em nome do código aberto (STALLMAN, 2007). O *Debian*, um dos primeiros sistemas *Linux* e popular ainda hoje, foi construído inteiramente de software livre. No entanto, o sistema teve algum problema em definir o que era “livre”, e até então eles não tinham deixado sua política de software livre clara para o resto do mundo (PERENS, 1999). Atualmente, segundo a *Open Source Initiative* (2007), o código aberto não significa apenas acesso ao código-fonte³. Os termos de distribuição de software de código aberto devem obedecer a uma série de critérios⁴.

Os dois termos descrevem quase a mesma categoria de software, porém eles se referem a visões baseadas em valores fundamentalmente diferentes (STALLMAN, 2007). Desta forma, as empresas que fornecem um software livre e de código aberto, têm a vantagem de seu desenvolvimento muito rápido, muitas vezes por várias empresas colaboradoras ou através de contribuições de indivíduos que simplesmente precisam de uma melhoria para atender às suas próprias necessidades.

Dentre as tecnologias que incorporam os conceitos de software livre e de código aberto, estão as Geotecnologias. Podem ser definidas como o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e disponibilização de informação com referência geográfica, popularmente conhecidas como ferramentas de Sensoriamento Remoto, Sistema de Informação Geográfica (SIG), Geoprocessamento e Sistema de Posicionamento Global (CLARKE; GAYDOS, 1998; JOHNSTON; DE LA BARRA, 2000). Têm sido cada vez mais exploradas por diversos autores (SINGH, 1996; KHAN et al., 2007), e assim, tem incorporado cada vez mais funcionalidades e aplicações, desde o cadastramento e visualização das informações geográficas até o processamento de modelos específicos, como mapas, arquivos *shapefiles* e até

³ É o conjunto de instruções e declarações escritas por um programador usando uma linguagem de programação de computador.

⁴ Para mais ver em: <<https://opensource.org/osd.html>>.

mesmo visualizações em 3D. No entanto, observa-se que muitos estudos e análises de comportamento urbano no campo da arquitetura e do urbanismo têm utilizado do SIG principalmente como ferramenta de organização, visualização e representação de resultados gerados através de outros mecanismos.

Nesse sentido, devido a acessibilidade digital (facilidade de obtenção de dados e sistemas) presente em mecanismos *open source*, este trabalho opta por utilizar o software *Quantum GIS*, mais popularmente conhecido como QGIS, como principal sistema não apenas para a representação, mas também como mecanismo de realização das análises. Trata-se de um recurso multiplataforma, compatível com os sistemas *Windows*, *Linux*, *Mac OSX* e *Android*. Embora não seja a principal plataforma comercializada mundialmente, se destaca por ser um software livre de código aberto, o que significa seu uso é gratuito para qualquer finalidade. Desta forma, vêm sendo muito utilizado por arquitetos, planejadores urbanos, geógrafos, engenheiros, arqueólogos e áreas afins, em virtude da possibilidade de criação e edição de informações geoespaciais, organismo base de trabalho de todas essas profissões. Outro fator de escolha determinante, é a conexão com o plugin SST, que como já mencionado, realiza análises de sintaxe espacial diretamente na plataforma. Acredita-se que a integração ainda pouco explorada entre os recursos TSE e SIG podem contribuir muito para análises urbanas, em especial, a mobilidade a pé, e dar suporte decisivo para profissionais da gestão urbana, pesquisadores e acadêmicos.

1.1. JUSTIFICATIVA

Para Rocha⁵, a crescente dispersão das tecnologias digitais de informação e comunicação vem contribuindo enormemente para modificar uma parte significativa de atividades humanas. Segundo o autor:

[...] Ela (a dispersão das tecnologias digitais) vem ampliando fontes, agilizando processos, acelerando dinâmicas, virtualizando contatos, estendendo presenças e inserindo novos graus de interatividade em escala global em todos os setores da sociedade (ROCHA, 2005, p. 12).

⁵ ROCHA, B. M. *Interfaces gráficas e cidades: tecnologia digital na visualização de dinâmicas espaciais em grande escala*. 2005, p. 12.

Em sua visão, não somente ampliaram as velocidades de conexão e transmissão de informações, mas as tecnologias digitais possibilitaram o desenvolvimento de processos e operações inéditas relacionadas ao mapeamento, representação e desenho espacial que podem ser verificadas em diversos campos do conhecimento, em especial a arquitetura e o planejamento urbano (Ibid). Diversos métodos de análise espacial baseadas na síntese digital estão sendo desenvolvidas com a intenção de gerar interfaces que possam ser aplicadas no estudo do desenvolvimento do espaço a partir de diferentes abordagens. Esse avanço tecnológico tornou possível incorporar excelentes benefícios na solução de problemas de projeto e contribuir com novos métodos de análise de dados.

O problema da pesquisa surge a partir da identificação de teorias e metodologias de análise disponíveis para estudo e aprimoramento da mobilidade urbana que não são aplicadas no processo do planejamento urbano, principalmente no campo das cidades brasileiras. Outro problema derivado, é a não adoção dos poucos mecanismos digitais, o que segundo Duarte et al. (2012), prejudica o desempenho econômico das cidades e afeta diretamente na qualidade de vida da população. No caso da mobilidade, muitos estudos ainda são limitados, realizados por meio de visitas a campo e estão relacionados diretamente com análise de tráfego, no sentido de mensurar os problemas de mobilidade voltados para o uso do automóvel. Esse tipo de abordagem também é muito importante, porém, a mobilidade urbana não é limitada ao uso do veículo. Esse tipo de análise requer muita dedicação, o que acaba sendo demasiadamente custoso a sociedade. Isso implica na necessidade de recursos capazes de realizar uma abordagem específica para a análise computacional da mobilidade, em todas as suas dimensões.

Mecanismos computacionais estão cada vez mais disponíveis e configuram um importante elo entre a necessidade de se abordar questões nos estudos urbanos e as condições práticas do planejamento urbano. Considerando a existência de bases de dados abertos com informações georreferenciadas, de planos e de leis para o desenvolvimento urbano da cidade de Vitória-ES e a variedade de softwares existentes, principalmente os livres e de código aberto, pode-se dizer que o problema não está associado a falta de dados ou instrumentos, mas sim, á uma correta abordagem, capaz de cruzar teoria e técnica. Desta forma, este trabalho objetiva alcançar através dos mecanismos computacionais citados anteriormente (SIG e SST),

resultados significativos para a prática do planejamento urbano, a fim de entender a lógica social do espaço e estipular recomendações para um bom projeto de mobilidade urbana a pé, pautados à luz da Teoria da Sintaxe Espacial.

Neste sentido, a relevância de se desenvolver um estudo desse cunho está em diversos aspectos, como:

- ✓ Permitir um estudo mais específico sobre a cidade e formular análises e proposições que promovam uma mobilidade urbana a pé para seus usuários;
- ✓ Contribuir para a produção teórica no campo estudado, especialmente no caso da Mobilidade Urbana a pé, da Teoria da Sintaxe Espacial, dos Sistemas de Informação Geográfica e das ferramentas de suporte ao design;
- ✓ Fomentar o estreitamento da pesquisa acadêmica com as políticas públicas; e
- ✓ Levantar argumentos que contribuam com a consolidação do modelo metodológico, tornando-o acessível e atrativo aos investimentos públicos, incentivando seu uso.

1.2. OBJETIVO GERAL E ESPECÍFICOS

O **objetivo geral** da pesquisa é analisar qualitativamente o espaço urbano para identificar potenciais de movimento a partir de resultados sintático-espaciais obtidos com o uso dos mecanismos computacionais, a fim de tornar a tecnologia um incentivo para o planejamento e a melhoria da mobilidade urbana a pé. Os **objetivos específicos** são:

- a) Explorar os limites e as potencialidades de aplicação da Teoria da Sintaxe Espacial na análise da mobilidade urbana a pé;
- b) Desenvolver a geração de soluções de design que combinam aprendizado de máquina, otimização e inovação tecnológica.

- c) Utilizar os mecanismos computacionais livres e de código aberto, na tentativa de tornar esta abordagem acessível e funcional para projetos e pesquisas e aos investimentos públicos;
- d) Criar uma metodologia de suporte ao design direcionadas a arquitetos e planejadores urbanos para incluir a análise sintática do espaço no projeto e planejamento diários.
- e) Contribuir com trabalhos exploratórios sobre os modelos descritivos, as representações, as medidas sintáticas e o plugin *Space Syntax Toolkit*.
- f) Identificar pontos de melhoria da mobilidade a pé no bairro Jardim Camburi, em Vitória-ES, de forma que essa metodologia possa ser aplicada em outras regiões da cidade e/ou do país.

1.3. TIPO DE PESQUISA, MÉTODO E METODOLOGIA

Considerando os conceitos abordados por Gil (2008), pode-se afirmar que, segundo seus propósitos mais gerais, esta pesquisa possui caráter exploratório, pois visa propor uma abordagem de projeto computacional atualizada.

Quanto ao método, parte do conceito de *Design Science Research* (MARCH; SMITH, 1995; CANTAMESSA, 2003; HEVNER; MARCH; PARK, 2004; MANSON, 2006; JÄRVINEN, 2007 apud Dresch, 2015) e pode ser definido como método abduutivo pois possui caráter explicativo e intuitivo, procurando concluir a melhor explicação e partir de uma série de testes de viabilidade no uso dos recursos computacionais. Leva em consideração o conhecimento de fundo (teoria e dados atualizados) aplicados em novas realidades, buscando uma avaliação qualitativa e não a melhor probabilidade matemática. O raciocínio abduutivo é ampliativo, busca a validade assim como a indução e busca a melhor explicação/solução possível assim como a dedução busca a verdade (DRESCH, 2015).

Já a metodologia, pode ser subdivida em três: 1. metodologia de pesquisa (pesquisa e conteúdo empírico); 2. metodologia computacional (estratégia de uso dos programas); e 3. metodologia de projeto (dar subsídio para projetos de mobilidade urbana a pé). Em suma, é baseada na análise por meio de instrumentos computacionais a fim de resolver problemas e realizar previsões acerca da mobilidade urbana a pé, como ferramenta de planejamento urbano. À luz dos princípios da sintaxe

espacial, visa realizar levantamentos de dados, elaboração de mapeamentos e discussões que comprovem a metodologia, para a sua disseminação.

1.4. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A presente pesquisa encontra-se dividida em cinco capítulos, sendo o primeiro a sua introdução, em que se apresentam resumidamente os conceitos que serão abordados nos capítulos, bem como a justificativa, os objetivos e o tipo de pesquisa, método e metodologia que nortearam este trabalho.

No Capítulo 2, “Mobilidade Urbana a Pé”, foram introduzidos conceitos de *mobilidade* e *pedestres* e posteriormente foi elaborado um levantamento bibliográfico sobre a urbanização no Brasil e suas características que influenciaram a atual configuração da malha urbana no país. Dados sobre transporte no Brasil também foram levantados a fim de sustentar o foco da pesquisa para a mobilidade a pé e logo após, o tema é relacionado a Teoria da Sintaxe Espacial.

No Capítulo 3, “A Teoria da Sintaxe Espacial”, apresenta-se a Teoria da Lógica Social do Espaço (Teoria da Sintaxe Espacial) à luz da literatura científica, expondo os conceitos principais e os que foram utilizados ao decorrer deste trabalho, finalizando com um breve esclarecimento do uso dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) ao longo dos anos e introduz a importância desses sistemas na metodologia.

No Capítulo 4, “Aplicação e Resultados”, o objeto de estudo é delimitado, seguindo da metodologia computacional, onde são expostos os métodos, os mecanismos e as etapas de análise e por fim, apresentam-se os mapas resultantes da aplicação da TSE nas medidas de Integração (Rn, R500) e Escolha. A partir desses resultados, são realizadas as análises espaciais de mobilidade urbana a pé.

O Capítulo 5, “Considerações Finais”, traz, por fim, com base nas evidências apontadas pelos resultados, as conclusões e inferências do estudo, apontando as limitações durante o processo de pesquisa e as sugestões continuidade do produto desta pesquisa. São contribuições para o campo do conhecimento, para a sociedade e para perspectivas futuras.

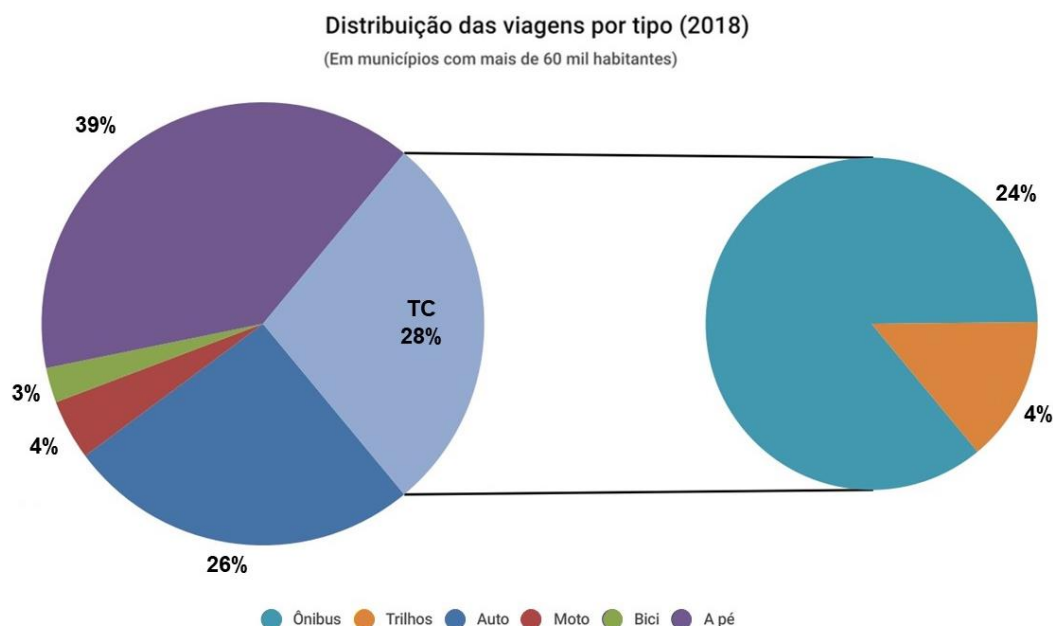
2. MOBILIDADE URBANA A PÉ

Define-se mobilidade como “característica do que é móvel ou do que se consegue movimentar” (MOBILIDADE, 2023). Pedestres são pessoas que se movimentam a pé. Este grupo pode ser composto por crianças, adultos ou idosos, com diferentes habilidades sensoriais. A grande liberdade de movimento é uma característica do movimento de pedestres: eles podem mudar instantaneamente de direção, também podem se mover para os lados e para trás e entrar em espaços que são barreiras para os automóveis.

No campo da ciência, o movimento de pedestres é reconhecido como um importante meio de mobilidade sustentável e é trazido para a frente do desenvolvimento urbano sustentável. Seus benefícios são documentados para o meio ambiente e o clima, para a saúde e bem-estar, para a segurança e para a inclusão social e coesão (STAVROULAKI, 2022).

Ao se deslocar a pé, o usuário interage muito mais com o espaço urbano, além disso, contribui para redução da emissão de gases na atmosfera. É o meio de transporte mais econômico, pois representa menores custos para os usuários, para o meio ambiente e para a sociedade (BRASIL, 2015). Entretanto, as políticas públicas de transporte e trânsito têm investido historicamente mais recursos no apoio ao deslocamento por automóveis, tornando precárias as condições de circulação a pé, em bicicleta ou em transporte motorizado coletivo (ônibus, trens e metrô).

No último levantamento realizado pela Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP), no Brasil em 2018, conforme indica no Gráfico 1 a seguir, a maior parte das viagens foram realizadas a pé, o que em percentual apresenta 39% das viagens totais anuais, seguido de 28% por transporte coletivo, 26% por automóvel, 4% por motocicleta e 3% por meio de bicicleta (ANTP, 2020). O alto percentual de viagens feitas a pé acentua a importância de se desenvolver instrumentos para analisar a qualidade de espaços urbanos sob o ponto de vista do pedestre. Desta maneira, a gestão da circulação de pessoas é uma atividade essencial para a sustentabilidade das metrópoles e tem relação direta com a qualidade do transporte público e da circulação de seus usuários.

Gráfico 1: Distribuições das viagens por tipo no Brasil em 2018.

Fonte: Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP), 2020.

Devido às suas muitas implicações, a mobilidade urbana se tornou uma questão central na elaboração de políticas públicas a nível mundial e está se tornando um objeto interdisciplinar de estudo que se estende muito além do planejamento urbano, de transportes, ciências sociais, ambientais, estudos culturais e gerenciamento de multidões e crises (STAVROULAKI, 2022). Neste sentido, antes de abordar a mobilidade urbana a pé, foco desta pesquisa, é apresentado anteriormente um panorama geral da mobilidade no Brasil e posteriormente sua relação com a Teoria da Sintaxe Espacial (TSE).

1.1. MOBILIDADE URBANA: PANORAMA GERAL NO BRASIL

O atendimento das necessidades sociais e econômicas das pessoas requer seu deslocamento no espaço, que se dá por meio de veículos de transporte motorizados ou não motorizados, individuais ou coletivos. Em economias em desenvolvimento, como o Brasil, as pessoas que moram nas cidades realizam em média dois deslocamentos por dia (média entre as que se deslocam e as que não se deslocam), valor correspondente à metade dos deslocamentos de pessoas em países desenvolvidos (VASCONCELLOS, 2002). Assim, nas maiores cidades do Brasil com

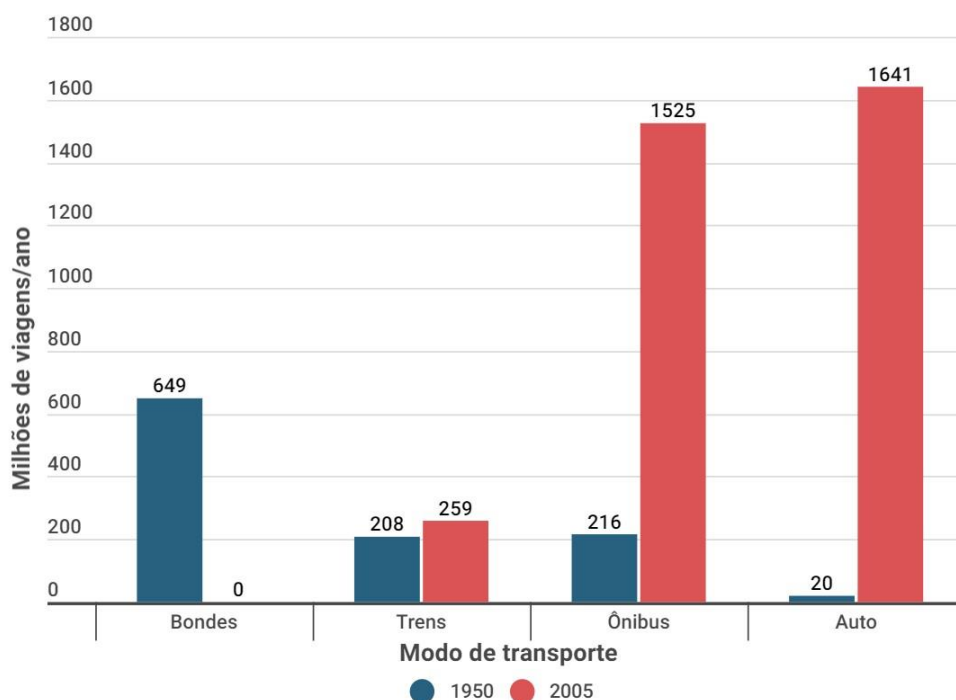
população de 4 milhões de pessoas por exemplo, são realizados por dia cerca de 8 milhões de deslocamentos.

Estes deslocamentos são feitos com maior ou menor nível de conforto, conforme as condições específicas em que são realizados, e implicam consumos de tempo, espaço, energia e recursos financeiros e a geração de externalidades negativas, como a poluição atmosférica, os acidentes de trânsito e os congestionamentos (MORAIS et al., 2010).

A partir da década de 1950, quando o processo intenso de urbanização se associou ao aumento do uso de veículos motorizados, o padrão de deslocamentos da população brasileira sofreu uma transformação, resultado de uma política de Estado que priorizou o investimento na indústria automobilística (Ibid). Uma descrição significativa desta transformação pode ser vista por meio do exemplo da cidade do Rio de Janeiro. O Gráfico 2 demonstra as características da mobilidade da população desta cidade em dois momentos distintos, 1950 e 2005.

Gráfico 2: Distribuição das viagens urbanas na cidade do Rio de Janeiro.

Distribuição das viagens urbanas na Cidade do Rio de Janeiro (1950 e 2005)



Fonte: Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP) e Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes (GEIPOT). Elaborado por MORAIS et. Al, 2010, p. 550.

Ainda no Gráfico 2, é possível observar duas mudanças essenciais no perfil da mobilidade da população. No mundo do transporte coletivo, nota-se o desaparecimento do bonde e o aumento significativo do uso de ônibus. Já na área do transporte individual, aparece a ampla utilização do automóvel. Assim, a cidade mudou de uma mobilidade essencialmente coletiva e movida à eletricidade (o bonde e o trem) para outra que mistura a mobilidade coletiva e individual e depende essencialmente de combustíveis fósseis (MORAIS et al., 2010).

Na busca por dados mais recentes, foram coletadas as informações dos últimos relatórios do Sistema de Mobilidade Urbana (SIMOB) da ANTP⁶. As informações que são apresentadas a seguir demonstram a evolução na quantidade de bilhões de viagens por ano em dois momentos: no primeiro, no período que compreende os anos de 2003 a 2014 e no segundo, de 2014 a 2018, último ano de publicação do relatório com data de publicação em 2020. Essa divisão se deu a partir no ano de 2015, quando foi iniciado um processo de revisão dos parâmetros do sistema, que modificaram a forma de levantamento de dados⁷ (ANTP, 2023).

O primeiro gráfico apresenta a evolução absoluta de viagens (Gráfico 3). Posteriormente, a partir desse valor absoluto de viagens são apresentados também a evolução das viagens por modo (transporte coletivo, individual e não motorizado) e a evolução das viagens por tipo (municipal, intermunicipal, trilho, automóvel, motocicleta, bicicleta e a pé). A seguir, são apresentados os resultados no primeiro momento (Gráfico 4 e Gráfico 5).

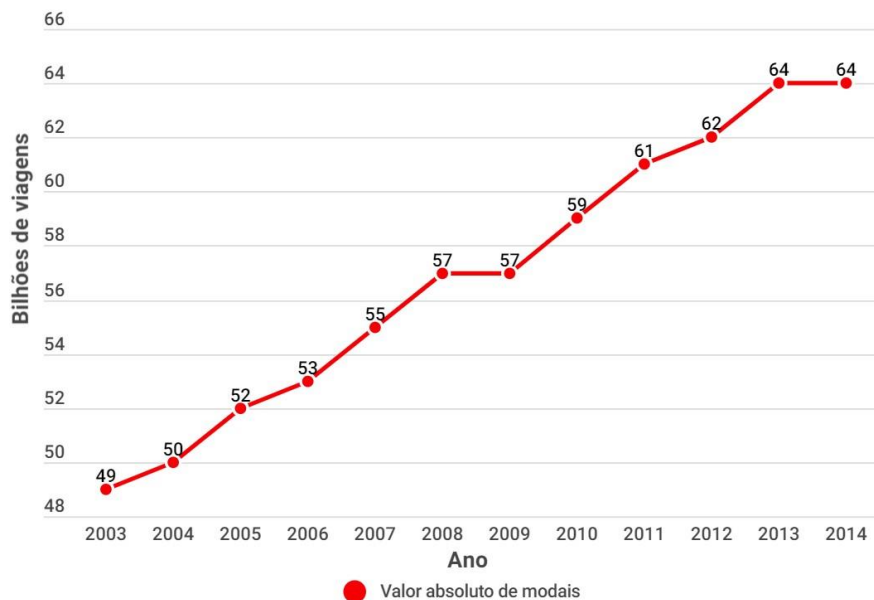
⁶ Foi desenvolvido nos anos 2004 e 2005 pela ANTP com apoio do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). Esse sistema foi estruturado para coletar informações sobre a mobilidade das cidades brasileiras com mais de 60 mil habitantes a fim de produzir relatórios anuais de mobilidade urbana.

⁷ Detalhes da nova metodologia podem ser lidos no documento “Nova metodologia adotada pelo SIMOB/ANTP” disponível em: <<http://www.antp.org.br/relatorios-a-partir-de-2014-nova-metodologia.html>>.

Gráfico 3: Evolução das viagens por ano (2003 a 2014).

Evolução das viagens por ano (2003 a 2014)

(Em municípios com mais de 60 mil habitantes)

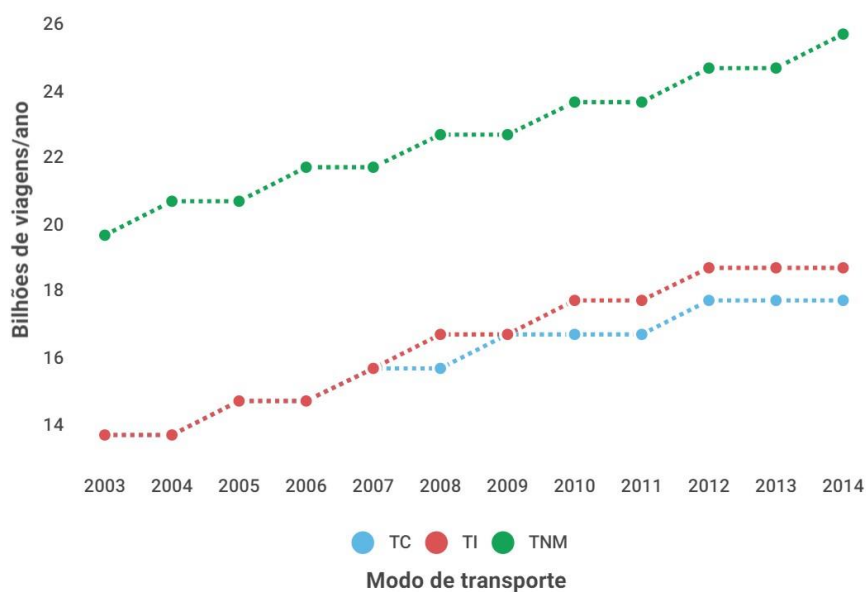


Fonte: Sistema de Informação de mobilidade - ANTP, 2020.

Gráfico 4: Evolução das viagens por modo (2003 a 2014).

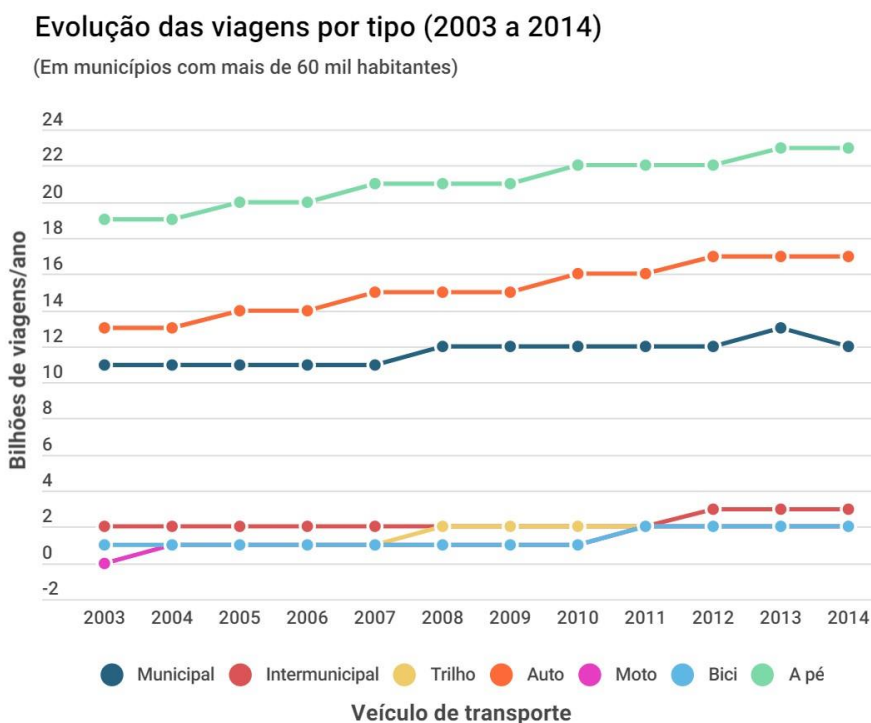
Evolução das viagens por modo (2003 a 2014)

(Em municípios com mais de 60 mil habitantes)



Fonte: Sistema de Informação de mobilidade - ANTP, 2020.

Gráfico 5: Evolução das viagens por tipo (2003 a 2014).



Fonte: Sistema de Informação de mobilidade - ANTP, 2020.

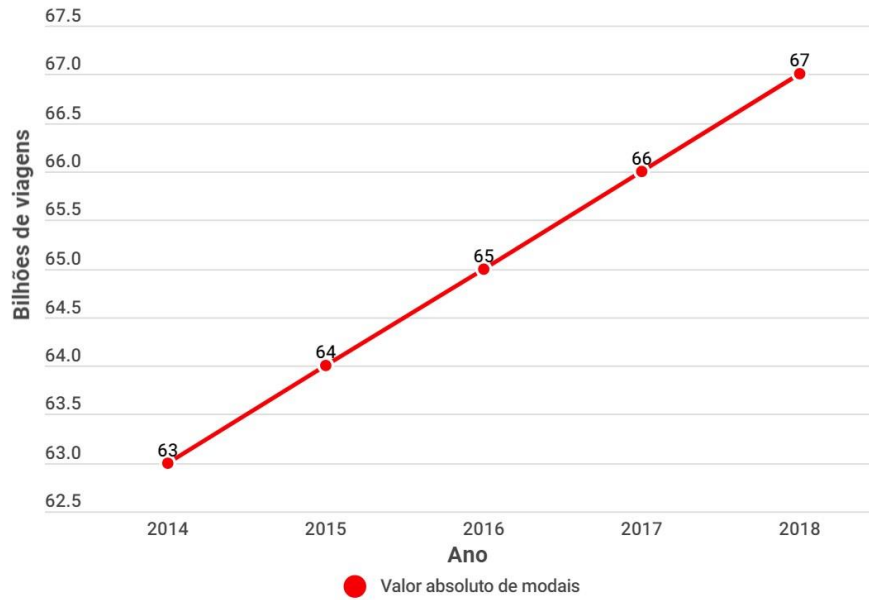
O Gráfico 4 representa o salto de 15 bilhões de viagens em um espaço de tempo de onze anos, com a ultrapassagem do transporte individual a partir dos anos 2010. Assim é possível observar que, conforme aponta o Caderno de Referência para Elaboração de Plano de Mobilidade Urbana (PlanMob), em um curto período o Brasil deixou de ser rural para tornar-se predominantemente urbano (BRASIL, 2015). Todavia, vale destacar que segundo os dados apresentados, ao longo do mesmo período e com essa mudança na característica no transporte brasileiro, permaneceu o deslocamento a pé como o meio de transporte mais utilizado pelos usuários, como indica o Gráfico 5.

Dando continuidade à investigação, a seguir são apresentados os dados do segundo momento, que compreende os anos de 2014 a 2018 (Gráfico 6, 7 e 8).

Gráfico 6: Evolução das viagens por ano (2014 a 2018).

Evolução das viagens por ano (2014 a 2018)

(Em municípios com mais de 60 mil habitantes)

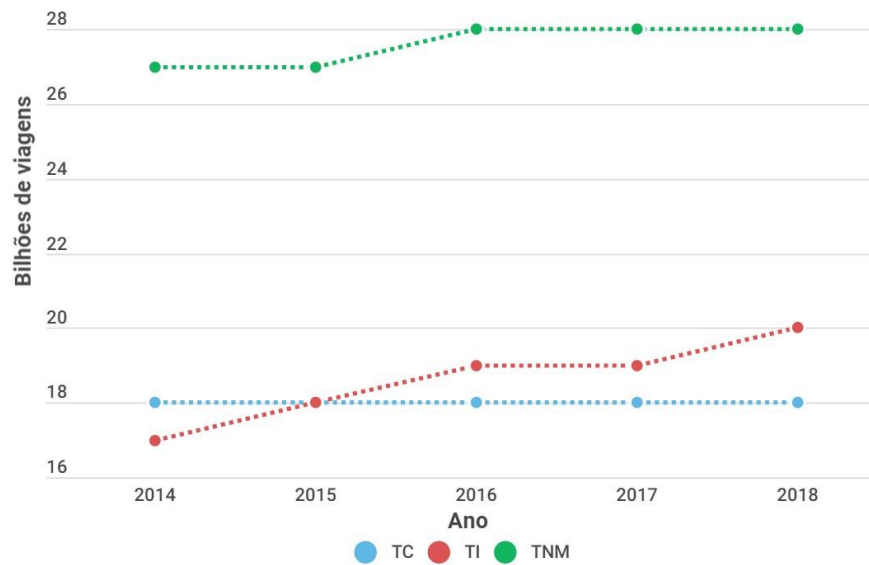


Fonte: Sistema de Informação de mobilidade - ANTP, 2020.

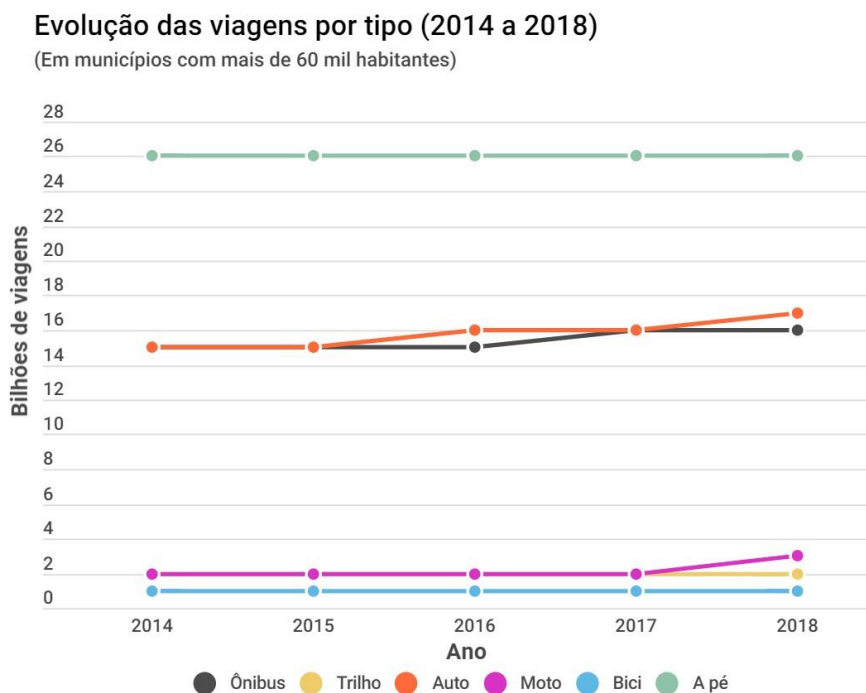
Gráfico 7: Evolução das viagens por modo (2014 a 2018).

Evolução das viagens por modo (2014 a 2018)

(Em municípios com mais de 60 mil habitantes)



Fonte: Sistema de Informação de mobilidade - ANTP, 2020.

Gráfico 8: Evolução das viagens por tipo (2014 a 2018).

Fonte: Sistema de Informação de mobilidade - ANTP, 2020.

No Gráfico 6 é possível observar um crescimento anual de 1 bilhão de viagens no valor absoluto, onde em 2018, a população dos municípios que constituem a SIMOB fez 67,0 bilhões de viagens, o que corresponde a cerca de 223 milhões de viagens por dia (ANTP, 2020).

Nos gráficos seguintes (Gráfico 7 e Gráfico 8) chama a atenção a permanência no valor de 18 bilhões de viagens realizadas via transporte coletivo dos anos de 2012 a 2018. Em adição a esse problema da não adoção do transporte coletivo está o aumento do transporte individual motorizado a partir de 2015. Essas mudanças estruturais refletiram em grandes consequências, como nos gastos dos usuários, no consumo de energia e na geração de poluição, nos congestionamentos e os acidentes de trânsito.

Por fim, é notável que, no segundo momento dos relatórios, novamente prevalece como maior meio mais utilizado pelos brasileiros o transporte não motorizado e especificamente o do tipo a pé.

Segundo Moraes et al. (2010) depois de um longo período sem uma atuação federal que fosse mais sistemática no cuidado do transporte coletivo, o cenário da

mobilidade que se desenvolvia nas cidades brasileiras se tornava cada vez mais preocupante. A alta demanda e pouca disponibilidade do transporte coletivo aliada à degradação das condições de trânsito, causaram problemas de mobilidade graves para a população brasileira, que refletem em um círculo vicioso de perda de competitividade do transporte coletivo público em relação ao individual privado.

Durante esses anos, conforme os dados apresentados pelos relatórios da SIMOB/ANTP, se observou forte crescimento do transporte individual (e nos dias mais atuais, o coletivo informal), queda da demanda pelos serviços de ônibus urbanos, sobrecarga do sistema viário das cidades e suas diversas consequências em termos de aumento dos congestionamentos (GOMIDE, 2008).

Esse aumento se deu principalmente por parte do governo, através de políticas públicas que privilegiaram o transporte individual, com obras de ampliação do sistema viário, áreas para estacionamento, construção de pontes, túneis e viadutos. As soluções aplicadas eram imediatistas, com enfoque de curto prazo, e visavam resolver problemas pontuais e de forma segmentada (BRASIL, 2015).

Reconhecendo esses problemas, o governo federal iniciou um processo de retomada da estabilidade institucional da política federal de transportes urbanos, que havia sido desmobilizada desde meados da década de 1980. Nesse contexto, em meados dos anos 1999 inserem-se secretarias e grupos como um esforço para a retomada das políticas setoriais urbanas (habitação, saneamento e transporte urbano) de apoio. (GOMIDE, 2008).

Maricato (2017) aponta um dado conflitante onde no qual houve aumento dos investimentos em urbanidade, mas a mobilidade não melhorou. A questão vem por motivos relacionados à última década, quando o país quadruplicou o número de motocicletas e duplicou o número de automóveis, enquanto 50% das viagens ainda são feitas por transporte coletivo. Segundo a autora, o setor que mais recebe investimentos públicos é o de transporte individual, principalmente na forma de subsídios e incentivos fiscais.

Nesse sentido, é importante não perder de vista que os fatores que mais contribuem para a redução da mobilidade urbana são: o aumento da frota de veículos, a aquisição de veículos individuais em detrimento de investimentos públicos em transporte coletivo de qualidade, a desorganização da circulação dos veículos de

carga, o crescimento desordenado da taxa de urbanização e a má qualidade das calçadas (REIS, 2015). Além desses exemplos dados pelo autor, pode-se acrescentar também a falta de segurança, a disponibilidade de vagas de estacionamento gratuito pelas ruas das cidades e falta de elementos vegetativos que condicionem melhor conforto ao caminhar.

Se até meados dos anos 1990, as políticas federais tratavam o transporte nas cidades enquanto uma questão majoritariamente de infraestrutura viária, a análise dos documentos oficiais do governo federal indica que a partir desse período a abordagem das políticas públicas nesse setor passou a lidar gradativamente com a mobilidade urbana enquanto função social e econômica essencial para o desenvolvimento urbano (SOUZA, 1992; BRASIL, 2002, 2004).

A partir desse momento o acesso à infraestrutura urbana, aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer passa a ser direito do cidadão, previsto pelo Estatuto da Cidade⁸ (EC), e objetivo da Política Nacional de Mobilidade Urbana⁹ (PNMU), instituída inicialmente pela Lei Federal 12.587/2012, também conhecida como a Lei da Mobilidade Urbana (LMU), fundamentada no Art. 21, inciso XX e no artigo 182 da Constituição Federal (CF) de 1988¹⁰.

O papel da PNMU é orientar e instituir diretrizes para a legislação brasileira de mobilidade urbana, trazendo consigo a constatação do fim de um modelo que demonstrou ser insuficiente para tratar dos deslocamentos urbanos (transporte motorizado individual), que apresenta cada vez mais complexidade e grande impacto no planejamento do desenvolvimento das cidades (BRASIL, 2012).

Além disso, objetiva a integração entre os diferentes modos de transporte e a melhoria da acessibilidade e mobilidade das pessoas e cargas no território. Busca incentivar o uso do transporte não motorizado em detrimento do motorizado, e o público coletivo em detrimento do individual. Estabelece como competência privativa

⁸ Lei Federal nº 10.257/2001. Estatuto da Cidade. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm>.

⁹ Lei Federal nº 12.587/2012. Política Nacional de Mobilidade Urbana. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm>.

¹⁰ Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 (Constituição Federal). Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm#art21xx>.

da União instituir diretrizes para o desenvolvimento urbano, fundamentada nos seguintes princípios:

I - acessibilidade universal;

II - desenvolvimento sustentável das cidades, nas dimensões socioeconômicas e ambientais;

III - equidade no acesso dos cidadãos ao transporte público coletivo;

IV - eficiência, eficácia e efetividade na prestação dos serviços de transporte urbano;

V - gestão democrática e controle social do planejamento e avaliação da Política Nacional de Mobilidade Urbana;

VI - segurança nos deslocamentos das pessoas;

VII - justa distribuição dos benefícios e ônus decorrentes do uso dos diferentes modos e serviços;

VIII - equidade no uso do espaço público de circulação, vias e logradouros; e

IX - eficiência, eficácia e efetividade na circulação urbana.

Mais recentemente, em maio de 2020, foi editada a Lei nº 14.000¹¹, que alterou o Art. 24 da Lei da Mobilidade Urbana e modificou disposições sobre o Plano de Mobilidade Urbana (PlanMob) que resultou na efetivação de políticas urbanísticas, devendo contemplar os serviços de transporte coletivo urbano e a sua integração com o transporte individual, a circulação viária, as infraestruturas de mobilidade, a operação e a regulamentação do transporte de carga e as áreas destinadas aos estacionamentos públicos e privados.

Aos municípios coube a responsabilidade de planejar, executar e avaliar a política de mobilidade urbana. Já a União, entre outras atribuições, tem a responsabilidade de organizar e disponibilizar informações sobre o Sistema Nacional

¹¹ Lei Federal nº 14.000/2020. Art. 24 da Política Nacional de Mobilidade Urbana. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/L14000.htm>.

de Mobilidade Urbana e a qualidade e produtividade dos serviços de transporte público coletivo (BRASIL, 2019).

A importância da aprovação dos Planos de Mobilidade está diretamente associada aos benefícios gerados no deslocamento de pessoas e veículos nos espaços urbanos. Assim, o estudo das condições efetivas de mobilidade através da elaboração de planos é fundamental para avaliar a qualidade da vida nas cidades no país e identificar ações de políticas públicas que possam reduzir os problemas mobilidade urbana, superando as condições historicamente construídas pelas políticas públicas de transporte e dando maior eficiência na movimentação de indivíduos e mercadorias, garantindo às pessoas o seu direito à cidade (Ibid).

Desta forma, compreende-se então que no desenvolvimento urbano existe uma necessidade reconhecida de modelar os fluxos de pedestres: explicar e avaliar o funcionamento dos ambientes construídos existentes, antecipar situações futuras e auxiliar na análise de cenários ao planejar novas áreas e mudanças de infraestrutura e apoiar a tomada de decisões (STAVROULAKI, 2022).

No que se refere a elaboração de políticas públicas, há uma necessidade reconhecida nos campos mais amplos do desenvolvimento urbano em todas as escalas (municipal, regional e nacional) de modelar os fluxos de pedestres para: a) explicar e avaliar o funcionamento dos ambientes construídos existentes; b) prever situações futuras e auxiliar a análise de cenários ao planejar novas áreas e mudanças de infraestrutura; e c) apoiar a decisão (Ibid). Para a autora, essa necessidade evidenciou um problema: faltam por parte do poder público, aplicar métodos apropriados para analisar, prever e simular os fluxos de pedestres em práticas mais amplas de planejamento urbano.

Stavroulaki (2022) aponta que ainda hoje, a modelagem de transporte e tráfego ainda é orientada para o carro. Os pedestres são amplamente excluídos dos modelos (modelos de fluxo de tráfego, modelos de escolha de rota, por exemplo) e são introduzidos principalmente como "usuários vulneráveis" em simulações de interações veículo-pedestre com o objetivo de melhorar a segurança.

Como os modelos de fluxo de tráfego e de escolha de rota nunca foram atribuídos à modelagem de pedestres, eles são construídos com base em princípios e suposições que não se aplicam ao movimento de pedestres. Eles assumem um

comportamento de viagem altamente regularizado, movimento dentro de faixas e limites de estrada, e escolhas de rotas baseadas principalmente em caminhos mais curtos, medidos por distâncias ou tempo de viagem (Ibid).

O movimento de pedestres é um movimento informal e de fluxo livre. Os pedestres caminham, pegam atalhos, entram e saem de prédios, usam todo o espaço da rua, são guiados e atraídos pelo ambiente construído. Seu comportamento não é regulado por regras de trânsito (placas de sinalização que limitam o sentido, por exemplo), mas é o resultado de interação espontânea, negociando a prioridade de acordo com regras sociais, como contato visual ou cortesia (RINKE et al. 2017). Assim, pedestres escolhem as rotas que vão seguir com base na facilidade perceptiva, minimizando a distância cognitiva e percebida.

Para a elaboração de planos de mobilidade, se faz necessária a realização de diagnósticos precisos, das reais condições de mobilidade nos centros urbanos e nas regiões conurbadas e adjacentes. Para isso, é necessário usufruir de instrumentos que auxiliem na identificação e na proposição de possíveis soluções para os problemas identificados (STAVROULAKI, 2022).

Entre estes instrumentos, existem teorias e métodos de avaliação, proposição e desenvolvimento de projetos. A modelagem dos fluxos de pedestres tem sido uma das principais direções da Teoria da Sintaxe Espacial (TSE), representada por grande parte dos estudos teóricos, metodológicos e empíricos (KRENZ et al., 2019).

Na seção a seguir, vamos discutir sobre o tema da mobilidade a pé e relacionaremos à TSE, a fim de apresentar questões que sustentem a importância da sintaxe na análise da mobilidade a pé.

1.2. MOBILIDADE A PÉ E A SINTAXE ESPACIAL

Estudos sobre o comportamento da caminhada urbana demonstraram que, quando apresentadas a opções alternativas, as rotas que as pessoas escolhem podem ser influenciadas por uma série de atributos, como a distância ou do tempo de viagem (FRUIN, 1971), à segurança da rota (MURALEETHARAN; HAGIWARA, 2007), o conforto da rota (ERATH et al., 2015; BROACH; DILL, 2015) e o interesse da rota (SEVTSUK et al., 2021).

Pesquisas mais recentes sobre mobilidade a pé têm voltado seu foco para a *caminhabilidade*¹², que parte do pressuposto de que além das características morfológicas, as características construtivas do ambiente são consideradas determinantes para o deslocamento do pedestre, como a existência de bairros com usos mistos e comércio e serviços, mobiliário urbano adequado, por fachadas ativas e segurança pública (BRADSHAW, 1993; GEHL, 2013; SPECK, 2017; ITDP BRASIL, 2018).

Contrariando o pensamento tradicional no domínio do transporte (majoritariamente medido pela distância ou o tempo de viagem), alguns estudiosos de arquitetura e design urbano sugeriram que a escolha da rota de pedestres também pode ser afetada pela facilidade de navegação na rota, ou seja, sua complexidade, mais comumente medida pelo número de voltas ou mudanças direcionais ao longo do caminho (HILLIER e IIDA 2005; SHATU et al., 2019; BONGIORNO et al., 2021).

O interesse particular por curvas ou mudanças direcionais na navegação de pedestres tem origem na Teoria da Sintaxe Espacial (HILLIER e HANSON, 1984; HILLIER 1996), que tem como premissa a ideia de que a hierarquia de lugares nas cidades (quais ruas ou espaços públicos são mais utilizados pelos pedestres) depende predominantemente de quão próximos esses espaços estão das oportunidades circundantes em termos de proximidade topológica capturada por mudanças de direção, não de distância ou tempo de viagem (HILLIER e IIDA 2005; PENN, 2003).

Pesquisadores de sintaxe espacial argumentaram que os volumes de pedestres observados nas ruas da cidade são igualmente bem ou até mais bem explicados pela atribuição de rotas que pressupõe que as pessoas preferem rotas com o menos curvas, em vez daquelas que são mais curtas (SEVTSUK e BASU, 2022).

As descrições e análises da sintaxe do espaço são principalmente orientadas para pedestres e de acordo com a natureza informal, não regulamentada e de fluxo

¹² Para a *caminhabilidade* é necessário que a ação de caminhar seja compreendida por aspectos como: as condições e dimensões das calçadas e cruzamentos, a atratividade e densidade da vizinhança, a percepção de segurança pública, as condições de segurança viária e quaisquer outras características do ambiente urbano que tenham influência na motivação para as pessoas andarem a pé com mais frequência e utilizarem o espaço urbano (ITDP Brasil, 2018).

livre do movimento de pedestres. As representações utilizadas são baseadas em uma geometria cognitiva, e assumem a perspectiva do sujeito perceptivo em movimento (MARCUS, 2018).

Os modelos de sintaxe espacial são modelos de fluxo de tráfego e não de escolha de rota. Esta teoria assume que as escolhas de rota são baseadas na menor "distância percebida" (número de voltas, desvios angulares), na facilidade de navegação e na inteligibilidade, em vez da distância métrica. As representações da rede são baseadas na rua, enfatizando a rua como um lugar de importância, em vez de uma ligação de transporte que conecta os locais. Explicam e predizem fluxos de pedestres e não simulam vestígios individuais. São os padrões sociais, e não os comportamentos individuais, que estão em foco (STAVROULAKI, 2022).

Neste sentido, embora a sintaxe do espaço não tenha como objetivo descrever o movimento de pedestres em si, mas sim o espaço arquitetônico e urbano e os potenciais de movimento criados por suas configurações espaciais, ela criou um modelo poderoso para explicar e prever os fluxos de pedestres. Nas últimas décadas, construiu um quadro teórico e metodológico abrangente e forneceu evidências empíricas sólidas de que é uma metodologia apropriada para modelar, explicar e prever fluxos de pedestres (HILLIER et al., 1993; PENN et al., 1998; PEPONIS et al., 2008; OZBIL et al., 2011; NETTO et al., 2012).

Apesar de existirem muitos estudos paralelos à TSE que propuseram diferentes modelos estatísticos para avaliar o impacto do ambiente construído na caminhabilidade e fornecer diretrizes para ambientes caminháveis, eles são muito complexos e dependem de muitas variáveis, algumas das quais são detalhadas demais para serem incluídas nos estágios iniciais de um projeto (largura da calçada, iluminação pública, definição exata de uso do solo, por exemplo) ou incluir variáveis socioeconômicas (renda, idade, sexo, uso do solo) que não são predefinidas nos planos de desenvolvimento. Assim, a capacidade de ser usada nos estágios iniciais de um processo de projeto, torna a modelagem da TSE uma metodologia mais útil e apropriada para apoiar o planejamento (STAVROULAKI, 2022).

Desta maneira, o desenvolvimento de modelos preditivos para fluxos de pedestres é fundamental para requerer conhecimentos para este campo de estudo e na defesa da inclusão da modelagem da TSE como mecanismo de desenvolvimento

urbano sustentável, seja para análise de cenários, para simulações de movimento ou de avaliações de impacto de novos planos e/ou mudanças de infraestrutura. Os modelos explicativos nos ajudam a compreender o impacto absoluto ou relativo das variáveis espaciais, nos fluxos de pedestres. Já os modelos preditivos, nos ajudam a estimar os fluxos de pedestres esperados em áreas sem dados empíricos, ou em futuros planos urbanos e situações não construídas.

Para um melhor entendimento da Teoria da Sintaxe Espacial, o tema é apresentado a seguir em capítulo específico, abordando sua fundamentação teórica, metodologias e ferramentais e algumas de suas contribuições para o campo de estudo da mobilidade urbana a pé e do uso de mecanismos computacionais para o planejamento urbano.

3. A TEORIA DA SINTAXE ESPACIAL

A Teoria da Sintaxe Espacial (TSE) originou-se no início da década de 1970 em Londres. Inicialmente desenvolvida por Bill Hillier e colaboradores da *The Bartlett, University College London* (UCL), é um conjunto de técnicas e teorias para analisar layouts espaciais e padrões de atividade humana (HILLIER; HANSON, 1997). Segundo os autores, deriva da preocupação de que “[...] as teorias (em arquitetura) tem sido extremamente normativas e pouco analíticas” (Ibid, p. 01). Busca descrever as relações entre a configuração do espaço (em edifícios e áreas urbanas) e sociedade (a rede de espaços conectados e processos socioeconômicos), através de *análises quantitativas e análises qualitativas*¹³, visando compreender aspectos importantes do sistema urbano, em especial os padrões de comportamento e possibilidades de fluxos (deslocamentos).

O termo *Space Syntax*, “sintaxe espacial” ou “sintaxe do espaço”, foi utilizado pela primeira vez em 1976 por Hillier e Leaman¹⁴, ainda que, segundo Holanda (2018), as primeiras ideias de embasamento da teoria já tinham sido trazidas pelos autores em trabalhos anteriores (HILLIER; LEAMAN, 1972¹⁵; 1974¹⁶; 1976¹⁷). A continuidade no desenvolvimento da TSE levou a publicação do livro *The social logic of space* de Hillier e Hanson em 1984, onde todos os conceitos e categorias básicas foram reunidas pela primeira vez (HOLANDA, 2018). Hillier e Hanson (1997) afirmam que a intenção do livro era tentar desenhar um campo teórico nos estudos socioespaciais, porém a publicação teve uma influência muito maior no campo metodológico. Apesar disso os autores defendem que a sintaxe espacial não deve ser vista como um conjunto de técnicas, mas sim como teoria e método (uma teoria descritiva básica de tipos de padrões e então um método computacional de análise), que podem contribuir para o

¹³ No processo de pesquisa científica é a que considera a *interpretação visual* de predominâncias e carências, delineando feições gerais identificadas. Complementa a *análise quantitativa*, que envolve a apreciação estatística dos dados (MEDEIROS, 2006, pp.501-502).

¹⁴ Hillier, B.; Leaman, A.; Stansall, P.; Bedford, M. (1976) “*Space Syntax*”, *Environment & Planning, B*, vol. 3, pp. 147-185.

¹⁵ Hillier e Leaman (1972) “*A new approach to architectural research*”.

¹⁶ Hillier e Leaman (1974) “*How is design possible?*”. pp. 4-11.

¹⁷ Hillier e Leaman (1976) “*Architecture as a discipline*”. pp. 28-32.

desenvolvimento e prática da arquitetura e do urbanismo. Em síntese, as teorias da TSE são estabelecidas para explorar “se” e “como” o espaço é internalizado em processos socioeconômicos através dos quais o ambiente construído é criado (UCL, 2022). Desta forma, tem sido feito de duas maneiras: primeiro, podem procurar semelhanças no padrão de modelos entre funções e culturas e, segundo, podem usar as ferramentas da TSE para explorar o que acontece com os padrões espaciais se os objetos no espaço forem inseridos de uma maneira diferente. Isso implica na possibilidade do uso da teoria tanto para analisar layouts e padrões existentes quanto para orientar decisões projetuais.

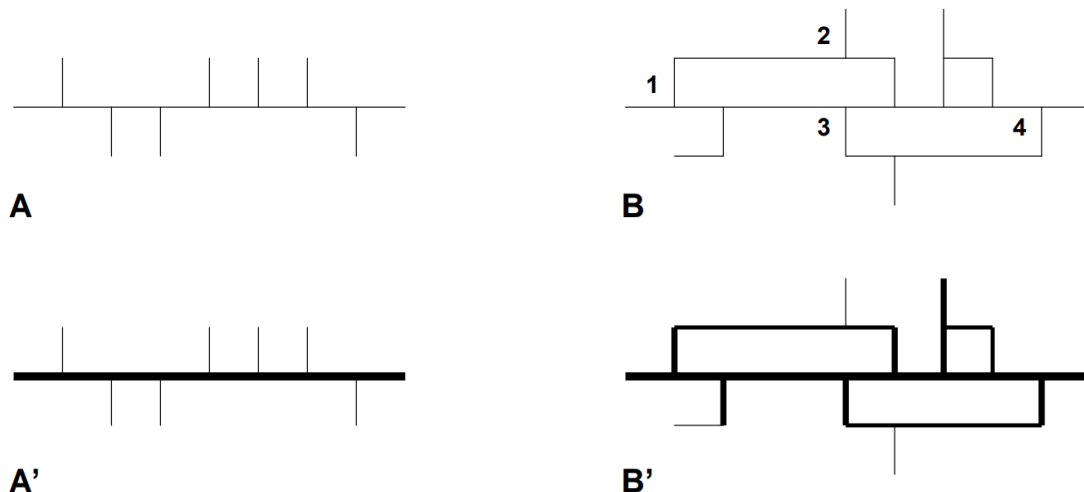
A teoria procura avaliar o *movimento* (os padrões, as hierarquias e associações) distribuído no sistema (a partir da forma do espaço) e de que maneira essa distribuição está contextualizada com a dinâmica urbana (MEDEIROS, 2006). Assim, o foco é então, a compreensão do *movimento*, que se torna o significado do aspecto relacional no espaço urbano ao sugerir “como a forma do espaço interfere (e sofre interferência) na distribuição dos fluxos dentro de uma cidade (Ibid, p. 98)”. Ainda segundo Medeiros (2006), o movimento pode ser classificado como o princípio da *atração*, assumindo que deslocamentos são sempre gerados um lugar para o outro, dependendo do poder de atração que certas formas possuem no sistema urbano como um todo.

Segundo Hillier et al. (1993), a capacidade que certos locais possuem em atrair e concentrar movimento, denomina-se *teoria da atração*¹⁸. Entretanto, as teorias de atração estabelecem a associação entre *movimento* apenas para as formas construídas finais e que não há relação (ou não se explora) o que seriam os vazios entre os espaços construídos. Ainda segundo o autor, é possível demonstrar teoricamente como a configuração da malha viária pode sim ser um aspecto definidor dos fluxos de *movimento*, independentemente da existência ou não de atratores. Para Hillier et al. (1993, p. 29), as malhas viárias “são capazes de concentrar ou restringir esses fluxos e estabelecer hierarquias que constroem uma rede de diferenças nas diversas vias que compõem um sistema urbano”. A imagem a seguir (Figura 1) ilustra

¹⁸ O *movimento* é interpretado nesta teoria como decorrendo “de” e “para” certas formas construídas de diferentes capacidades de atração, e o projeto do espaço torna-se a ferramenta para concebê-las (MEDEIROS, 2006, p. 99).

duas situações de vias hipotéticas expressas por Medeiros (2006) para exemplificar de forma visual mais clara o exemplo dado por Hillier et al. (1993).

Figura 1: Exemplo de duas configurações de malhas viárias hipotéticas.



Fonte: Medeiros (2006, p. 102)

Para o autor, ao observar a figura percebe-se de forma evidente que, para os dois casos, a via horizontal é a mais importante do sistema, porém, em graus diferenciados. Isto porque, na situação A (esquerda), a via desempenha um papel mais importante como concentradora de fluxos do que à direita (B) já que no primeiro exemplo, todas as vias desembocam nela e não há conexões entre as vias secundárias (não existem outras opções de trajeto). Já na situação B (direita), ao contrário, é possível ir da via 1 para a via 2 sem passar pelo grande eixo horizontal. Isso não significa que a via horizontal não seja importante, mas não é o único acesso pelo qual qualquer pessoa precise passar para seguir um dado trajeto (MEDEIROS, 2006). Dessa forma, é perceptível que a configuração da malha viária apresenta propriedades claras que podem promover ou restringir o *movimento*, resultando em uma *hierarquia espacial* que depende diretamente do relacionamento entre suas diversas partes.

Em suma a teoria da sintaxe espacial compreende um conjunto de princípios¹⁹ e medidas²⁰ inter-relacionadas que dominam a forma como as pessoas interagem com o espaço através da percepção, cognição e reflexividade de um dado sistema (HILLIER; HANSON, 1984). É baseada em modelos *sintáticos*, ou seja, o *modelo configuracional*²¹ que representa o espaço estudado. A configuração é “forma de articulação ou arranjo das estruturas (grade) em um sistema urbano” (MEDEIROS, 2006 p. 96) e associa-se ao termo *morfologia*, derivada do grego *morpho*, de *morphe*, “forma”, significando literalmente “o estudo da forma” que no contexto urbano, é definida como a ciência que estuda a forma física das cidades (OLIVEIRA, 2021). A criação do modelo sintático é simples, basta, inicialmente, indicar o que são “barreiras” (quarteirões, corpos hídricos, vegetação densa, paredes de concreto, praças, parques) e “permeabilidades” (ruas, largos, espaços passíveis de movimento humano na cidade). Há uma tendência que os modelos, principalmente os mapas, sejam traçados considerando o sistema viário. Entretanto, qualquer elemento urbano que não seja entendido como uma barreira ao movimento (como é o caso das praças cívicas), pode ser considerado uma permeabilidade. Para Castro (2016), a lógica para interpretar as barreiras e permeabilidades está em entender a lógica de movimentação das pessoas. Por exemplo, no caso das rotatórias, embora o movimento veicular seja circular, as pessoas atravessam de forma linear. Também se aplica ao caso dos canteiros centrais, que apesar de serem “barreiras”, não impedem a permeabilidade do pedestre. Com tal característica, observa-se a necessidade de atenção sobre os elementos constituintes do sistema para cada análise. Pois, no caso dos canteiros centrais por exemplo, uma análise de mobilidade deverá obter um mapa sintático ainda mais criterioso a depender do tipo de modal analisado.

Como qualquer outra teoria, a TSE também possui suas limitações. Netto (2013) aborda os limites da teoria na sua própria essência. Segundo o autor, uma das

¹⁹ 1. As pessoas se movem em espaços lineares; 2. Interação em um espaço convexo; e 3. Se movimentam pelos padrões complexos do espaço em ambientes construídos (HILLIER e VAUGHAN, 2007).

²⁰ Existem várias medidas que podem ser usadas para descrever as propriedades configuracionais do espaço arquitetônico ou urbano. Autores como Klarqvist (1993) e Vaughan (2015) abordam as medidas e conceitos de forma mais clara através de um glossário. Esta pesquisa se limita as medidas de Integração (global e raio 500m), Escolha (global).

²¹ *Modelo sintático, configuracional, sistema, malha e grade* são expressões que se referem aos espaços que compõem o todo espacial, por meio do princípio das permeabilidades e barreiras.

proposições mais criticadas da sintaxe está no fato de que “os impactos de mudanças locais sobre fluxos de movimento pedestre não serem levados em conta” (NETTO, 2013, p. 5). Isso significa que ignora variáveis referentes ao aspecto particular das cidades que também podem influenciar nos deslocamentos. Por fim, o autor também traz à tona a crítica relacionada a abordagem fisicalista do espaço, no qual o mesmo, é definido quase exclusivamente como “pura geometria e estrutura, ou seja, uma concepção essencialmente fisicalista do espaço, focada na análise de configurações e hierarquias” (Ibid, p. 6). Para ele, a teoria “parece presa na linha axial” e uma representação não pode sobrepor o domínio objetivo de uma teoria (NETTO, 2013, p. 6). Ratti (2004) escreveu sobre algumas inconsistências da teoria e aponta que a TSE descarta informações importantes sobre métricas, como a dificuldade de levar em consideração a altura dos edifícios. Apesar disso, Medeiros (2006) acredita que o coerente é aceitar as limitações da TSE e valorizar aquilo que mais a distingue de outras teorias: o âmbito relacional (espaço e sociedade). A sintaxe espacial funciona em acordo com a intuição projetual, gerando novas possibilidades a serem exploradas (HILLIER; HANSON, 1997). Ela não explica a realidade urbana, mas auxilia fortemente na percepção da cidade (MEDEIROS, 2006). Sendo assim, esta pesquisa irá fazer uso da sintaxe espacial de modo que ela possibilite analisar qualitativamente o espaço urbano para identificar potenciais de movimento para o planejamento e a melhoria da mobilidade urbana a pé, com foco para a aplicação dos mecanismos computacionais e a testagem de suas funções relacionadas a TSE.

3.1. COMPONENTES DA SINTAXE ESPACIAL

Segundo Hillier e Hanson (1984), a sintaxe espacial é constituída por quatro componentes fundamentais que procuram fornecer uma maneira objetiva de representar o espaço configuracional, que são descritos resumidamente a seguir:

1. *Teorias*: Podem procurar semelhanças no padrão de modelos entre funções e culturas e podem usar ferramentas de sintaxe espacial para explorar o que acontece com os padrões espaciais se os objetos no espaço forem implantados e moldados de maneiras diferentes.

2. *Representações do espaço*: o espaço pode ser derivado geometricamente (representado através do ponto, da linha axial, do segmento e da isovista) ou também

pode ser funcionalmente definido (espaço convexo, salas em um edifício, ambientes em uma casa).

3. *Modelos interpretativos*: são os modelos sintáticos desenvolvidos para analisar, descrever, explicar e prever diferentes tipos de fenômenos espaciais e socioeconômicos.

4. *Análise das relações espaciais*: essas relações podem ser analisadas objetivamente por meio das medidas sintáticas (*connectivity* - *CONN*, *controllability* - *CONTR*, *choice* - *CH* e *integration* - *INT* por exemplo²²). Cada medida leva em consideração um conceito de distância. Para a análise da TSE, três definições de distância são usadas: a) *distância topológica*²³; b) *distância angular*²⁴; e c) *distância métrica*²⁵.

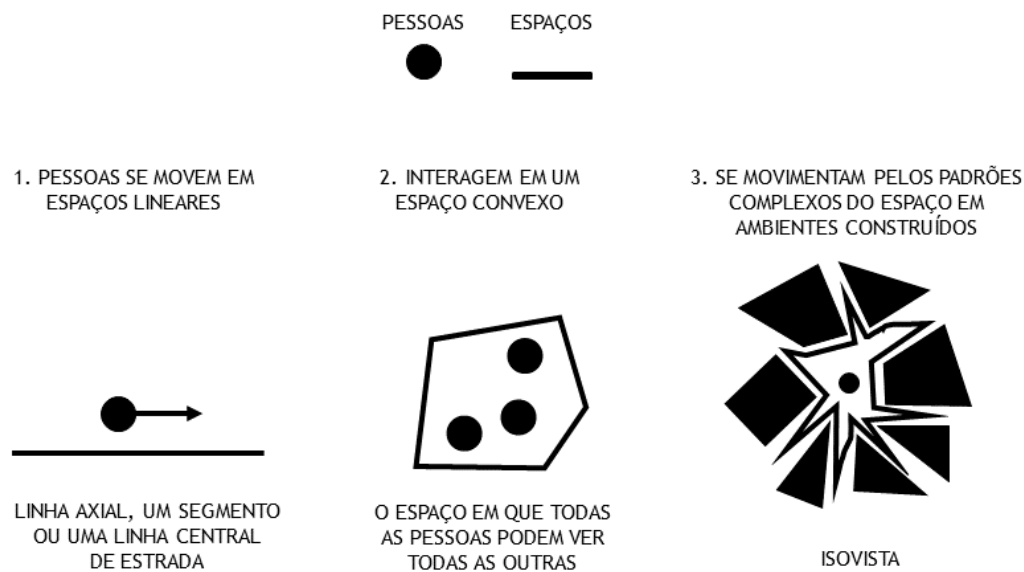
As representações do espaço compõem os princípios básicos da Teoria da Sintaxe Espacial. Por meio destes elementos derivam-se mapeamentos e grafos que descrevem as propriedades e relações do espaço (NOGUEIRA, 2004). Os elementos essenciais de representação são: a linha axial, o espaço convexo e a isovista (Figura 2), que segundo Karimi (2012), compõem os princípios básicos da TSE.

²² São descritas em detalhes por Hillier et al (1993, p. 35).

²³ A topologia é o ramo da matemática que lida com relações espaciais, ou seja, com as propriedades dos espaços enquanto elementos conectados e dotados de limites espaciais, independentemente do seu tamanho e formato (RATTI, 2004; MEDEIROS, 2006). Assim, ao contrário da geometria, a perspectiva topológica não considera aspectos físicos como as distâncias métricas ou proporções por exemplo, mas sim as hierarquias entre elementos e suas conexões (IPEA, 2011, p. 10).

²⁴ Mudança angular de um espaço para outro. Pressupõe-se que as pessoas escolherão a rota que resultará na mudança angular mínima (TURNER, 2000, p. 3).

²⁵ Distância euclidiana em metros de um espaço para outro (UCL, 2022).

Figura 2: Definição de linha axial, espaço convexo e isovista.

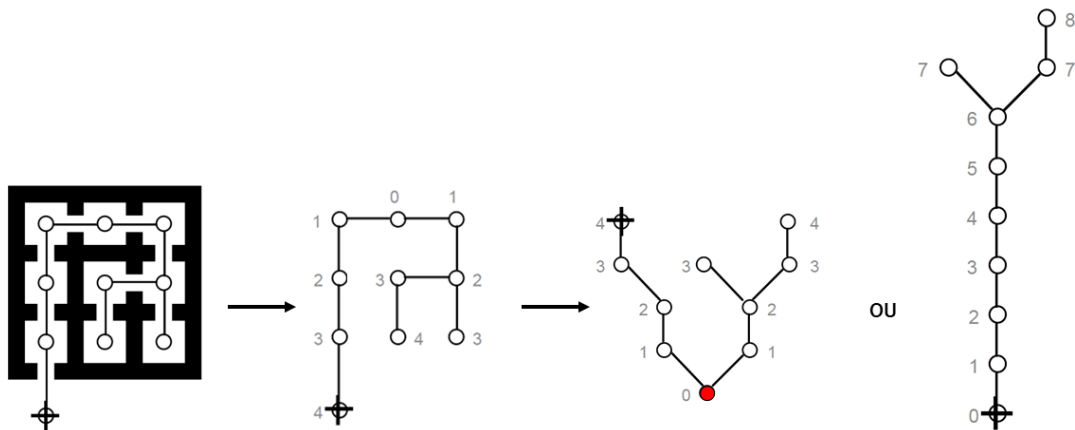
Fonte: Adaptado de Hillier e Vaughan (2007)

A *linha axial* (caminho, trajeto, fluxo) é uma linha reta, uma linha de “visão”, possível de se seguir a pé (KLARQVIST, 1993). É “a linha mais longa que pode ser desenhada por meio de um ponto arbitrário na configuração espacial” (TURNER; PENN; HILLIER, 2005, p. 426). Também pode ser representada por meio de um *segmento*, que é a fragmentação da linha axial em novos eixos, ou ainda por uma linha central de estrada – *Road Centre Line* (RCL), proposta por Turner (2005) na resolução de dificuldades com o uso das linhas axiais. Já o *espaço convexo* é o espaço no qual nenhuma linha reta, traçada entre dois pontos, excede seus limites (HILLIER; HANSON, 1984). É o espaço onde todas as pessoas podem ver todas as outras. Este tipo de representação é normalmente aplicado na análise de edificações, por terem menor área, pois quando aplicado em grandes áreas urbanas oferecem resultados pouco significativos (BAFNA, 2003; NOGUEIRA, 2004). A *isovista*, por sua vez, é a área no ambiente construído totalmente visível a partir de um determinado ponto (KLARQVIST, 1993), sendo que pessoas se movimentam pelos padrões complexos do espaço e sua forma e tamanho sofrem alterações conforme a posição do observador seja alterada (BENEDIKT, 1979).

Os mapas axial e convexo também podem ser representados por meio de *grafos*. O grafo é uma figura que representa relações de permeabilidade entre todos

os espaços convexos de uma malha (KLARQVIST, 1993). Os espaços são representados por círculos ou pontos (chamados de nós), ligados por linhas (chamados de links). Na Figura 3 é demonstrado o mapa convexo juntamente com seus grafos. Na representação convexa, cada círculo representa um espaço convexo, onde na figura abaixo, o círculo vermelho representa o espaço externo.

Figura 3: Layout espacial de uma casa hipotética.



CADA CÔMODO É INDICADO COMO UM CÍRCULO (NÓ) E AS RELAÇÕES DE ACESSO ENTRE OS CÔMODOS COMO LIGAÇÕES (LINKS).

Fonte: Adaptado de UCL Space Syntax (2022)

A axialidade e a convexidade são o ponto de partida para uma análise sintática, pois delas derivam os mapas axial e convexo, representados por apenas uma dimensão. Já a representação por meio de grafos de visibilidade acontece a partir da análise em duas dimensões: comprimento e largura (TURNER et al., 2001). Segundo Al-Sayed et al. (2014), a ideia da *Análise do Gráfico de Visibilidade*²⁶ (VGA – *Visibility Graph Analysis* em inglês) era de reproduzir uma representação espacial semelhante à exposta por Hillier e Hanson (1984). Desta forma, Turner et al. (2001) elaboraram um grafo que conecta todos os pontos visíveis entre si, no qual cada ponto é um nó e a visibilidade entre esses pontos é a condição para haver a ligação de um nó para o outro. Em outras palavras, a visualização mútua entre pontos no espaço é a condição para se criar um gráfico de visibilidade (CASTRO, 2017).

²⁶ A análise do gráfico de visibilidade (VGA) investiga as propriedades de um gráfico de visibilidade derivado de um ambiente espacial. O VGA pode ser aplicado em dois níveis, nível dos olhos para o que as pessoas podem ver e nível do joelho para como as pessoas podem se mover, o que é fundamental para entender os layouts espaciais (TURNER et al., 2001, pp. 108-109). Esse conceito não será abordado neste trabalho, para mais consultar bibliografia citada.

Muitos são os componentes para a realização das análises espaciais e a escolha de um método ou outro vai depender do propósito do estudo. Para Medeiros (2006), cabe ao pesquisador, após finalizar a análise do mapa, correlacionar as informações obtidas com as variáveis que tenha interesse. No caso da pesquisa aqui apresentada, o propósito de análise qualitativa do espaço urbano fez-se escolher o método de representação linear do espaço (inicialmente explorado através da linha axial) com o objetivo de se obter um mapa configuracional da região escolhida, de modo que seja possível realizar as análises e identificar de forma visual os problemas e as potencialidades de melhoria da mobilidade urbana a pé relacionadas a configuração espacial urbana.

3.2. PROPRIEDADES SINTÁTICAS

As propriedades sintáticas representam a essência da análise dentro da sintaxe espacial, dividindo-se em medidas globais (a cidade como um todo) e locais (recorte como um bairro, por exemplo), podendo ser analisados em diversos níveis e escalas, à livre escolha do pesquisador. Os valores resultantes são representados numericamente e em uma escala cromática (no método de *representação clássica*²⁷) com gradação indo do vermelho, laranja, amarelo, verde até chegar ao azul – onde os eixos com maior valor de *integração*, por exemplo, tendem para o vermelho, e os de menor, para o azul. O objetivo destas propriedades é descrever o sistema urbano a partir de parâmetros das relações do espaço urbano em âmbito global ou local (HILLIER; HANSON, 1984). As medidas locais expressam a inter-relação dos espaços mais próximos, enquanto as globais determinam correspondências para a cidade como um todo (NOGUEIRA, 2004). Independentemente da escala, o procedimento é o mesmo: “[...] resulta do cálculo da matriz de interseções total do sistema, onde são consideradas todas as conexões a partir de todos os eixos” (MEDEIROS, 2006, p.125). Para esta pesquisa, temos as medidas globais e locais em raio de 500m, à medida que se pretende analisar o movimento do pedestre.

²⁷ A escala cromática (do vermelho ao azul) é o método de representação mais comum nas análises da TSE, entretanto pode-se representar os mapas através de outras cores como vermelho e azul apenas, preto ou branco, escalas de cinza ou até mesmo criar uma paleta de cores específica. As cores são relacionadas aos valores, a escolha da representação não altera os resultados.

a) Integração (*Integration*): É a principal medida utilizada na sintaxe espacial, podendo ser uma medida global (Rn) ou local ($R3$). A integração determina a média de profundidade²⁸ de um elemento espacial em relação a todos os outros de um sistema urbano (KLARQVIST, 1993). Ela mede a distância de cada elemento espacial em relação a todos os outros elementos de um sistema até determinado raio ou distância definida, o que corresponde a uma proximidade matemática (HILLIER; YANG; TURNER, 2012). A partir desta medida, pode-se determinar áreas integradas e áreas segregadas. Ela é útil na escolha de rotas mais integradas a serem percorridas.

b) Escolha (*Choice*): A escolha mede a quantidade de movimento que passa através de cada elemento espacial em relação a todos os pares de elementos espaciais em um determinado raio ou distância (HILLIER; YANG; TURNER, 2012). É uma medida dinâmica do fluxo através do espaço (KLARQVIST, 1993). Ela calcula a probabilidade de se passar em um determinado caminho (ou não) a partir de todos os outros pontos de origem e destino. É útil na previsão de fluxos de pedestres para um determinado destino.

c) Raio métrico (*Integration R500*): Trata de uma medida angular (geométrica) que calcula valores/índices de acessibilidade espacial baseando-se no menor ângulo de encontro entre dois segmentos (CASTRO, 2016). Leva em consideração um raio estipulado pelo usuário que determina o melhor valor para cada análise. Por exemplo, 500 metros para estudo na escala do pedestre (GEHL, 2013) e 1000 metros para automóveis²⁹.

Dessa forma, têm-se uma ferramenta valiosa para estudos e projetos urbanos na medida em que os aplicativos computacionais possibilitam que fatores relacionados à configuração sejam matematicamente mensurados e claramente visualizados e, portanto, possam ser correlacionados com as variáveis de interesse,

²⁸ Distância entre qualquer par de elementos espaciais. Segundo Hillier e Hanson (1984 p. 108) “a profundidade existe onde quer que seja necessário passar por espaços intermediários para ir de um espaço a outro”.

²⁹ Não que se prefira um ou outro. Para Medeiros (2006) “a escolha do foco está a depender do grau de aproximação do artefato de análise: se pequenos fragmentos urbanos, observa-se o pedestre; se grandes fragmentos ou a cidade como um todo, vê-se o padrão veicular. Pedestre e veículo são indicativos de movimento, e não uma preferência orgânica ou mecanicista (MEDEIROS, 2006, p. 97)”.

possibilitando uma infinidade de informações e análises que envolvem o espaço urbano e sociedade. Em Londres por exemplo, Vaughan (2007), analisou estatísticas de pobreza do final do século XIX utilizando técnicas de análise da TSE. Por meio da comparação de duas áreas distintas da cidade, a autora constatou uma forte correlação entre pobreza e segregação espacial, onde áreas mais pobres se mostraram menos integradas do que as de alta renda. Também em Londres, em um estudo coordenado por Hillier (2007), foram analisadas as relações entre padrões da configuração espacial e a criminalidade. O resultado deste estudo mostrou haver uma correspondência entre áreas mais segregadas e maior quantidade de furtos (HILLIER, 2007). No Brasil, Medeiros (2006) comparou 44 cidades brasileiras com 120 cidades mundiais, analisando suas configurações espaciais em busca de semelhanças, diferenças ou um arranjo tipicamente brasileiro. O estudo concluiu que as cidades brasileiras, apesar de se assemelharem às asiáticas em tamanho, e às europeias no quesito topologia, são mais segregadas e mais mal articuladas.

3.3. A REPRESENTAÇÃO LINEAR DO ESPAÇO

Das formas de representação que são recomendadas para estudos configuracionais (linha, espaço convexo e isovista), a representação linear do espaço é útil para a investigação dos aspectos urbanos relacionados ao *movimento*. É a que melhor se aplica a grandes sistemas, como é o caso do espaço urbano, e por isso, é a representação adotada para as análises nesta pesquisa.

Segundo Hillier (2001, p. 02.26), se nossas representações cognitivas do espaço são de fato geometricamente descontínuas, percebemos então o espaço urbano como composição de elementos geométricos interrelacionados e não como padrões complexos de distâncias métricas. Portanto, a escolha que os seres humanos adotam por estratégia ao percorrer os trajetos, se ampara na questão cognitiva. Logo, seria a *linha*³⁰ a forte candidata como elemento na geometria descontínua.

A representação linear do espaço deve apresentar o menor número possível de retas (que representam acessos diretos) e é obtida a partir da malha viária, que

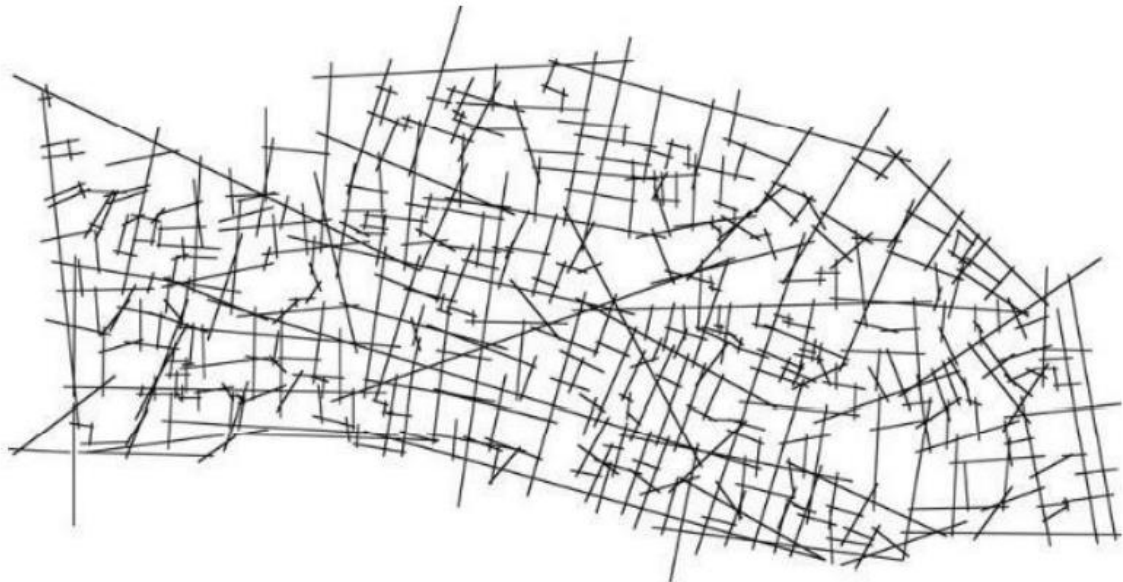
³⁰ Linha = linha axial. Uma *linha axial* é definida como a linha mais longa que representa a extensão axial máxima de qualquer ponto em uma linha reta (UCL, 2022).

pode ser desenhada através do traçado sobre base cartográfica disponível. Os modelos de representação linear mais comuns são expressos através do *mapa axial*, *mapa de segmentos* e do modelo *Road Centre Line* (RCL) que são exemplificados a seguir.

3.3.1 O mapa axial e o mapa de segmentos

Modelagem mais clássica da TSE, um mapa axial é composto pelo menor número de linhas axiais mais longas, englobando todos os espaços convexos da malha urbana e suas conexões (KLARQVIST, 1993; TURNER; PENN; HILLIER, 2005). O princípio chave do desenho de um mapa axial é minimizar o número de linhas e a mudança angular entre quaisquer pares de linhas (Figura 4).

Figura 4: Mapa axial da cidade de Londres.



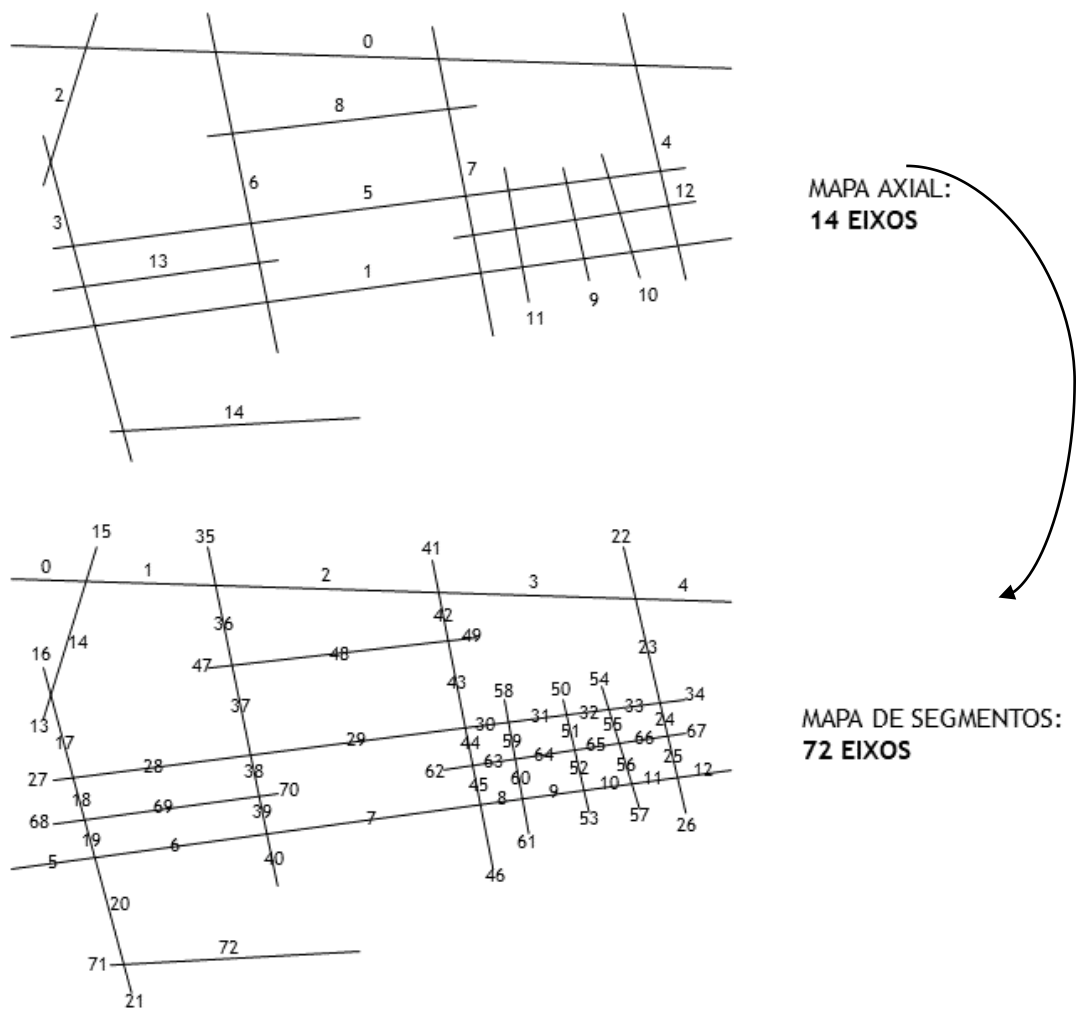
Fonte: Hillier (2007)

Segundo Hillier (2001), o primeiro ponto a ser examinado para investigações comparativas urbanas são os mapas axiais, o que possibilitaria o entendimento dos aspectos invariáveis e variáveis do fenômeno urbano. O autor acrescenta que a mais óbvia diferença entre os mapas axiais é geométrica, principalmente por apresentar a estrutura física do sistema urbano. Quando analisados, passam a representar as articulações topológicas. “Os mapas axiais nada mais são do que um conjunto de linhas com diferentes comprimentos com diferentes ângulos de interseção e tipos de interseção [...]. Mapas axiais de diferentes partes do mundo tendem a se diferenciarem em todas estas propriedades” (HILLIER, 2001, p. 02.4). Medeiros (2006) aponta que a posição de Hillier em manter que o mapa axial incorpora a

geometria é exagerada. Segundo o autor, a geometria é incorporada no sentido de que a partir dela o mapa axial é gerado, entretanto, os resultados de saída são topológicos e baseados nesta lógica (da topologia) e não no espaço cartesiano ou na lógica da rota mais curta (MEDEIROS, 2006, p. 144).

Por se tratar da forma mais antiga de representação linear (1984), a análise por meio do mapa axial é o mais tradicionalmente utilizado dentro das análises da sintaxe espacial. Por outro lado, um tipo de representação mais recente (2001) vem se destacando nas análises sintático-espaciais: o *mapa de segmentos*. Proposta por Turner (2001), a análise por meio de segmentos propõe a fragmentação da linha axial em novos eixos (Figura 5), calculando cada segmento criado de forma individual, permitindo uma análise mais detalhada, principalmente para eixos longos.

Figura 5: Mapa axial (superior) e mapa de segmentos (inferior). Os números identificam a quantidade de eixos (segmentos) que são calculados em cada análise.



Fonte: Adaptado de Castro (2016)

Turner (2001) aponta que a técnica apresenta duas principais diferenças em relação a análise axial tradicional:

1. a análise não é apenas topológica (como no caso do mapa axial), mas também angular, o que a caracteriza como *análise angular dos segmentos* visto que calcula medidas se baseando no menor ângulo de encontro entre dois ou mais segmentos, utilizando um fator de ponderação para calcular as métricas sintáticas. Na interseção de duas linhas axiais que formam um ângulo de 30° por exemplo, o autor sugere ponderação com fator de 0,25, enquanto para uma interseção com ângulo de 60° a ponderação seja de 0,5. Esse processo de ponderação busca a otimização da sequência do traçado urbano com maior eficiência para um determinado deslocamento. Assim percursos contínuos com certa sinuosidade passam a ser lidos como semirretas, representando de maneira mais precisa o movimento de veículos e pedestres;
2. também realiza *análises métricas*, considerando a localização dentro de um *raio específico* estipulado pelo usuário, o que possibilita análises das mais variáveis escalas. No caso do pedestre (usuário), o valor raio arbitrado usualmente é de 500m³¹.

Conforme Dalton (2001), na análise axial, uma linha axial muito longa pode gerar a percepção no pedestre de que não é possível ver completamente seu comprimento, não havendo também a noção do ponto em que a linha se desloca para outros espaços. Desta forma, a análise angular de segmentos possibilita minimizar alguns problemas de representação como o da linearidade de vias tortuosas, por exemplo, facilmente encontrados na análise axial tradicional, pois são tradicionalmente representadas através de vários eixos, levando a entender que existem muitas mudanças de direção, o que segundo Castro et al. (2016) nem sempre acontecem.

A técnica de análise angular pode ser aplicada como uma extensão da análise axial ou na análise de grafo de visibilidade. As medidas utilizadas neste tipo de análise são similares às do modelo axial clássico. No entanto, permitem um estudo de

³¹ Para mais consultar Gehl (2013).

acessibilidade mais refinado, contribuindo principalmente em análises a nível local (HILLIER; YANG; TURNER, 2012). Isso acontece, pois, ao segmentar os eixos em suas interseções, calculando cada semirreta criada individualmente, a análise possibilita aferir de modo mais detalhado a acessibilidade espacial (TURNER, 2001).

Por fim, pode-se concluir que o mapa de segmentos é um modelo de análise extremamente sólido e bem estruturado utilizado em inúmeros estudos de análise de mobilidade e fluxo de pedestres em grandes metrópoles. De acordo com Hillier (2008), ainda é possível realizar a análise axial, mas não é preciso. O criador do mapa axial aponta que a análise de segmentos é semelhante, mais poderosa e pode fazer mais coisas (análise angular e métrica).

O que difere geometricamente as duas técnicas, é a representação e os comandos, que serão lidos de maneira diferente pelo software de análise de acordo com o desenho dos eixos a serem processados. Todavia, esse trabalho de cunho majoritariamente computacional opta pela otimização de processos de análise, o que resulta na representação a partir do modelo *Road Centre Line* (RCL)³², que consiste na representação a partir do eixo central viário, sendo mais detalhado na subseção a seguir.

3.3.2 Modelo *Road Centre Line* (RCL)

O uso do modelo de *Road Centre Line* (RCL) foi proposto inicialmente por Turner (2005; 2007), para a resolução das dificuldades com o uso de mapas axiais em *análises de segmento* (que teria sido recentemente introduzida em 2001 pelo mesmo autor), principalmente no que se refere a crítica recebida pela comunidade da sintaxe do espaço para a definição exata de linhas axiais. O autor também questiona a não adoção de outra representação e porque essa representação não poderia ser a linha RCL (eixo rodoviário/ leito carroçável), visto que se trata de um modelo amplamente utilizado na engenharia de tráfego que, em geral, órgãos públicos possuem, sendo um ponto positivo para a obtenção e comercialização da sintaxe espacial³³.

³² *Linha Central da Estrada* em português.

³³ Para um aprofundamento nos parâmetros utilizados pelo autor para chegar a essas afirmações, consultar bibliografia citada: Turner (2007) - *Das linhas axiais às linhas centrais: uma nova*

Outro fator relevante, é a metodologia proposta por Dhanani et al. (2012) que consiste na possibilidade de aquisição por meio do mapeamento da *web*, que indica o uso de dados do *Open Street Map* (OSM) para a obtenção de informações, resultando assim, em uma forma mais ágil de obtenção do mapa sintático.

A representação do modelo RCL em um layout urbano hipotético é apresentado a seguir (Figura 6).

Figura 6: Representação da linha central de estrada de uma rede de ruas.



Fonte: Dhanani et al. (2012, p. 8211:4)

Segundo os autores, o RCL permite trabalhar com dados mais precisos que um mapa axial, principalmente no sentido de conferência e cruzamento de informações em ambiente SIG. No QGIS, é possível utilizar imagem de satélite e traçar o modelo simplificado nele ou, como proposto por Dhanani et al. (2012), pode ser elaborado por meio do OSM através do plugin *QuickOSM*.

representação para a sintaxe do espaço e um novo modelo de escolha de rotas para análise de redes de transporte (em inglês).

Todavia, vale ressaltar que um modelo RCL leva em consideração o eixo viário, o que pode gerar ruas com linhas duplas, em caso de ruas com canteiro central. Assim, é necessário realizar uma conferência e compatibilização, simplificando o mapa base, considerando a caixa viária total e representando-a com apenas uma linha (exceto em casos de barreiras ao movimento humano). No caso do RCL simplificado, as linhas vão seguindo a angulação das ruas, fazendo com que a geometria do modelo seja mais próxima do real (CASTRO, 2016).

Nesta pesquisa como teoria de análise, os resultados foram concebidos através da análise angular de segmentos, sendo obtidas análises qualitativas de Integração (angular global), Escolha (angular global) e Integração métrica (raio de 500m). Os resultados são apresentados no capítulo 4.

No que se refere aos instrumentos computacionais de aplicabilidade da TSE, realizou-se uma busca sobre os softwares de análise sintático-espaciais utilizados e foi percebido uma predominância de uso no software *Depthmap*³⁴. É um software livre e de código aberto, desenvolvido originalmente no início dos anos 2000 por Alasdair Turner, na *University College London* (UCL). Desde 2011, o software vem sendo desenvolvido por Tasos Varoudis³⁵. Trata-se do software que possui a versão mais completa para análise sintático-espacial, que aborda a teoria em todas as dimensões (axial, convexa, isovista). Todavia, existem mecanismos alternativos, que abordam algumas dimensões da TSE e propõem nova aplicação para a análise espacial, como é caso do software *Mindwalk1.0*, desenvolvido no Brasil em 2005 por Lucas Figueiredo³⁶. Medeiros em 2006, aponta os seguintes aplicativos como existentes para as análises sintático-espaciais: “*Axman*, *Orange Box* e *Ovation* para computadores *Macintosh*; e *Spatialist*, *Axwoman*, *Depthmap* e *Mindwalk*, para PCs” (MEDEIROS, 2006, p. 125).

³⁴ É um software livre de código aberto, desenvolvido originalmente no início dos anos 2000 por Alasdair Turner, na *University College London* (UCL). Desde 2011, o software vem sendo desenvolvido por Tasos Varoudis, disponível em: <<https://varoudis.github.io/depthmapX/>>.

³⁵ Todas as versões e atualizações, inclusive fórum de dúvidas são disponibilizados pelo autor em: <<https://varoudis.github.io/depthmapX/>>

³⁶ FIGUEIREDO, Lucas. 2005. *Mindwalk 1.0 – Space Syntax Software*. Laboratório de Estudos Avançados de Arquitetura – LA2. Universidade Federal de Pernambuco, Recife. Disponível em: <https://fdocumentos.tips/document/manual-mindwalk-space-syntax-software-portuguese.pdf.html>

Atualmente, a aplicação da SE também pode ser realizada por meio da integração com o sistema SIG através do plugin *Space Syntax Toolkit*³⁷ (SST), e está sendo aprimorado por Jorge Gil no *Space Syntax Laboratory*, The Bartlett, UCL (UCL, 2022). Vale destacar, que a integração da sintaxe espacial com os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) é importante porque, em primeiro lugar, possibilita recursos de análise e visualização de dados espaciais em ambiente SIG, que podem ser sobrepostos com informações relevantes dos elementos constituintes da cidade e em segundo mas não menos importante, auxilia na obtenção de dados para análise espacial em localidades onde não existem informações cartográficas disponíveis, eliminando assim, várias etapas de pesquisa e curadoria de dados.

Desta forma, optou-se pela elaboração do modelo a partir de um RCL obtido no próprio QGIS com o plugin *QuickOSM*. Embora os dados dos eixos viários fossem disponibilizados pelas prefeituras de Vitória-ES e de Serra-ES, a escolha desta metodologia se deu devido ao potencial de acessibilidade digital que esses meios possuem. A possibilidade de aquisição do modelo, seja por dados disponíveis ou elaborados, se deu graças à tecnologia do SIG, que tem contribuído cada dia mais para o avanço dos estudos no campo do planejamento urbano e na arquitetura. Assim, antes de apresentar as aplicações e os resultados, achou-se necessário abordar sobre o tema, a fim de corroborar sua importância não somente nas áreas que já tem predominância, mas também para a análise da sintaxe espacial.

3.4. OS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG): BREVE CONTEXTUALIZAÇÃO

Os mapas têm sido usados desde a antiguidade para registrar informações espaciais relacionadas a diversas atividades humanas (caça, pesca, agricultura, busca por moradia etc.). A cartografia³⁸ teve duas funções fundamentais desde a sua criação: primeiro, para garantir a informação geográfica, seja para fins políticos (fronteiras), militares (guerra), transportes (navegação) ou cadastrais (propriedade); e

³⁷ Disponível em: <<https://github.com/SpaceGroupUCL/qgisSpaceSyntaxToolkit>>.

³⁸ A cartografia é o estudo que trata da representação da Terra (integral ou parcial) através de mapas, cartas e outros tipos de documentações.

segundo, para fornecer uma forma de compreensão das circunstâncias ao nosso redor (PEREIRA, 2011).

Em um desenvolvimento independente na segunda metade da década de 1960, cartógrafos e agências de mapeamento começaram a se perguntar se os computadores poderiam ser adaptados às suas necessidades e possivelmente reduzir o custo e o tempo para produzir mapas. Agências nacionais de cartografia ao redor do mundo (*Britain's Ordnance Survey*, *France's Institut Géographique National*, a *US Geological Survey* e a *National Geospatial-Intelligence Agency*) começaram a investigar o uso de computadores para apoiar a edição de mapas, para evitar o processo caro e demorado de correção manual de mapeamentos. Porém, foi a *UK Experimental Cartography United* (ECU) a pioneira no mapeamento de alta qualidade por computador, em 1968. Em parceria com o *British Geological Survey*, publicou o primeiro mapa computadorizado do mundo em 1973 (PAUL et. al, 2004). De acordo com o autor, a ECU também foi pioneira no SIG em educação, nos correios e códigos postais como referências geográficas, percepção visual de mapas e mais.

As tecnologias de Geoprocessamento permitem o cruzamento de dados e análises que, na cartografia, eram feitos pela sobreposição de mapas transparentes para chegar aos mapas de síntese. Composta por duas palavras: *geo* e *processamento*, os termos traduzem a ideia de chegar à informação pelo processamento de dados geográficos (BRAIDA et al., 2017).

O geoprocessamento também pode ser considerado um conjunto de técnicas, métodos e processos para processamento digital de dados espaciais e obtenção de informações geográficas. Os dados a serem integrados e analisados por geoprocessamento devem ser georreferenciados³⁹, o que significa que a localização dos elementos representados pelos dados está relacionada a algum tipo de referência geográfica (Ibid).

Segundo Maguire (1991), o termo Sistema de Informação Geográfica (SIG) é mais difícil de definir do que se poderia inicialmente imaginar. Seu campo é ainda

³⁹ O termo georreferenciamento denomina o processo de associar uma determinada localização geográfica há um determinado sistema de projeção cartográfica. Dados georreferenciados são dados nos quais a sua localização geográfica está referenciado a um sistema de coordenadas (BRAIDA et al., 2017).

caracterizado por uma grande diversidade de aplicações que estão integrando sistemas que reúnem ideias desenvolvidas em muitas áreas. Entre os campos estão a geografia, agricultura, botânica, computação, economia, matemática, fotogrametria, topografia e zoologia. A maior causa para essa dificuldade de definição, decorre do debate acadêmico genuíno sobre o foco central da atividade atual dos SIG. Enquanto algumas pessoas acreditam que *hardware* e *software* são o foco central, outros argumentam que o elemento chave é o processamento de informações, e outros ainda, as aplicações (MAGUIRE, 1991). Para Braida et al. (2017, p. 158) o SIG pode ser entendido como um sistema composto por *hardware*, *software*, *base de dados* e *organização*. Podem realizar análises complexas, a partir da integração de dados de diversas fontes (cartográficos, cadastrais, censitários, imagens de sensoriamento remoto e redes). Em suma, pode ser sintetizado como um sistema projetado para entrada, armazenagem, manutenção e processamento de dados e para a saída de dados na forma de informação.

O sensoriamento remoto também desempenhou um papel no desenvolvimento do SIG, tanto como tecnologia como fonte de dados. Os primeiros satélites militares da década de 1950 foram desenvolvidos sob grande sigilo para coletar e reunir inteligência, mas a desclassificação de grande parte deste material nos últimos anos forneceu insights interessantes sobre o papel desempenhado pelas comunidades militares e de inteligência no desenvolvimento do SIG. Embora os primeiros satélites espões usassem câmeras de filme tradicionais para gravar imagens, o sensoriamento remoto digital começou a substituí-los na década de 1960 e, no início da década de 1970, os sistemas civis de sensoriamento remoto começaram a fornecer novos recursos de dados sobre a aparência da superfície do planeta e explorar as tecnologias de classificação de imagens e reconhecimento de padrões previamente desenvolvidas para uso militar (PAUL et al., 2004).

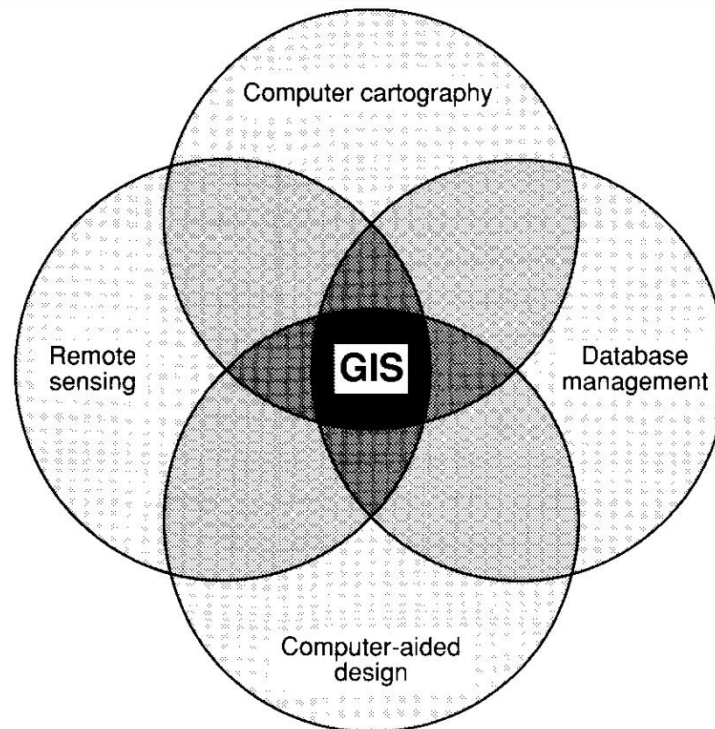
Na década de 1950, também foram os militares os responsáveis pelo desenvolvimento do primeiro sistema uniforme de mísseis balísticos intercontinentais do mundo, e esse desenvolvimento levou diretamente a métodos de controle posicional que ainda são utilizados atualmente. A necessidade militar foi a responsável pelo desenvolvimento inicial do Sistema de Posicionamento Global (GPS) (Ibid).

Ainda segundo o autor (Ibid) na área da educação, os primeiros cursos de SIG foram oferecidos em universidades no início da década de 1970, muitas vezes como um resultado da necessidade de uso em cursos de cartografia ou sensoriamento remoto. Hoje, milhares de cursos podem ser encontrados em universidades e instituições em todo o mundo. Cursos de treinamento podem ser oferecidos pelos fornecedores de software, e estão cada vez mais sendo ofertados através de plataformas web, com formação remota, através de cursos *online*.

O SIG realmente alavancou no início dos anos 80, quando o custo do *hardware* de computação caiu para um nível que poderia sustentar uma indústria de software significativa e aplicativos econômicos. Entre os primeiros clientes estavam empresas florestais e escritórios de recursos naturais, cujo pano de fundo era a necessidade de acompanhar vastos recursos madeireiros e regular seu uso de forma eficaz. Embora o custo de um computador e do software ainda fosse considerado um grande investimento, os benefícios da gestão consistente usando SIG, e as decisões que poderiam ser feitas com essas novas ferramentas, superavam consideravelmente os custos. O mercado de software SIG continuou a crescer à medida que os preços dos computadores caíam e a potência aumentava. Desta maneira, essa indústria de software tem crescido desde então (PAUL et al., 2004).

A relação entre SIG e desenho assistido por computador (*computer-aided design, globalmente conhecido como CAD*), cartografia computadorizada (*computer cartography*), gestão de bases de dados (*database management*) e sensoriamento remoto (*remote sensing*) é importante para estabelecer uma definição do SIG (Figura 7). Todos esses sistemas são anteriores aos SIG que, por terem evoluído a partir deles, têm muitas características em comum. No entanto, o SIG tem uma série de outros recursos não disponíveis em outros sistemas, como exemplifica a imagem a seguir (MAGUIRE, 1991).

Figura 7: A relação entre os sistemas de informação SIG (GIS), projeto assistido por computador, cartografia computacional, gerenciamento de banco de dados e sensoriamento remoto.



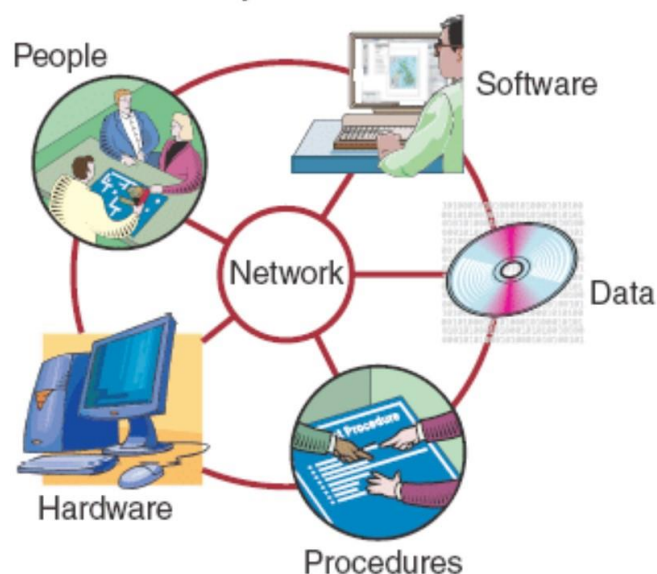
Fonte: Maguire (1991, p. 13).

O SIG trata os dados geográficos onde a localização espacial é um dos componentes que pode recuperar as informações a partir não só dos elementos alfanuméricos contidos nos dados, mas também através de sua posição geográfica (PEREIRA, 2000).

Para Braida et al. (2017), o significado de SIG é frequentemente aplicado à tecnologia computacional geograficamente orientada e aos sistemas integrados utilizados em aplicações. O autor sintetiza que a tecnologia atual responde as funções assim como os mapas respondiam no período passado, mas não do mesmo modo. Hoje, os dados são armazenados em um banco de dados e o entendimento do ambiente é feito pela transformação desses dados geográficos em informações geográficas por meio de ferramentas computacionais (que possuem um conjunto de funções gráficas e estatísticas analíticas para representá-las). Quando pensamos em planejamento urbano, mapeamento e outras formas de representação espacial, são também uma oportunidade de propor, analisar e apresentar possibilidades de organizar o espaço ou prever o futuro.

Apesar da complexidade observada, um SIG tem suas partes componentes bem definidas (Figura 8). Nos dias atuais, a parte central e mais fundamental é a *rede* (internet). Sem ela, nenhuma comunicação rápida ou compartilhamento de informações digitais poderia acontecer. A segunda peça da anatomia SIG é o *hardware* do usuário, o dispositivo com o qual o usuário interage diretamente na realização de operações SIG, digitando, apontando, clicando ou falando, e que retorna informações exibindo-as na tela do dispositivo. Tradicionalmente, este dispositivo ficava em um *desktop* de escritório, mas o usuário de hoje tem mais liberdade, porque as funções SIG podem ser entregues através de notebooks, assistentes de dados pessoais, dispositivos no veículo e até telefones celulares. A terceira parte é o *software* que é executado localmente no computador do usuário (*Archigis* e *QGIS* por exemplo). A quarta parte da anatomia é o *banco de dados*, que consiste em uma representação digital de aspectos selecionados de alguma área específica da superfície da Terra ou perto da superfície, construída para servir a algum problema de resolução ou propósito científico. O quinto componente é uma adição a esses quatro componentes citados anteriormente: um SIG também requer *procedimentos* para manter a alta qualidade e atender às necessidades da organização. Por fim, um SIG é inútil sem *pessoas* que projetam, programam, fornecem dados e interpretam seus resultados (PAUL et al., 2004).

Figura 8: As seis partes componentes de um SIG.



Fonte: Paul et al., 2004.

Em meados dos anos 2000, os aplicativos já podiam acessar bancos de dados por meio de redes locais ou remotas, publicar os dados em servidores *web*, tratar os dados tridimensionais e usar como metáfora de visualização o globo terrestre (PEREIRA, 2000). A partir daí, as ferramentas de SIG permitiram que, com base na utilização de elementos geométricos simples (como pontos, linhas e polígonos), fossem adicionadas informações a esses elementos. A geografia foi então representada por um banco de dados que contém informações sobre a geometria dos objetos representados e seus atributos. Também introduziram a representação do meio ambiente através de grades ou matrizes, representando não apenas os objetos no espaço, mas o espaço em si, de uma forma consistente com cada parte da superfície da terra, como conhecemos e utilizamos atualmente.

Com a continuidade dos avanços tecnológicos dos últimos vinte anos, hoje pode-se afirmar que os sistemas de informação nos ajudam a gerir o que se sabe, facilitando a organização e o armazenamento, o acesso e a recuperação, a manipulação e a síntese e a aplicação à solução de problemas atuais e futuros. É possível realizar análises e estipular cenários. Compartilhar os resultados sem que seja necessário a instalação do software. Tem conquistado espaço em campos inimagináveis, como o da arquitetura, e vem aprimorando suas funcionalidades a fim de se tornar atraente e acessível.

Desta forma, esta pesquisa busca colaborar com o uso de mecanismos computacionais para o planejamento das cidades. Para isso, fez uso do SIG através do plugin *Space Syntax Toolkit* (SST) no software QGIS. Baseados nos conceitos da TSE, as análises qualitativas das medidas foram processados e interpretadas e os resultados são apresentados no capítulo a seguir.

4. APLICAÇÃO E RESULTADOS

Para dar início a aplicação da metodologia, foram estabelecidas a área do objeto empírico e o tipo de sistema de análise a ser utilizado. O desenvolvimento dos condicionantes é expresso neste capítulo.

4.1. DELIMITAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO EMPÍRICO

O bairro de Jardim Camburi (JC) foi objeto de urbanização no ano de 1928 quando o coronel Manoel Nunes do Amaral Pereira tentou transformar a área, que era parte de sua fazenda, em loteamento. Devido a questões geográficas, principalmente voltadas para a distância da capital, nesse momento da história não foi possível concluir essa idealização (SILVA, 2022).

Figura 9: Vista aérea de Jardim Camburi em 1955. Destaque para os primeiros caminhos (ruas) abertos.



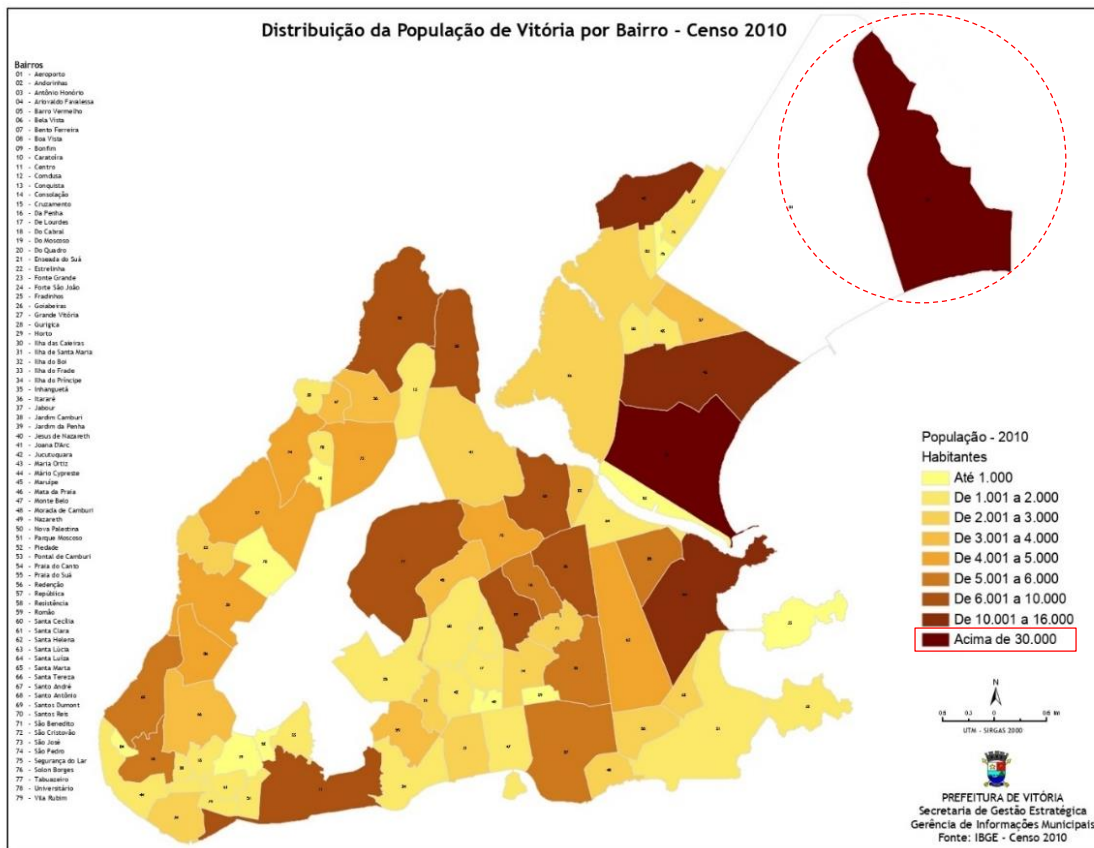
Fonte: Acervo PMV.

De acordo com os relatos de Erler (2016), anos após, em 1957, a fazenda foi comprada pelo empresário José Maria Vivacqua Santos que conseguiu concretizar a transformação das terras em lotes (Figura 9). No cenário nacional, o governo militar, no intuito de modernizar a indústria brasileira, estabeleceu o Plano Nacional de Desenvolvimento (PND). Em 1969, o plano possibilitou a construção da primeira usina da Companhia Siderúrgica Vale do Rio Doce (CVRD, hoje VALE) e a segunda usina em 1973. Também possibilitou a construção da Aracruz Celulose em 1978 e da Companhia Siderúrgica de Tubarão (CST) em 1983. Todas estas grandes construções, somada a profunda crise do café que levou o governo estadual a adotar a erradicação dos cafezais, resultou em um processo de aceleração do êxodo rural com muitos capixabas saindo do campo em busca de oportunidades de renda nas cidades.

Após algumas tentativas fracassadas de urbanização, foi somente na década de 1980 com a construção do Residencial Atlântica Ville que o até então loteamento entrou em ascensão. A construção desse condomínio foi um verdadeiro divisor de águas para a expansão populacional e comercial do bairro, fato esse que se intensificou com a chegada dos trabalhadores das indústrias e ainda com a instalação do Porto de Tubarão (Ibid).

Jardim Camburi continuou sua crescente expansão no decorrer dos anos e seu crescimento foi aumentando de acordo com a infraestrutura oferecida. Atualmente, a região se expande em diferentes áreas como negócios, empreendedorismo, turismo, hotelaria e lazer. O bairro encontra-se consolidado, sendo o mais populoso da capital (Figura 10) e apresenta, segundo dados do censo IBGE (2010), 39.157 moradores, com população estimada em 2022 pela Prefeitura Municipal de Vitória (PMV) de 44.142 moradores. Esta estimativa foi feita com base no censo do IBGE de 2010 e disponibilizada no ano de 2022 não sendo atualizada até o momento para o ano de 2023.

Figura 10: Distribuição da População de Vitória por Bairro - Censo 2010. Destaque para JC.



Fonte: GeoWeb Vitória (2019).

Além disso, o bairro está situado na parte continental de Vitória (Figura 11) e tem se destacado consideravelmente no setor imobiliário, principalmente pela proximidade com a orla marítima e com o único aeroporto, o Eurico de Aguiar Salles, em Vitória. Edifícios verticais são predominantes em Jardim Camburi, sendo utilizados como unidades habitacionais, salas comerciais, hospedagem e comércio. O processo de verticalização provoca um impacto significativo na formação da cidade, e no modo como ela se configura, gerando impactos ambientais, sociais e econômicos (ERLER, 2016). E esses impactos (poluição, aumento de tráfego por veículos motorizados individuais, segregação social, espacial, destruição de habitat, entre outros) refletem diretamente na mobilidade urbana impondo assim, a necessidade de repensar sua lógica.

Figura 11: Maquete eletrônica de Jardim Camburi (Vitória-ES) e regiões limítrofes.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Abaixo (Figura 12), é possível visualizar a mancha urbana de Jardim Camburi a partir da imagem de satélite.

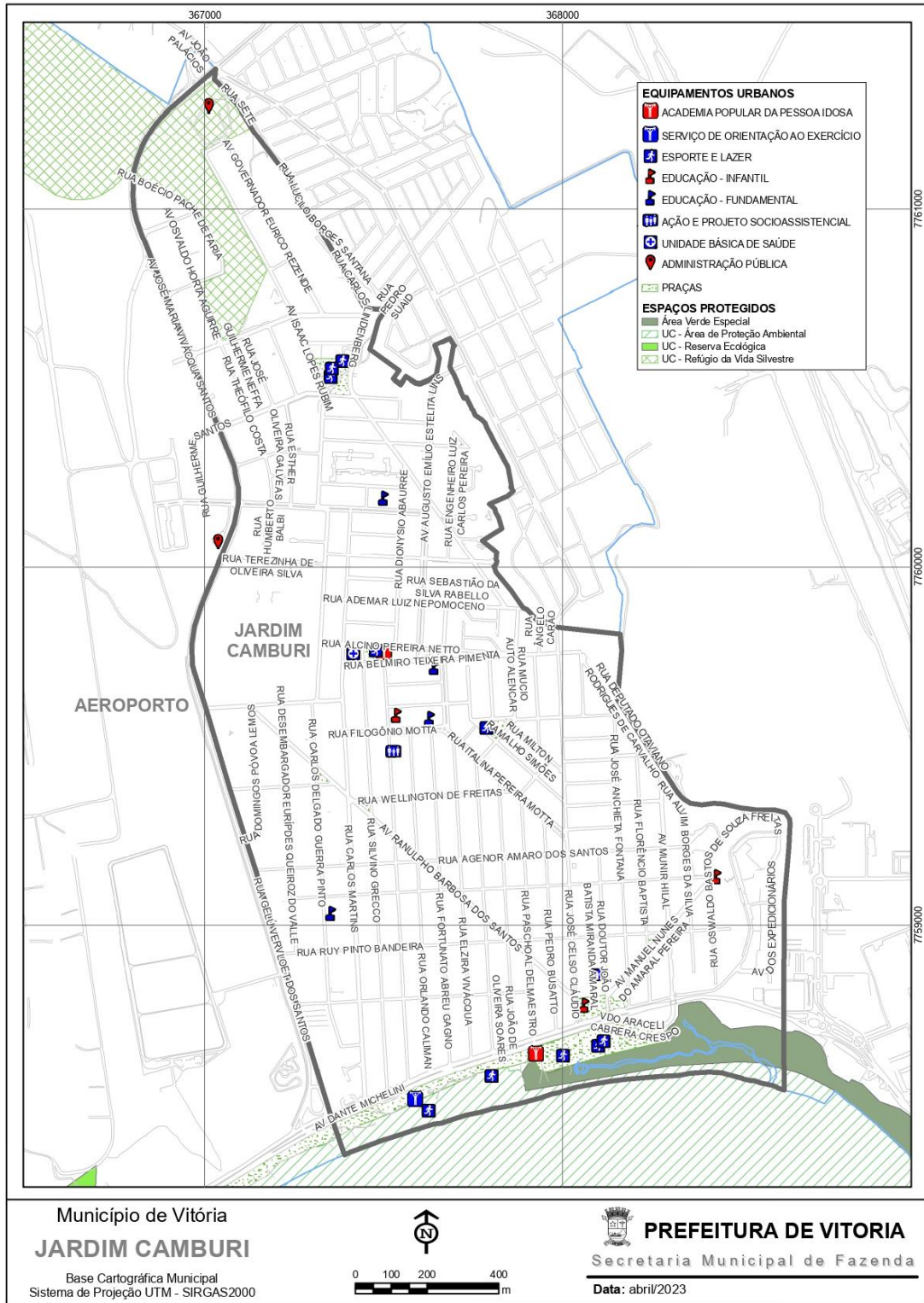
Figura 12: Vista aérea de Jardim Camburi (Vitória-ES) e áreas de entorno.



Fonte: Google Satélite. Elaborado pela autora (2022).

A imagem a seguir (Figura 13) apresenta o mapa elaborado pela Prefeitura Municipal de Vitória com a delimitação da área de Jardim Camburi e a indicação dos equipamentos urbanos públicos existentes.

Figura 13: Jardim Camburi.



Fonte: GeoWeb Vitória (2022).

Embora exista uma delimitação político-territorial intermunicipal do bairro, foi observado que suas características físico-territoriais configuram uma espécie de “ilha” que é delimitada pelo litoral, pelo aeroporto e pelas grandes áreas vegetadas. O que faz com que seu território se confunda com suas áreas conurbadas⁴⁰ limítrofes (Bairro de Fátima, Conjunto Carapina I e Hélio Ferraz), pertencentes ao município de Serra-ES. Desta forma, optou-se pela escolha de Jardim Camburi (JC) e suas áreas conurbadas (AC) como objeto de análise (Figura 14), à medida que Jardim Camburi possui alta densidade populacional (Figura 10) e é suprido de infraestrutura (praças, parques, escolas, comércio, transporte público), o que nos leva a supor que sua configuração somada aos aspectos socioeconômicos, é um grande promovedor de mobilidade a pé intermunicipal.

Figura 14: Delimitação do objeto do estudo empírico. JC e AC.



Fonte: Elaborada pela autora (2022).

⁴⁰ O termo conurbação aparece pela primeira vez em Mumford (1991) e Geddes (1994), como as chamadas “cidades-região”, “cidade-agrupamento”. Entende-se por conurbação quando duas ou mais cidades se encontram e formam um mesmo espaço geográfico. Esse fenômeno costumava ocorrer a partir de grandes cidades e sua junção com as chamadas “áreas de entorno” ou “cidades-satélites”, mas recentemente este termo têm-se aplicado também em áreas não metropolitanas (SANTOS; PEIXINHO, 2015, p. 36).

Para a realização das primeiras análises territoriais, utilizou-se ao longo de todo o processo tecnologias de georreferenciamento voltadas ao Sistema de Informação Geográfica (SIG). O uso dessas tecnologias se faz estritamente necessário para análises como esta, de cunho majoritariamente tecnológico voltadas para a avaliação das potencialidades de incentivo da mobilidade a pé em bairros consolidados na prática do planejamento urbano. A seção a seguir, aborda uma breve contextualização desta tecnologia, a fim de sustentar sua importância na pesquisa da arquitetura e do urbanismo.

4.2. METODOLOGIA COMPUTACIONAL

Em meados do século XX, arquitetos e urbanistas adotaram uma nova ideia de planejamento como ciência aplicada, na tentativa de substituir os projetos intuitivos dos planejadores pelos métodos e descobertas científicas dos campos emergentes da ciência regional, economia urbana e pesquisa operacional. O modelo de "planejamento racional" definiu a racionalidade em termos instrumentais como encontrar os melhores meios de atingir os fins desejados e o planejamento como um processo iterativo de definição de problemas, identificação de metas, geração de alternativas e avaliação dessas alternativas em relação aos objetivos designados. Assumiu-se que os computadores desempenhavam um papel importante nesse processo, coletando e armazenando os dados necessários, fornecendo modelos urbanos que descreviam o presente e projetavam o futuro e ajudavam a identificar o melhor plano a partir de uma variedade de alternativas (KLOSTERMAN et al., 2018).

De acordo com os autores, os sistemas computacionais de apoio ao planejamento não são modelos tecnológicos de "caixa preta" fechada, que ingerem dados brutos e projetam automaticamente o futuro, gerando planos e propostas e identificando políticas e ações ideais (Ibid). Em vez disso, eles fornecem infraestruturas de informação alimentadas com os melhores dados disponíveis, uma variedade de métodos, modelos e procedimentos, que ao contrário do que muito se pensa, são simples, compreensíveis e fáceis de usar para apoiar processos de análise, debate, planejamento e ação liderados pelos cidadãos.

Para a determinação do software utilizado nesta pesquisa, o fator decisivo se constituiu da acessibilidade digital dos mecanismos disponíveis. Segundo Klosterman et al. (2018):

“Modelos e métodos mais simples são frequentemente preferidos porque são mais fáceis de usar e entender, menos caros, mais flexíveis, fazem melhor uso dos dados disponíveis e fornecem informações mais oportunas. Mais importante ainda, os modelos e métodos de planejamento devem servir como próteses para a mente, permitindo que os planejadores e as comunidades que eles servem entendam o passado e o presente e trabalhem juntos para se preparar para um futuro incerto (KLOSTERMAN et al., 2018, p. 137).

Desta forma, esta pesquisa optou pela aplicabilidade da metodologia computacional em ambiente SIG, conforme justificado anteriormente no tópico 3.4.

Por se tratar de uma pesquisa qualitativa de base empírica e considerando que TSE possui, além da teoria, uma metodologia, é necessário saber que preliminarmente, a preparação e o uso de modelos e métodos de planejamento envolvem inúmeras escolhas sobre a seleção de dados, a aplicação de procedimentos computacionais e a análise e a apresentação e distribuição dos resultados. Assim, primeiramente foram realizados levantamentos dos dados configuracionais da malha urbana (eixos viários) e a criação do modelo RCL de Jardim Camburi para análise e testagem dos softwares *Depthmap* e do plugin *Space Syntax Toolkit* no QGIS.

Antes de dar início com a integração das tecnologias numa plataforma SIG, optou-se por realizar as primeiras análises no *DephtMap*. Para a testagem do mecanismo, foi utilizado a versão *depthMapX-0.8*⁴¹, atualização mais recente disponibilizada em 08 de novembro de 2020. Primeiramente, foram elaboradas as bases de análise através do mapa de segmento do recorte estudado. Considerando a determinação da análise de mobilidade a pé, os dados de entrada limitaram-se a definição da análise angular e ao raio métrico de 500m, o que segundo Gehl (2013) é uma distância consideravelmente satisfatória para se caminhar a pé.

Nesse momento da pesquisa, ainda não tinha sido adotada a área de conurbação de Jardim Camburi, sendo analisados apenas os segmentos que estavam

⁴¹ Essa versão é disponibilizada livremente através do endereço eletrônico: <<https://github.com/SpaceGroupUCL/depthmapX/releases/tag/v0.8.0>>.

dentro do limite político-territorial do bairro, na busca por uma análise numa escala local. Foram elaborados o mapa axial (a partir do arquivo CAD da região⁴²) e o mapa de segmentos (a partir do mapa axial) da área de estudo nas medidas de *Integração* e *Escolha*. A criação do mapa axial foi realizada a partir da conversão do arquivo *shapefile* em *dxf*, extraído através do complemento *QuickOSM*. No caso de Vitória, este arquivo pode ser retirado por meio de fonte de informação pública (*GeoWeb*⁴³). Para a transformação em mapa de seguimentos, a conversão que faz parte do procedimento e acontece diretamente na plataforma a partir do comando “*Convert Active Map into Segment Map*” Os gráficos do mapa podem ser observados a seguir (Figuras 15, 16 e 17).

Figura 15: Mapa Axial de Jardim Camburi - Vitória/ES. Software: depthMapX-0.8

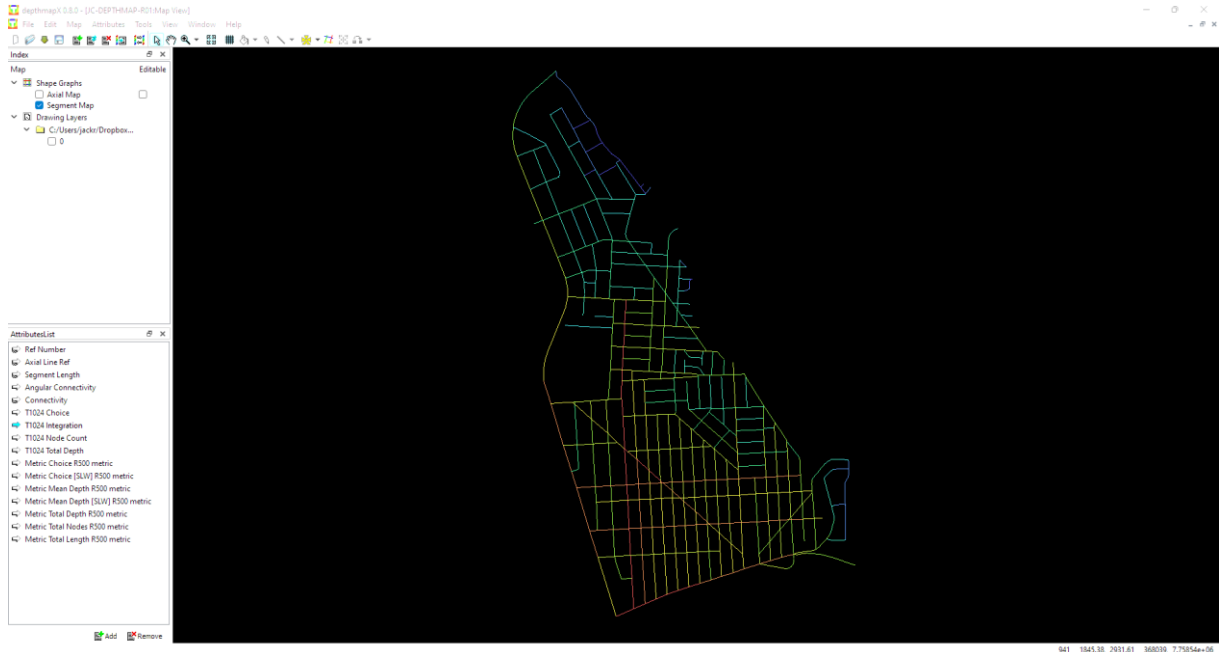


Fonte: Elaborado pela autora (2022).

⁴² O Depthmap está limitado a leitura de mapas em formatos CAD (dwg; dxf).

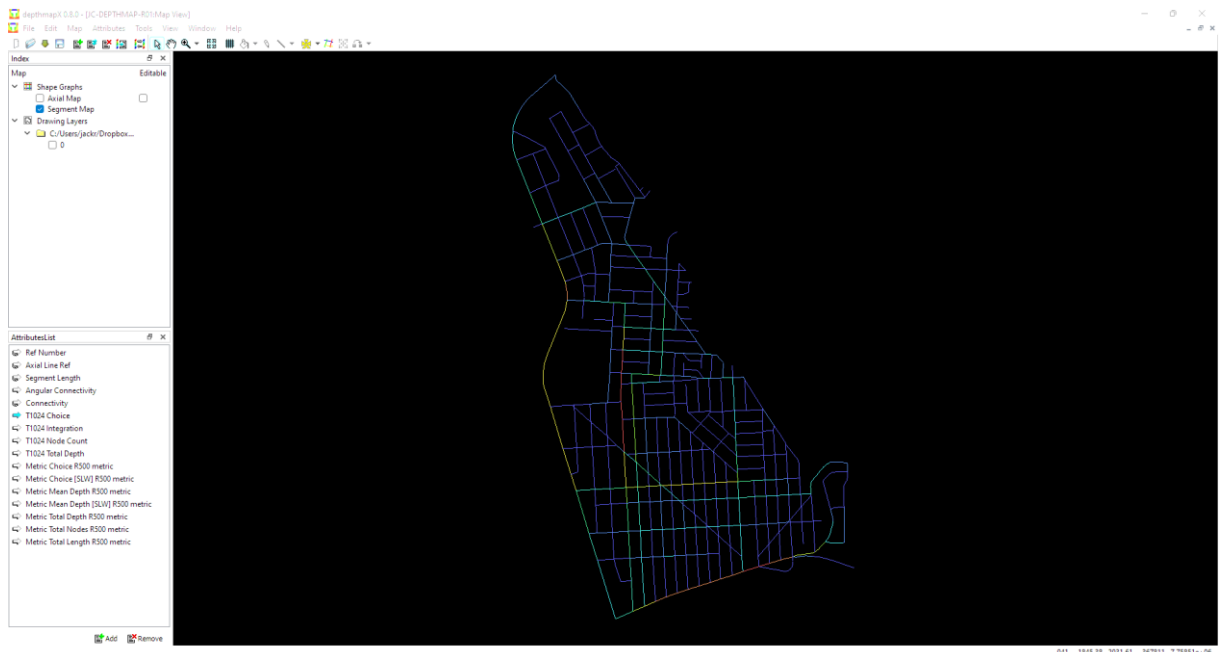
⁴³ Plataforma de disponibilização online de dados de Vitória desenvolvida pela PMV.

Figura 16: Mapa de Segmentos, Integração. Jardim Camburi - Vitória/ES. Software: depthMapX-0.8



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Figura 17: Mapa de Segmentos, Escolha. Jardim Camburi - Vitória/ES. Software: depthMapX-0.8



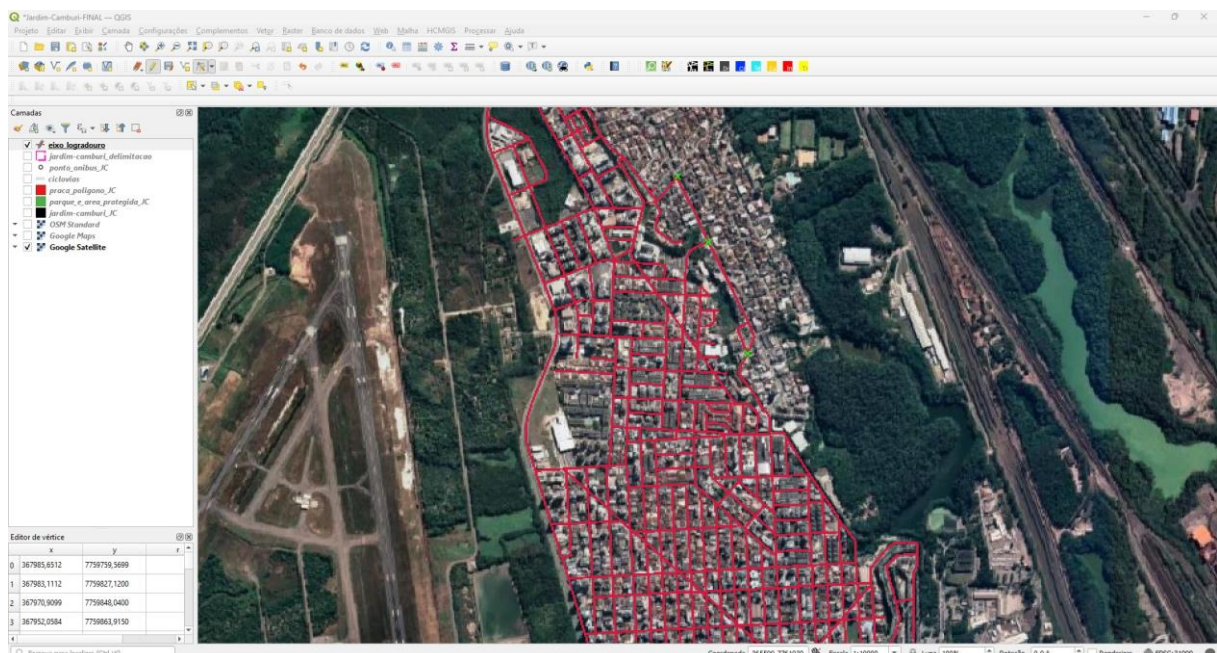
Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Nesta etapa preliminar da pesquisa, para a análise pelo SST no QGIS, o arquivo base utilizado foi o mesmo (em formato *shapefile*), não sendo necessário fazer

nenhuma transformação, pois o plugin SST também realiza as análises a partir do modelo RCL, ou seja, a mesma base configuracional é utilizada, o que já aponta uma parcela de otimização no processo de análise. Vale lembrar que existem alternativas para a aquisição do modelo e formatos, como as apresentadas por Dhanani et al. (2012) que consistem na elaboração da base de dados no próprio programa por meio do complemento *QuickOSM*. Essa alternativa foi utilizada no procedimento de análise da pesquisa e é atraente tanto para as regiões que não possuem e/ou não disponibilizam dados, tanto para o caso da adição de áreas de análises ou ruas que são permeadas por pedestres e que não aparecem nos mapas RCL gerados ou disponibilizados.

Nesse momento de testagem e estruturação da metodologia computacional, não foi realizada a conferência de vias, embora fosse possível graças a possibilidade de sobreposição de camadas do QGIS, onde uma imagem de satélite é posicionada abaixo do mapa base e seu traçado pode ser totalmente verificado se condizente com a realidade (Figura 18), pois tratava-se de uma análise preliminar.

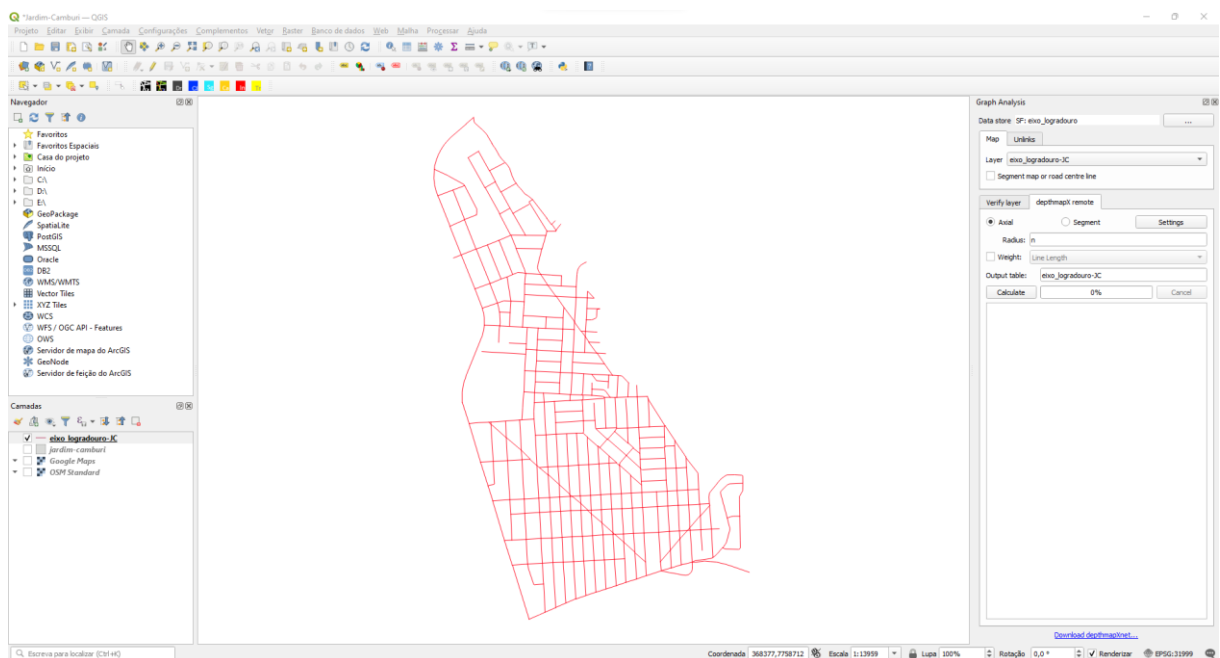
Figura 18: Sobreposição de camadas no QGIS.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Para todos os estudos, foi utilizada a versão 3.16 *Hannover* do QGIS⁴⁴. Não foram encontradas nesta versão restrições ou incompatibilidades entre o *plugin Space Syntax Toolkit*. A única condição é que, para que as análises sejam realizadas, a versão *depthmapXnet-0.35*⁴⁵ deva ser executada em segundo plano durante o processamento de informações para que os softwares interoperem, mas isso não tem relação com a versão do software e sim como uma determinação da metodologia. O resultado das análises de *Integração* e *Escolha*, desta vez realizados em ambiente SIG, estão apresentadas a seguir (Figuras 19, 20 e 21).

Figura 19: Modelo RCL de Jardim Camburi - Vitória/ES. Software: QGIS 3.16

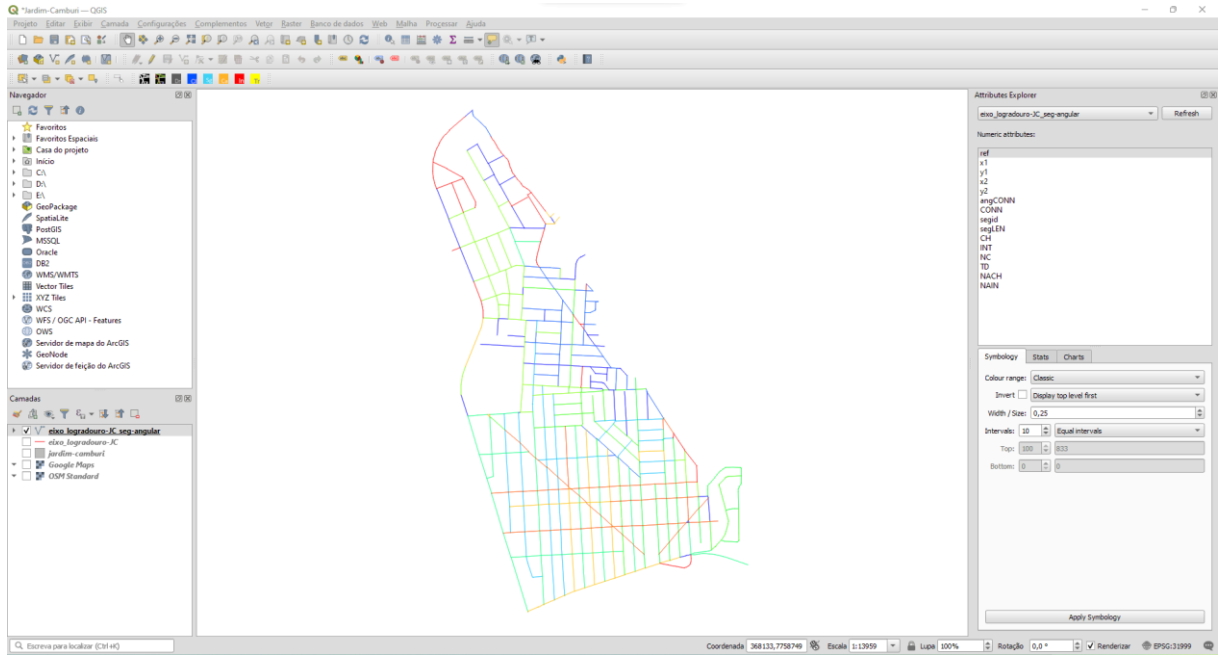


Fonte: Elaborado pela autora (2022).

⁴⁴ A escolha da versão foi pessoal, nada que seja um fator determinante de análise. A versão mais recente 3.24 pode ser adquirida através do link: <https://www.qgis.org/pt_BR/site/forusers/download.html>. Embora a versão mais recente seja a 3.24, recomenda-se no mínimo, a instalação da versão anterior, a 3.22 por ser mais estável que a última versão. Caso se opte por uma versão mais antiga, todas as versões estão disponíveis para download no link: <<https://download.qgis.org/downloads/>>.

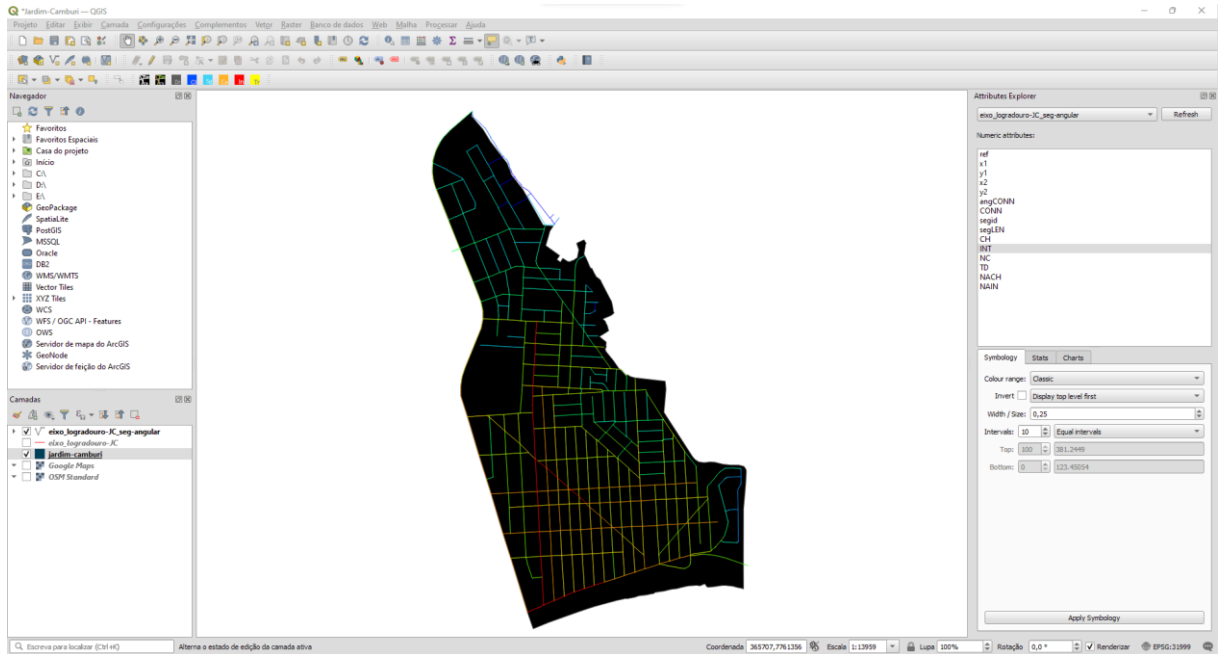
⁴⁵ Disponível em: <https://archtech.gr/varoudis/depthmapX/?dir=depthmapXnet>

Figura 20: Mapa de Segmentos de Jardim Camburi - Vitória/ES. Software: QGIS 3.16



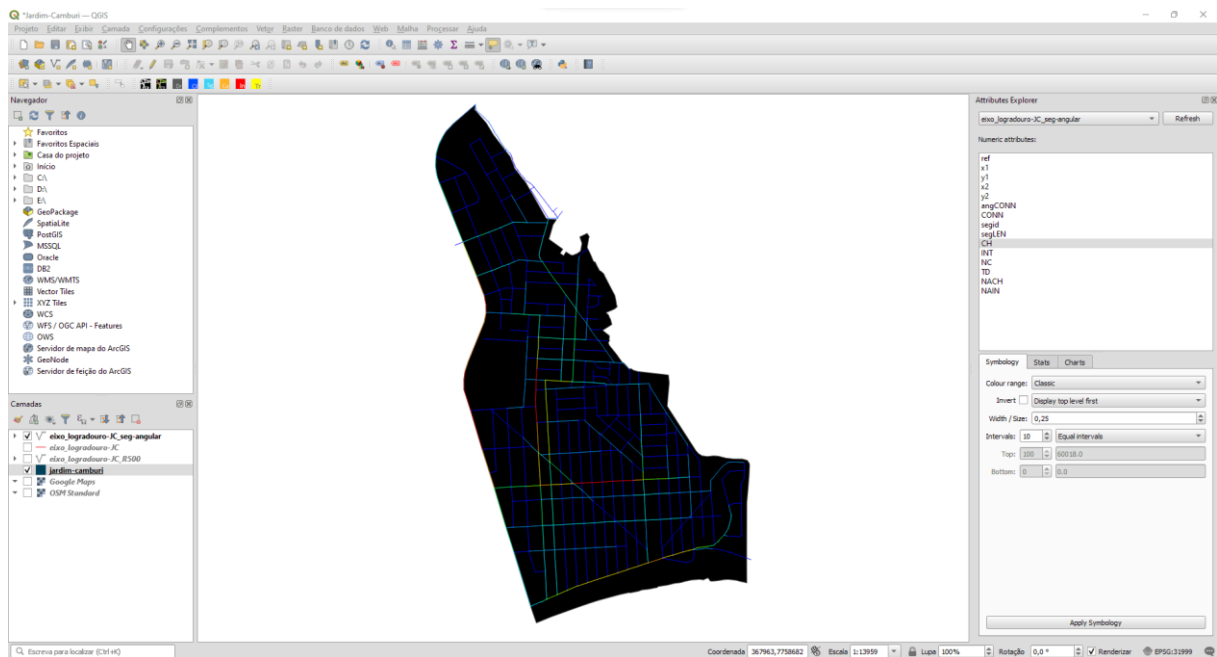
Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Figura 21: Mapa de Segmentos, Integração. Jardim Camburi - Vitória/ES. Software: QGIS 3.16



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Figura 22: Mapa de Segmentos, Escolha. Jardim Camburi - Vitória/ES. Software: QGIS 3.16



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Como resultado destas primeiras análises, as medidas sintáticas foram correspondentes às medidas de Integração e de Escolha geradas nos diferentes mecanismos (*Depthmap* e SST/QGIS), o que era de se esperar pois o modelo configuracional utilizado como base (modelo RCL) foi o mesmo.

Quanto aos softwares *Depthmap* e QGIS, foi demonstrado um grande potencial do *plugin* SST no QGIS em realizar as análises sintático-espaciais. O software *Depthmap* (versão *depthMapX0.8*) apresentou alguns erros durante o processo, como por exemplo, erro de salvamento e parada inesperada do programa. Nesse sentido, a versão *0.35net*, teve um melhor desempenho, mesmo inicialmente indicada para trabalhar em segundo plano com o *plugin* SST. Portanto, apenas o *download* dessa versão é suficiente. O *Depthmap* carece nas possibilidades de exportação do arquivo das análises, sendo limitada aos formatos *txt*, *csv*, *graph*, *mif*, *net*, *eps* e *svg*, que são pouco compatíveis com outros programas de análise. No caso do QGIS, o formato *mif* é compatível, entretanto, é necessário fazer uma configuração de visualização de atributos para que os mapas sigam o padrão de representação da TSE. Outro fator que deve ser levado em consideração, é que o *Depthmap* analisa todas as medidas sintáticas (a partir de representações em linha, espaço convexo e isovista), o que

ainda não está disponível para o QGIS (o *plugin* SST encontra-se atualmente em aprimoramento). Desta forma, uma análise *Step Depth*⁴⁶ ou um modelo baseado em agentes não pode ser realizado por meio do *plugin* SST. Contudo, as medidas resultantes podem ser salvas no formato *mif* e assim serem manipuladas no QGIS tanto em tabelas quanto em mapas.

Considerando que os resultados foram positivos no uso dos mecanismos, e que o software identificado como melhor desempenho para análises, representação gráfica e manipulação e exportação de dados foi o QGIS através do *plugin* SST, seguiu-se com as análises em ambiente SIG e os resultados são apresentados na seção a seguir.

⁴⁶ É uma técnica para estudar um ponto específico da cidade em relação ao todo: escolhe-se um eixo da cidade e o *Step Depth* mostra a quantos passos topológicos os outros eixos estão do eixo escolhido (CASTRO, 2016).

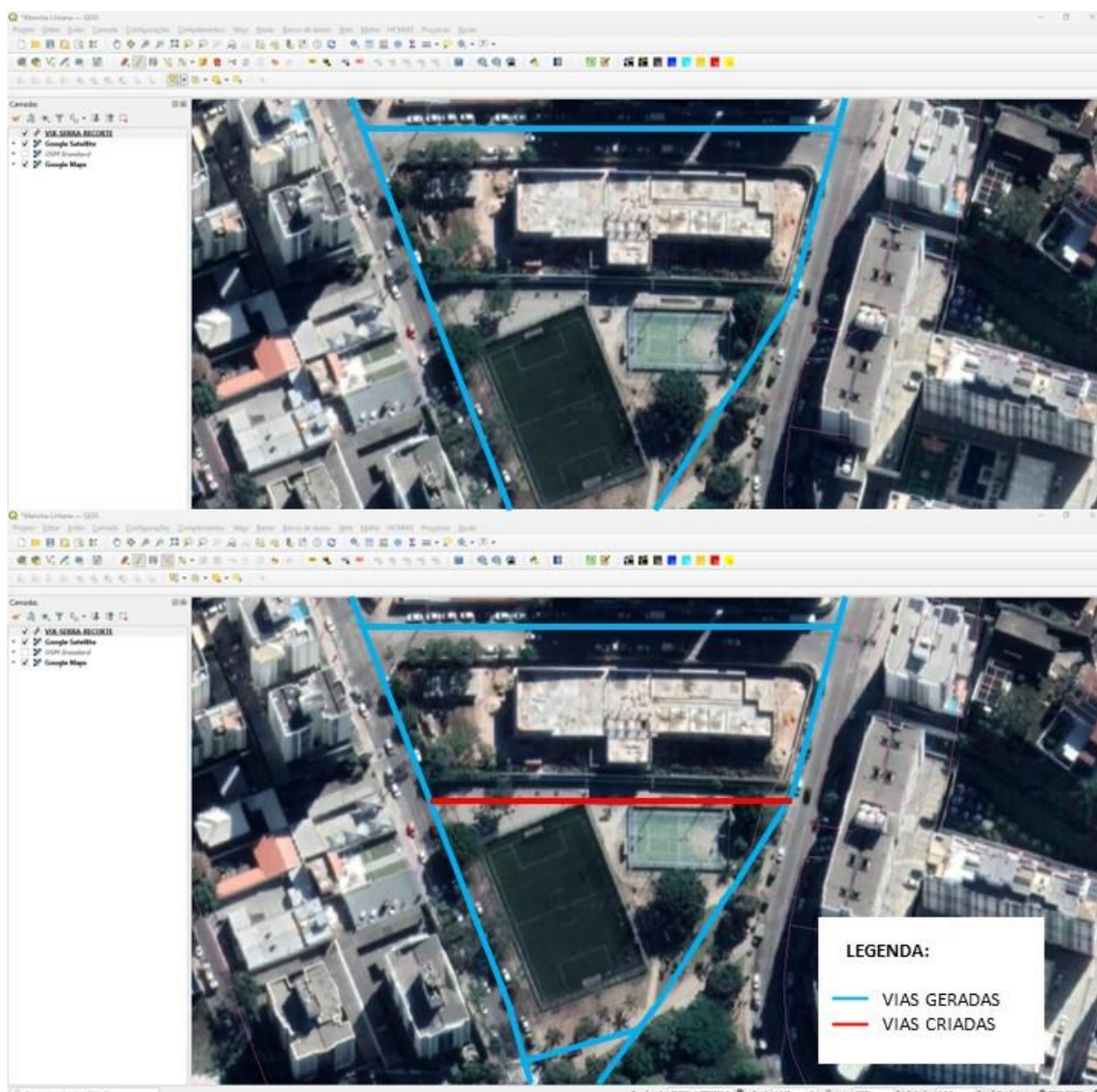
4.3. ANÁLISES À LUZ DA SINTAXE ESPACIAL

Neste subítem, optou-se por inicialmente demonstrar o objeto de estudo para que nesta seção fossem apresentados os resultados dos procedimentos metodológicos adotados e as análises de mobilidade a pé a partir dos conceitos da Teoria da Sintaxe Espacial com modelagem e análise em ambiente SIG.

Realizando uma análise configuracional preliminar da área de estudo, é possível identificar na malha urbana aspectos de regularidade com predomínio de cruzamentos em forma de “+” no interior do bairro Jardim Camburi. Porém, a ortogonalidade não é a determinação configuracional seguida ao longo de sua extensão. É perceptível uma regularidade de malha na região mais próxima ao litoral onde, como expresso na imagem satélite de 1955 (Figura 9), o processo de urbanização do bairro foi iniciado. As áreas que estão na fração do extremo norte do bairro seguem uma desordenada adequação da malha viária, que ocorre em detrimento da não conclusão dos loteamentos e do crescimento imobiliário, desde a época de sua criação. Nessas regiões, percebe-se a existência de cruzamentos em forma de “T”, com ruas sem saída ou exclusivas para os condomínios que ali se formaram e irregularidades dos quarteirões quanto à forma e ao tamanho.

Como mencionado anteriormente na delimitação do objeto de estudo empírico, fez-se necessário incorporar a região conurbada de Jardim Camburi ao recorte a ser analisado para que assim, as análises de mobilidade fizessem mais sentido em função da continuidade dos segmentos para os bairros vizinhos. Para isso, foi obtido através do plugin *QuickOSM* o modelo RCL dos bairros pertencentes ao grupo (Jardim Camburi, Bairro de Fátima, Conjunto Carapina I e Hélio Ferraz). Depois, foi feita a junção das camadas em uma única camada e foi realizada uma conferência, através de imagens de satélite, das vias existentes, da duplicidade de linhas nos canteiros centrais e a adição de linhas de fluxo de pedestres (Figura 23).

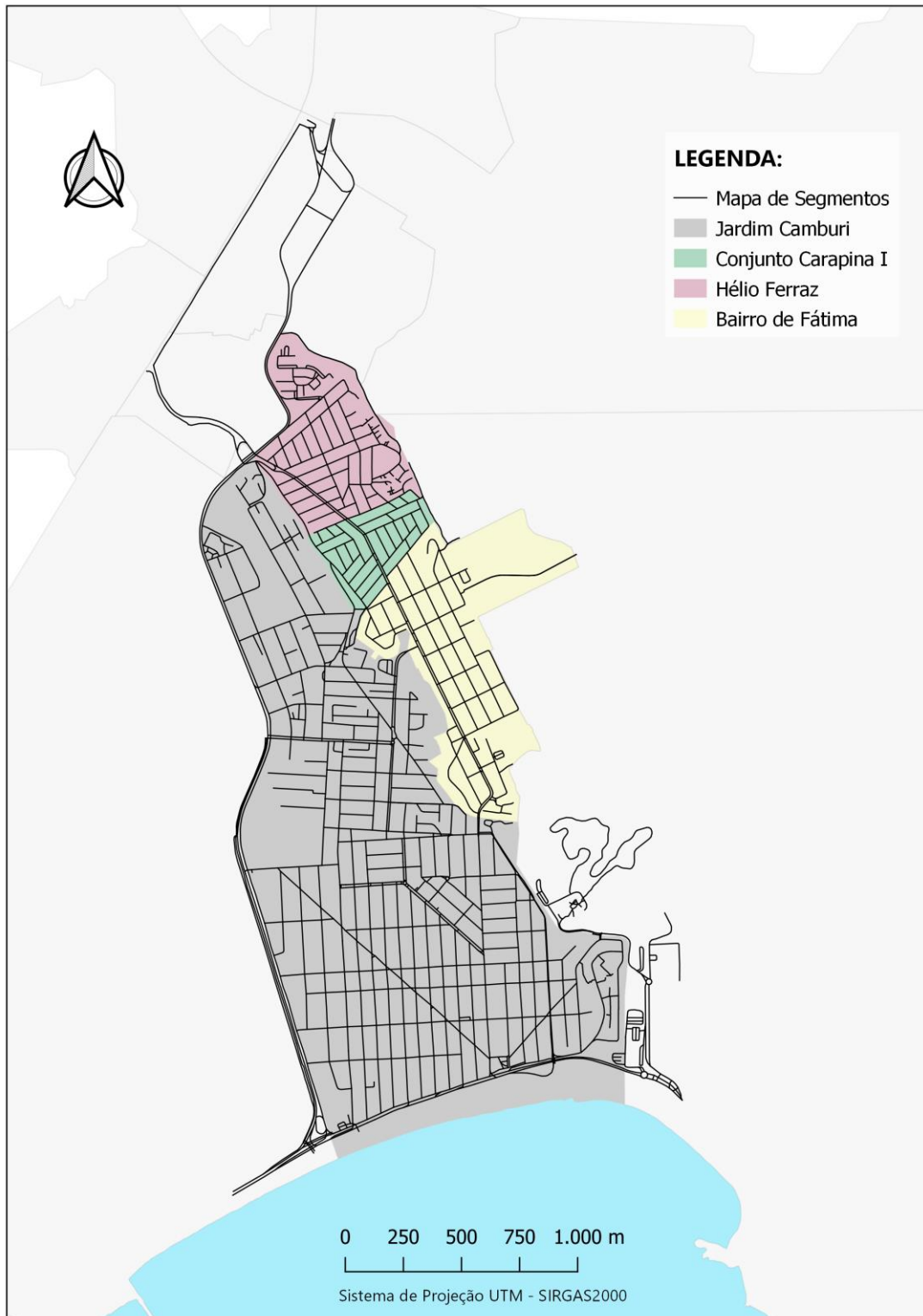
Figura 23: Conferência e adequação do modelo configuracional de análise. Vias geradas e vias criadas.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Fazendo uma análise configuracional preliminar nas regiões pertencentes ao município de Serra, o bairro de Fátima é o que apresenta maior regularidade de malha e tamanho. Os demais bairros apresentam uma configuração desordenada, semelhante a porção norte de Jardim Camburi, que pode ser e a principal causa dessa ocupação. Todas essas observações podem ser examinadas no mapa a seguir (Figura 24).

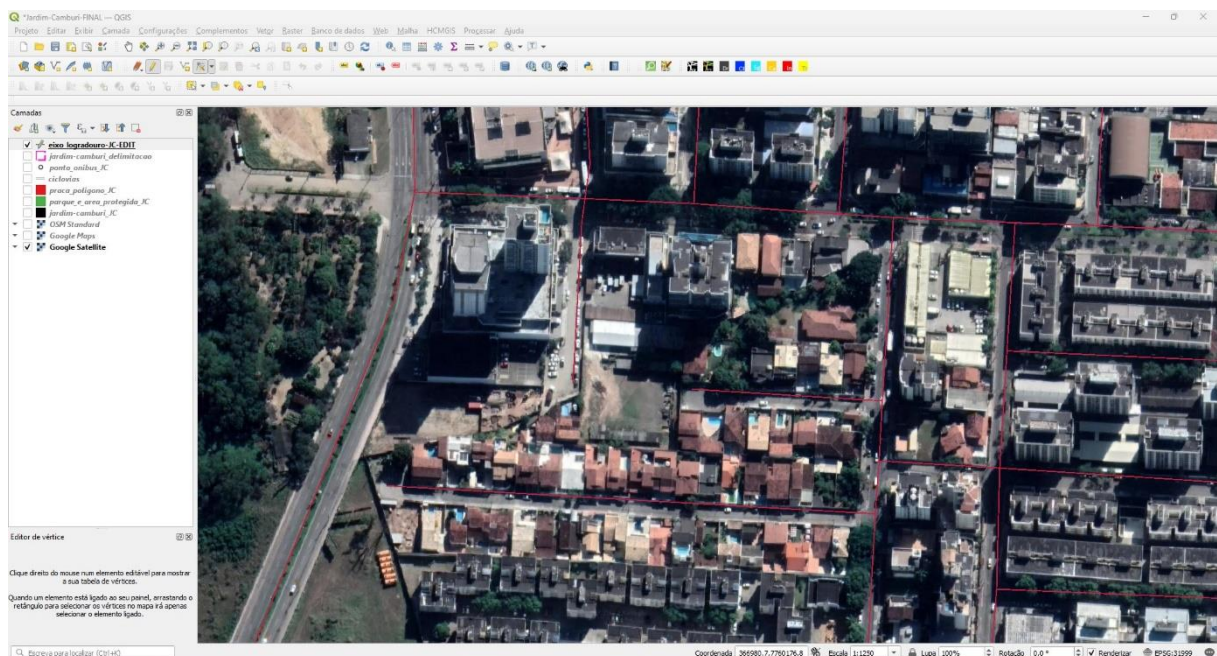
Figura 24: Modelo RCL do objeto de estudo: JC e AC.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

A representação linear da área de estudo foi obtida em ambiente SIG, conforme mencionado na seção anterior, em formato *shapefile*⁴⁷. Antes de iniciar as análises, é importante destacar a necessidade de realizar uma verificação das vias do modelo RCL elaborado com a realidade. Para isso, utilizou-se de outra funcionalidade do sistema: a inserção de imagens de satélite através do complemento *Google Satellite*. A imagem a seguir (Figura 25) foi capturada durante a verificação para a representação do procedimento. As linhas em vermelho representam os eixos viários, que constituem o modelo RCL.

Figura 25: Verificação de modelo em ambiente SIG. Recorte da área de análise.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Essa verificação é fundamental para esta pesquisa por dois motivos: a) por se tratar de uma análise de mobilidade na qual o meio de transporte é o pedonal e, por isso, as barreiras e as permeabilidades para os pedestres são diferentes quando comparados a outros meios (bicicletas ou automóveis, por exemplo); e b) pela elaboração do mapa a partir do modelo RCL que, como indicado pelos autores, é

⁴⁷ O *shapefile* é um formato de armazenamento de dados de vetor para armazenar a posição, forma e atributos de feições geográficas (ARCGIS, s.d.)

preciso fazer uma conferência da existência de linhas divergentes já que podem ocorrer inconsistências na fonte do modelo.

Em seguida, com o auxílio do plugin SST, no ícone *Graphy Analysis*, deu-se início aos procedimentos de análise para o cálculo de valores dos segmentos. Como dados de entrada, primeiramente foi selecionada a camada *shapefile* a ser analisada.

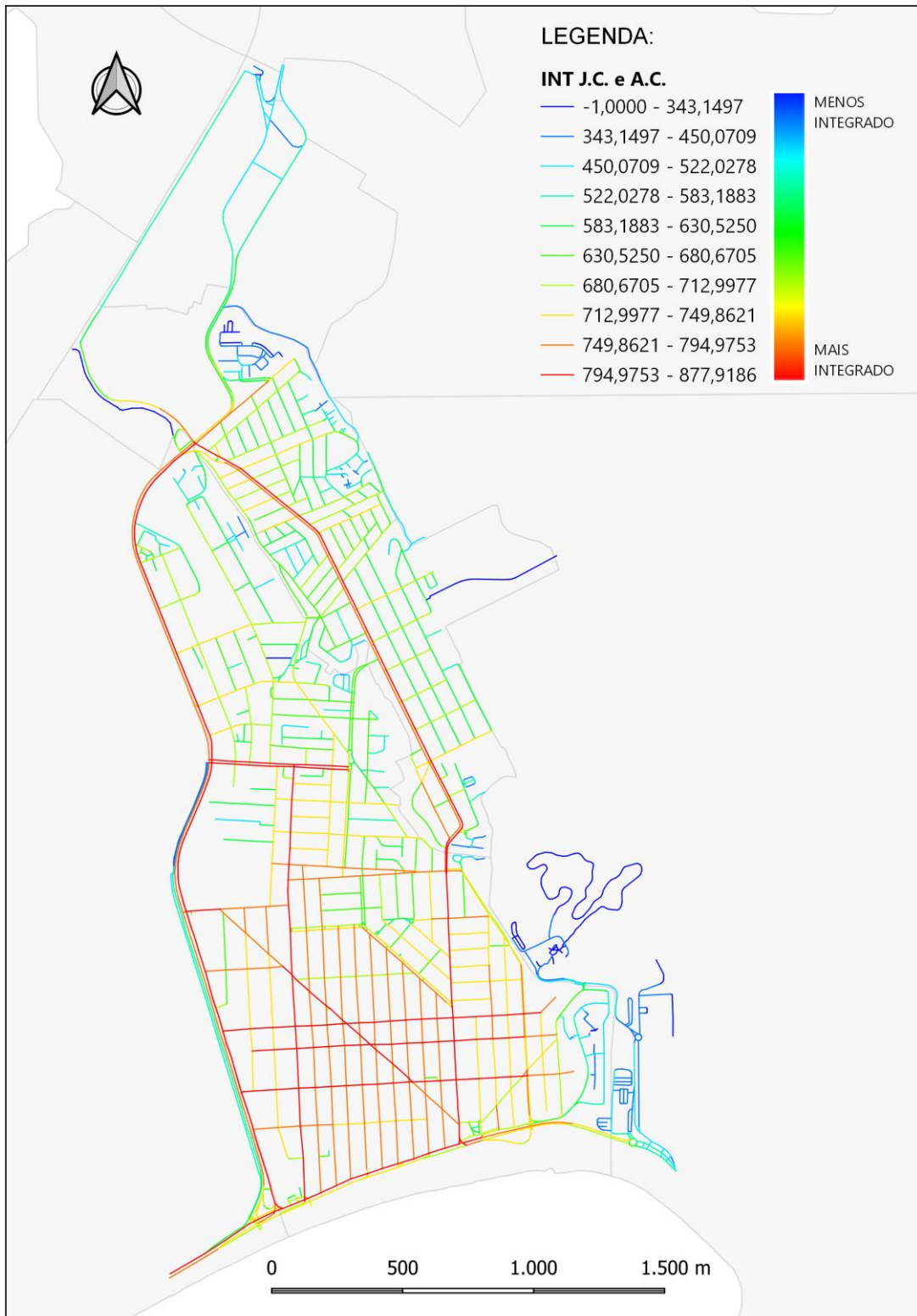
Logo após, foi indicado ao software que se tratava de um mapa de segmentos e de um modelo RCL, e que os valores seriam raio n e 500m. Após o processamento das análises os resultados são apresentados para serem explorados no ícone *Attributes Explorer*⁴⁸. Essas informações configuram a essência de entender a teoria antes de aplicar o método. Todas as informações inseridas devem estar ao encontro do propósito da análise, ou seja, saber o propósito do estudo, a medida a ser avaliada e a escala de aplicação (para o pedestre, o ciclista, o automóvel). De nada adianta gerar um mapa configuracional de escala global Rn se o objetivo for realizar a análise na escala de um pedestre ou de um ciclista. A tela de exploração de atributos também necessita de conhecimento prévio para obter as informações corretas com relação ao que se propõe. Por fim, é importante dizer que o tempo de processamento vai depender do tamanho do seu recorte, ou seja, a quantidade de linhas que compõem o seu sistema.

Indo para os resultados, o trabalho apresenta duas medidas abordadas: a Integração (INT e INT500m) e a Escolha (CH). Ao realizar as análises, vê-se que, assim como é sustentado pela teoria⁴⁹, a geometria do tecido urbano desempenha função primordial para a obtenção de medidas sintáticas, à medida que adições ou subtrações de linhas geram resultados de análise diferentes. A leitura dos índices representativos da análise sintática do tecido urbano expressos pela representação do mapa para a medida de Integração (INT) é apresentada a seguir (Figura 25).

⁴⁸ Para aprendizagem do plugin indica-se fortemente o guia de usuário elaborado por Jorge Gil em 2015. GIL, J. Space Syntax Toolkit for QGIS. Users Guide. Space Syntax Laboratory, The Bartlett School of Architecture, University College London, 2015.

⁴⁹ Medeiros (2006 p. 120) sustenta que a sintaxe espacial contempla um método poderoso para estudos do espaço urbano pois possibilita que fatores relacionados à configuração sejam matematicamente mensurados e claramente visualizados. Além disso, podem ser correlacionados com uma infinidade de dados.

Figura 26: Mapa de integração (INT) dos segmentos no raio global (Rn) - INT JC e AC.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Segundo a teoria, eixos mais integrados são aqueles mais permeáveis e acessíveis no espaço urbano. O procedimento de análise resulta no cálculo da matriz de interseções total do sistema, onde são consideradas todas as conexões de todos os eixos. Estes valores podem ser, como já abordado anteriormente, representados numericamente ou em uma escala de cores. Para estas análises, optou-se pela escala cromática com uma gradação de cores indo do vermelho, passando pelo laranja, amarelo e verde até ao ciano e azul (onde os eixos com maior valor de integração tendem a ser vermelho, e os de menor, a azul). Nesta pesquisa de cunho tecnológico optou-se pela análise qualitativa, ou seja, a interpretação visual do mapa, visto que para uma análise quantitativa, os resultados serão objetos de apreciação estatística. Assim, os valores expressos nos mapas serão visualizados como forma de entendimento da escala cromática e não como medida de correlação com a teoria ou estudos já realizados⁵⁰.

Pela análise do mapa INT JC e AC (Figura 26), foi possível localizar linhas (vias) que apresentam maior integração viária, destacadas na cor vermelha. As vias que estão em maior destaque na análise são: a) o trecho que compreende as ruas Gelu Vervloet dos Santos, Av. José Maria Vivácqua Santos, Rua Rio Guaíba e Rod. Norte Sul; b) Av. Dante Michelini (que beira o mar); c) o trecho na extremidade leste que compreende as ruas José Célio Cláudio, Av. José Moreira Martins Rato e Av. Rio Amazonas (que deságua também na Rod. Norte Sul e conecta a BR101); e d) Av. Armando Duarte e R. Victorino Cardoso (polos comerciais e de lazer do bairro JC).

Outro polo em destaque são as linhas que estão situadas na porção planejada do bairro, ao sul (forma ortogonal). Vale destacar que nesta análise de integração em escala global, o resultado apresentou valores baixos de integração para as regiões labirínticas e valores elevados para as regiões planejadas. Contudo, não significa dizer que regiões labirínticas (não planejadas) sempre apresentarão baixos níveis de integração. Infere-se que bairros planejados tendem a apresentar maiores valores de integração se avaliados em uma escala global, mas, como veremos mais a frente, esses valores sofrem alterações à medida que os parâmetros de análise são modificados, ou seja, o maior índice de integração coincidir com a região planejada

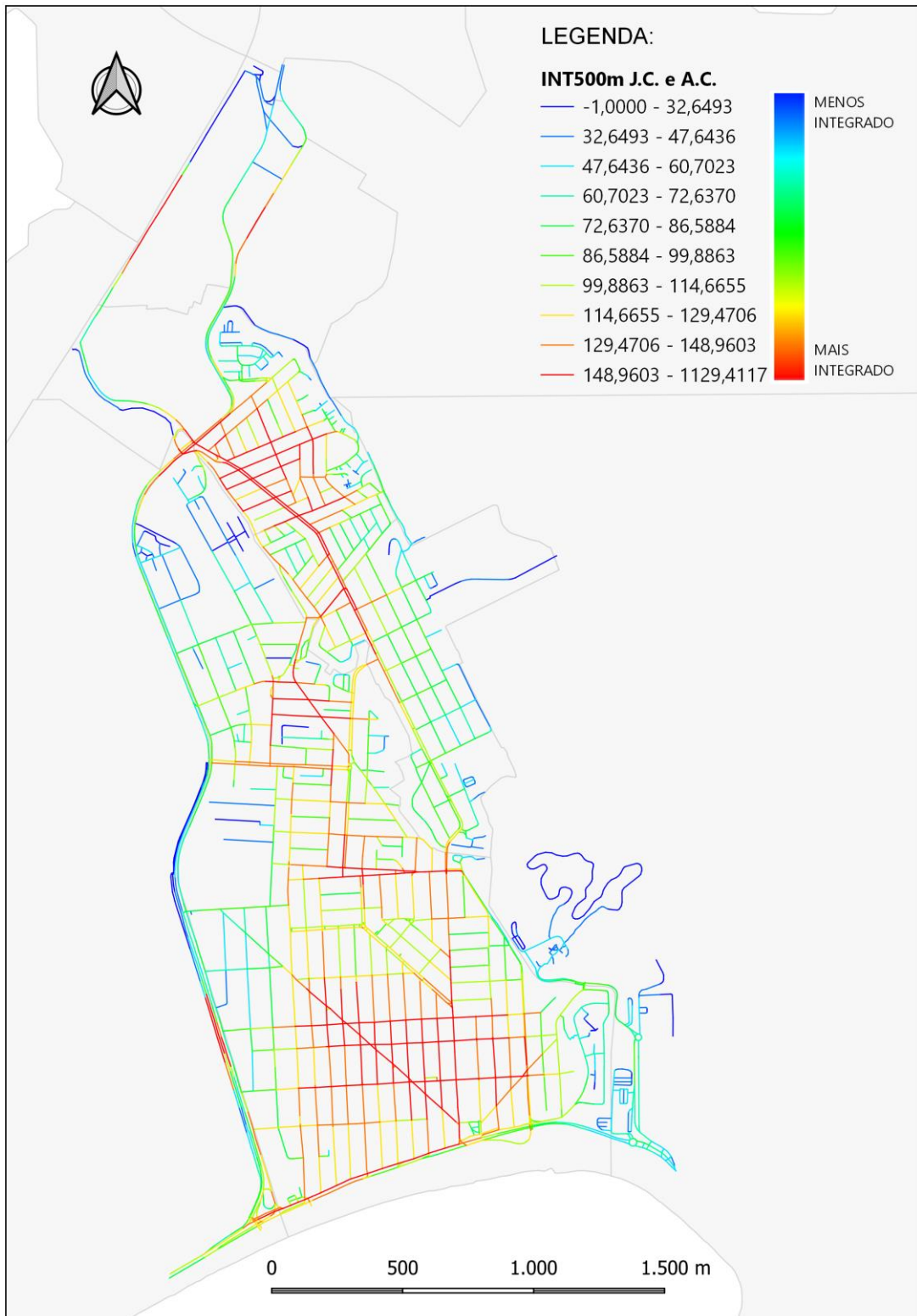
⁵⁰ Para uma correlação com dados brasileiros recentes, recomenda-se a leitura de MEDEIROS, V. A. S. Base de dados configuracional sobre cidades brasileiras. Brasília, PPG/FAU/ UnB, 2019.

não é uma regra. Desta forma, as ruas com maior grau de integração nesse trecho são a Rua Carlos Martins (que liga a Av. Dante Michelini à Rua Victorino Cardoso), a Rua Ruy Pinto Bandeira, Rua Milton Manoel dos Santos, Rua Agenor Amaro dos Santos e a Av. Ranulpho Barbosa dos Santos. As demais linhas do sistema demonstraram um valor intermediário de integração, onde as vias que apresentaram o pior índice (indicadas pela cor azul) são as vias de acesso à região de Atlântica Ville, ao Complexo de Tubarão, ao Parque Botânico da Vale e ao Condomínio Rossi Arboretto.

Já na análise do mapa INT500m JC e AC (Figura 27), que realiza a análise de integração num raio de 500 metros, é possível observar a presença de quatro núcleos de integração (linhas mais integradas do sistema). Conforme Hillier e Hanson (1984), o mais interessante ao avaliar núcleos de integração é observar que tipo de padrão é formado pelos diferentes espaços. Neste caso, apenas um dos núcleos coincide parcialmente com a análise na escala global, de configuração mais ortogonal, enquanto os outros três apresentam um padrão configuracional mais orgânico (o que, novamente, nos faz inferir que o potencial de integração não é limitado aos espaços previamente planejados). Também chama a atenção a exclusão nesta medida das vias estruturantes do bairro e as ruas Carlos Martins, Victorino Cardoso e a Av. Armando Duarte Rabello. A exclusão dessas linhas na análise INT500m tem relação com a sua profundidade, que no limite do raio estipulado (500m), se tornam não favoráveis para a mobilidade a pé.

O segundo núcleo de integração encontra-se situado na porção central do bairro, composto principalmente pelas ruas Alcino Pereira Neto e Belmiro Teixeira Pimenta. Essas duas ruas se encontram em uma de suas extremidades formando um triângulo. Ao centro estão situadas as praças Mário Elias da Silva e a praça Sagrada Família onde encontra-se a Igreja Matriz. Esta região é caracterizada pela concentração de equipamentos de serviço e lazer, como escolas, supermercados e diversos restaurantes. No caso de uma análise onde nenhuma informação de uso do solo ou equipamentos existentes foi inserida, esse resultado chama atenção no sentido que não existem (ou pelo menos não foram inseridas essas informações no software de análise) atratores e a única responsável pelos resultados, é a configuração da malha viária e as suas propriedades.

Figura 27: Mapa de integração (INT) dos segmentos no raio local (R500) - INT500m JC e AC.

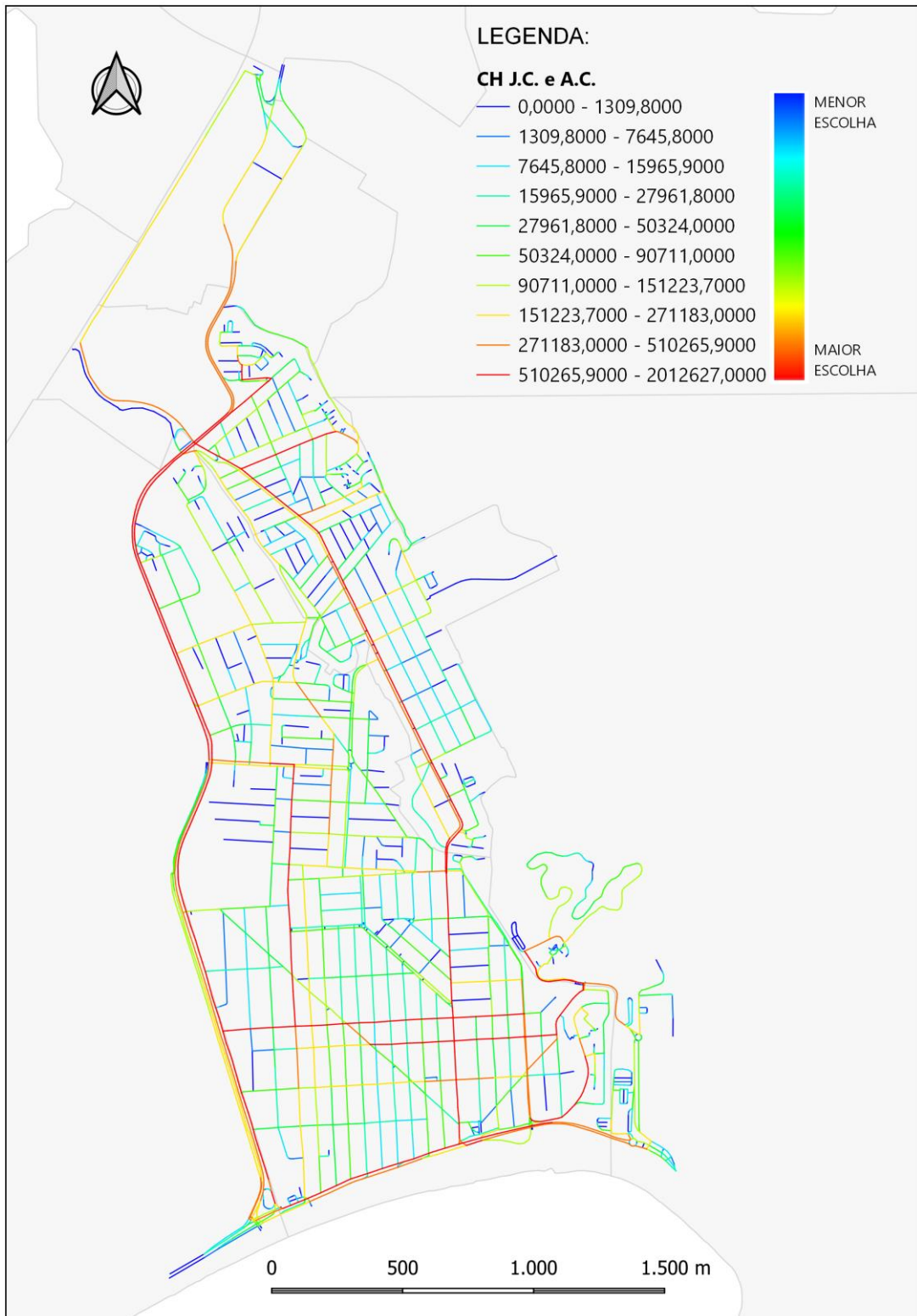


Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Os dois últimos núcleos de integração nem sequer aparecem quando analisados em escala global. O primeiro deles está localizado na porção norte do bairro Jardim Camburi, sendo composto pelas ruas Esméria Barros Deorce, Astrogildo Romão dos Anjos, Arquiteto Décio Tevenard e um trecho da Av. Judith Leão Castello Ribeiro e pode ser caracterizado como uma área predominantemente residencial. O outro, é o único núcleo situado fora do limite político-territorial do bairro JC. Destacado principalmente por um trecho da Av. Rio Amazonas, este núcleo de integração encontra-se no bairro Hélio Ferraz, também caracterizado como uma região predominantemente residencial.

Na última medida analisada, ao observar o mapa CH JC e AC (Figura 28), é possível observar a indicação de doze trechos que apresentaram o índice de maior escolha. Esses resultados chamam a atenção principalmente para que se possa visualmente perceber que, à luz da sintaxe espacial, ser uma via com elevado fator de integração não significa que seja uma via com alto fator de escolha. A escolha é uma medida dinâmica do fluxo através do espaço, muito útil na adoção (ou dispensa) de uma rota a ser percorrida pois quanto maior o potencial de escolha, maior o fluxo. Das linhas com maior valor, chama-se a atenção novamente para as vias estruturantes e que “cortam” o bairro no sentido longitudinal e transversal. Logo estamos tratando por exemplo, de vias de maior profundidade, que numa escala global (R_n), indicam ser as mais utilizadas principalmente por automóveis. Isso significa que no caso da mobilidade a pé, pautada nos princípios do Urbanismo, estas vias devem ser evitadas ou deverão ter suas características físicas (largura de passeios, disponibilidade de equipamentos urbanos, sombreamento, vegetação, iluminação etc.) modificadas para proporcionar uma maior segurança e conforto ao pedestre ao se deslocar. Também significa dizer que vias com médio potencial de integração na escala global apresentam um considerável potencial de deslocamento a pé e por isso devem receber incentivo a investimentos de melhoria. Por fim, as vias com baixo potencial de integração seriam teoricamente menos escolhidas e isso, pensado como medida de planejamento, sugeriria ações para melhorar a conectividade como a criação de novos eixos.

Figura 28: Mapa de escolha (CH) dos segmentos no raio global (Rn) - CH JC e AC.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Embora muitos autores critiquem a aplicação da teoria da SE em razão da não consideração de fatores importantes para o conforto e acessibilidade de pessoas no espaço (tais como a largura das vias de passeio, sombreamento, vegetação, segurança ou fachadas ativas por exemplo), este estudo pôde confirmar que se trata de visões com expectativas mais amplas do que é de fato o recorte desta teoria. A sintaxe espacial tem como foco explorar as relações entre o espaço e sociedade a partir de uma análise morfológica. Seus resultados, geram correlações espaciais cabendo ao pesquisador e arquiteto, correlacionar as informações com as variáveis (físicas, sociais, econômicas, culturais etc.) que tenha interesse.

Em uma análise qualitativa dos métodos digitais de aplicação da teoria da SE, como foi o caso desta pesquisa, espera-se que os resultados demonstrados possam ajudar no direcionamento do planejamento urbano como por exemplo para a definição das vias de fluxo principal, das vias paralelas e para a utilização de equipamentos urbanos como as ciclofaixas e dos corredores exclusivos de transporte coletivo. Espera-se também que os mapas gerados possam ajudar a se estabelecer a inserção de vias integradoras em assentamentos mais segregados e reduzir a profundidade de trechos que não sejam favoráveis a mobilidade a pé. É possível afirmar que essa teoria/metodologia possa ser considerada como direcionadora para a aplicação de conceitos de caminhabilidade e acessibilidade nas situações em que não se possa realizar essa análise em uma escala global.

Os resultados apresentados pelos mapas, quando comparados com a situação atual da região estudada, comprovam que a configuração da malha viária realmente apresenta propriedades que podem promover ou restringir o movimento de pessoas a pé através das medidas sintáticas. Para a melhoria da mobilidade a pé da região, sugere-se que nos trechos de maior potencial de escolha (linhas em vermelho apontadas pelo gráfico de CH) e nas vias de maior integração (linhas em vermelho apontadas pelos gráficos de INT) se estabeleçam melhorias de caminhabilidade para os pedestres, ou seja, sugere-se que essas vias sejam requalificadas a fim de oferecer conforto térmico, sonoro e visual, acessibilidade, disponibilidade de equipamentos públicos e segurança. Sugere-se também que nas vias menos integradas seja vista a possibilidade de alteração na configuração urbana para conectar essas vias a outras vias, criando atalhos de mobilidade a pé, na busca por um maior percentual de integração da mancha urbana como um todo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O início deste trabalho se deu a partir do levantamento bibliográfico da Teoria da Sintaxe Espacial. Trata-se de uma teoria robusta que precisou ser entendida a fundo para que os resultados pudessem ser analisados. A busca realizada na revisão bibliográfica dos livros da teoria e em fontes científicas (artigos, dissertações, teses, anais e periódicos) demonstraram grande importância dos pesquisadores ingleses Hillier, Hanson, Turner e Vaughan e dos brasileiros Holanda e de Medeiros, no campo da definição, contextualização e desenvolvimento da metodologia da Sintaxe Espacial.

Nesta extensa trajetória de revisão bibliográfica foi preciso também mapear um arcabouço teórico sobre o tema da mobilidade urbana a pé à medida que o campo da mobilidade compreende diferentes vertentes (sustentabilidade urbana, segurança no trânsito, caminhabilidade, saúde, transporte público, poluição etc.) e a sintaxe também não se limita a um eixo de especulação (na área do deslocamento, pode também realizar análises com ciclistas, transporte público e automóveis), ou seja, foi preciso buscar argumentos teóricos que sustentassem a importância da análise da mobilidade urbana. Considerando os dados de mobilidade levantados, decidiu-se, portanto, limitar o foco da aplicação da TSE para o deslocamento a pé.

Dados acerca da mobilidade urbana no Brasil também foram utilizados e percebeu-se que ao longo dos últimos vinte anos, embora tenha ocorrido um aumento na adoção do transporte motorizado individual, o tipo não motorizado a pé permaneceu como o meio de transporte mais utilizado pelos brasileiros. Entretanto, foi identificada também uma tendência de estabilização do número de viagens a pé ao longo dos últimos anos, e isso, somado ao aumento do número de viagens de automóveis individuais e motocicletas, pode significar com grande probabilidade uma mudança de cenário na predominância do transporte não motorizado nos próximos anos. Estas suposições são importantes indicativos para que a tomada de decisão no planejamento da mobilidade urbana seja feita em todas as suas dimensões, especialmente nas não motorizadas.

Outro fato relevante foi a constatação de que a modelagem dos fluxos de pedestres vem sendo uma das principais direções da Teoria da Sintaxe Espacial. Os

métodos e análises mais recorrentes são principalmente orientados para os pedestres e os resultados têm uma gradação que vai de acordo com a liberdade de movimento. As representações para análise da malha viária são baseadas na unidade da rua, enfatizando-a como o lugar de maior importância na circulação pela cidade. Assume-se que as escolhas de rota são baseadas na menor distância percebida em vez da distância métrica. Nesta teoria, são os padrões sociais e não os comportamentos individuais que estão em foco.

Portanto, o estudo das condições efetivas de mobilidade é fundamental para avaliar a qualidade da vida nas cidades brasileiras e identificar políticas públicas que possam reduzir os problemas urbanos de mobilidade a pé, superando as condições historicamente construídas em favor da política do transporte motorizado individual, e garantindo assim, maior eficiência na mobilidade de indivíduos e o seu direito a uma cidade caminhável.

No que tange o método computacional, através dos recursos tecnológicos (software e rede) foi constatado de que é possível obter todos os dados necessários para a configuração do sistema de análise. Diante dos dados e com o conhecimento da teoria, é possível explorar os sistemas de análise e definir qual mecanismo mais se adequava ao método proposto. Embora grande parte dos artigos científicos apresentassem predominância no uso do software Depthmap, para esta pesquisa o plugin SST atendeu significativamente. Ele se destacou principalmente pela facilidade de uso e interoperabilidade com o depthMapXnet-0.35, sem ter apresentado nenhum tipo de falha ou travamento do sistema. Além disso, possibilitou de forma muito eficaz uma sobreposição de dados geográficos que colaboraram para uma análise mais eficaz do objeto de estudo.

Vale destacar que a análise da configuração espacial não se limita a metodologia empregada nesta pesquisa. Os mapas e as análises podem ser produzidos utilizando-se de diferentes mecanismos computacionais e diversos tipos de fonte de dados. A utilização do QGIS não é estritamente necessária, e é importante mencionar que ele não atende ainda a todas as análises possíveis da Teoria da Sintaxe Espacial uma vez que o plugin encontra-se ainda em desenvolvimento. Um exemplo desta limitação é o fato de que uma análise baseada em agentes, só pode ser realizada no Depthmap. No entanto, a adoção do QGIS se deu principalmente por ser um mecanismo simples

e eficiente, que tem sido muito utilizado nos estudos atuais pois, além de ser software livre e de código aberto, possibilita análises e correlações em ambiente SIG.

Com o avanço das tecnologias sempre haverá mais opções de instrumentos disponíveis que deverão ter seu uso considerado a fim de comprovar sua eficácia. O potencial do uso da informática no âmbito da experiência de planejamento urbano ainda demanda desenvolvimento e ampliação de pesquisas de ordem conceitual e prática. Esse potencial poderá prever maior interatividade, maior operacionalidade e maior difusão dos recursos mais avançados. É necessário oferecer abertura para processos de modelagem complexos que incorporem no design da modelagem outros níveis de informação senão aqueles quantificáveis e parametrizáveis.

No que concerne às medidas configuracionais, foram utilizadas aquelas que recorrentemente aparecem na literatura como as mais indicativas de potencial de movimento, sendo elas as medidas de Integração (INT) e Escolha (CH). O modelo de análise da configuração urbana proposto pela teoria mostrou-se adequado para a análise de INT e CH do bairro Jardim Camburi e suas áreas conurbadas. De acordo com os mapas apresentados nos resultados, é possível inferir que os bairros conurbados apresentam uma característica mais restritiva quanto ao movimento das pessoas se comparados com a região pertencente a Jardim Camburi. Nessas regiões, encontra-se um padrão mais favorável à mobilidade dos cidadãos, principalmente voltadas para a característica configuracional do planejamento urbano.

Ao decorrer do trabalho reconhecemos que houve limitações, principalmente com relação aos aspectos teóricos norteadores e ao próprio conceito de método computacional a ser adotado. Por se tratar de uma pesquisa empírica, é justo que se tenham limitações que precisam ser pensadas, discutidas e vencidas. Estas análises como método científico não podem finalizar aqui, é preciso dar continuidade aos resultados quantitativos estimulando novos estudos em diferentes realidades urbanas. Durante as buscas, percebeu-se uma baixa produção da região Sudeste do Brasil no campo da sintaxe espacial. No 1º Simpósio Brasileiro de Sintaxe Espacial (Sintaxe Brasil 2022), destacaram-se publicações de Brasília (UnB) e da região Nordeste. A intenção é que essas discussões, principalmente as que se referem a teoria da sintaxe do espaço e o uso de mecanismos computacionais, sejam frutíferas e colaborem

juntos para um entendimento mais profundo das relações espaciais das cidades que vivemos.

Por fim, é importante lembrar que toda pesquisa científica não se esgota em si mesma. Esta pesquisa surgiu a partir de uma ideia, uma hipótese e quiçá uma intuição. Como dizia o filósofo Bergson: é preciso fazer da intuição o próprio método. É necessário encher-se de inquietação para que novos horizontes sejam desvendados.

Desta forma, em um breve futuro pretende-se dar continuidade a esta investigação, explorando os resultados de tanto de maneira gráfica quanto estatística (ver apêndice), fazendo correlações com uso do solo, espaços livres públicos, sistemas de transporte público, equipamentos urbanos e todas as diretrizes do urbanismo, a fim de testar soluções de um planejamento mais eficaz, integrado e menos custoso.

Os resultados preliminares desta pesquisa foram apresentados no 1º Simpósio Brasileiro de Sintaxe Espacial, mencionado acima, e serão redigidos em novos artigos para que sejam compartilhados com as comunidades da Teoria da Sintaxe Espacial e as comunidades de softwares livres e de código aberto através de publicações e tutoriais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-SAYED, K.; TURNER, A.; HILLIER, B.; IIDA, S.; Penn, A. **Space Syntax Methodology**. 4th Edition. London: Bartlett School of Architecture, Univeristy College London, 2014.

ANTP. ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS. Relatório de 2018 - **Sistema de Informações da Mobilidade Urbana da ANTP**. Maio, 2020. Disponível em: <http://www.antp.org.br/relatorios-a-partir-de-2014-nova-metodologia.html>. Acesso em: 15 nov. 2022

ANTP. ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS. **Relatórios a partir de 2014** (Nova Metodologia). Disponível em: <http://www.antp.org.br/relatorios-a-partir-de-2014-nova-metodologia.html>. 2023. Acesso em: 17 nov. 2022

BAFNA, S. Space Syntax: A brief introduction to its logic and analytical techniques. **Environment and Behavior**, [s. l.], v. 35, n. 1, p. 17–29, 2003. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0013916502238863>. Acesso em: 02 maio 2022.

BENEDIKT, M. L. To take hold of space: isovists and isovist fields. **Environment and Planning B: Planning and Design**, [s. l.], v. 6, n. 1, p. 47– 65, 1979.

BONGIORNO et al. Vector-based pedestrian navigation in cities. **Nature Computational Science**, v. 1, n. 10, p. 678-685, 2021.

BRADSHAW, C. Creating – and using – a rating system for neighborhood walkability: towards an agenda for "local heroes". Ottawa, Canadá, 1993.

BRAIDA et al. **101 conceitos de arquitetura e urbanismo na era digital**. ProBooks, 2017.

BRASIL. Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano (Sedu). Presidência da República (PR). **Relatório Anual de Avaliação: PPA 2000-2003**. Exercício 2002. Brasília.

_____. Ministério das Cidades. Política Nacional de Mobilidade Urbana Sustentável. **Cadernos MCidades**. n. 6, nov. 2004. Brasília.

_____. Lei 12.587/2012 – Política Nacional de Mobilidade Urbana. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm. Acesso em: 21 set. 2020.

_____. Ministério das Cidades. “PlanMob”, **Caderno de Referência para Elaboração de Plano de Mobilidade Urbana**. 2015. Brasília.

_____. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Relatório da Pesquisa Nacional de Mobilidade Urbana 2018** (Pemob 2018). dez. 2019. Brasília.

BROACH, Joseph; DILL, Jennifer. **Pedestrian route choice model estimated from revealed preference GPS data**. 2015.

CARLOS, A. F. **A (re)produção do espaço urbano**, São Paulo, EDUSP, 1994.

CASTRO, A. Sintaxe Espacial e a Análise Angular de Segmentos #1. Disponível em: <https://aredeurbana.wordpress.com/2016/05/24/sintaxe-espacial-e-a-analise-angular-de-segmentos-parte-1-conceitos-e-medidas/>. Acesso em: 17 jan. 2022.

CASTRO, A. Análise de Isovistas e Grafos de Visibilidade #1. Disponível em: <https://aredeurbana.wordpress.com/2017/09/11/analise-de-iovistas-e-grafos-de-visibilidade-parte-1-conceitos-medidas-e-aplicacoes/>. Acesso em: 18 jan. 2022.

CASTRO, A. A. B. C.; FREITAS, P. V. N.; LIRA, A. H. C.; SILVA, L. P.; SILVEIRA, J. A. R. Análise da acessibilidade e da mobilidade na periferia sul da cidade de João Pessoa - PB. In: SILVA, Geovany Jessé Alexandre; SILVA, Milena Dutra; SILVEIRA, José Augusto Ribeiro (Eds.). **Lugares e suas interfaces intraurbanas: transformações urbanas e periferização**. 1. ed. João Pessoa: Editora Paraiboa, 2016. p. 340–359.

CLARKE, K. C.; GAYDOS, L. J. Loose-coupling a cellular automaton model and GIS: long-term urban growth prediction for San Francisco and Washington/Baltimore. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 12, n. 7, 699-714, 1998.

DALTON, N. Fractional Configurational Analysis and a solution to the manhattan problem. **Proceedings of the 3rd International Space Syntax Symposium**, [s. l.], n. January 2001, p. 26:1–13, 2001.

DHANANI, A.; VAUGHAN, L. S.; ELLUL, C.; GRIFFITHS, S. From the axial line to the walked line: evaluating the utility of commercial and user-generated street network datasets in space syntax analysis. In: **Proceedings of the 8th International Space Syntax Symposium**. Santiago: PUC, 2012. p. 11-32.

DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; MIGUEL, P. A. C. A distinctive analysis of case study, action research and design science research. **Revista brasileira de gestão de negócios**, v. 17, p. 1116-1133, 2015.

DUARTE, J. P.; BEIRÃO, J. N.; MONTENEGRO, N.; GIL, J. City Induction: a model for formulating, generating, and evaluating urban designs. In: **Digital Urban Modeling and Simulation**. Springer, Berlin, Heidelberg, 2012. p. 73-98.

ERATH et al. Modelling for Walkability: Understanding pedestrians' preferences in Singapore. In: **14th International Conference on Travel Behavior Research (IATBR 2015)**. IVT, ETH Zurich, 2015.

ERLER, O. D. **Crescimento imobiliário – um estudo sobre a evolução imobiliária em Jardim Camburi**. 2016. Disponível em:

<https://dspace.doctum.edu.br/handle/123456789/1223>. Acesso em: 05 jun. 2022.

FRUIN, J. J. **Pedestrian planning and design**. 1971.

FUGGETTA, A. Open source software - an evaluation. **Journal of Systems and software**, v. 66, n. 1, p. 77-90, 2003.

GEHL, J. **Cidades para Pessoas; Perspectiva: São Paulo, Brasil**, 2013.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de pesquisa social**. São Paulo. Editora Atlas S.A., sexta edição, 2008.

GOMIDE, A. A. Transporte urbano e inclusão social: **elementos para políticas públicas**. Brasília: Ipea, 2003 (Texto para Discussão, n. 960).

HILLIER, B. The theory of the city as object or how spatial laws mediate the social construction of urban space. ProceedingsSpace Syntax. In: **3rd International Symposium, Atlanta. 28p.** 2001.

HILLIER, B. **Space is the machine**. London: Press Syndicate of the University of Cambridge, 2007. Disponível em: [https:// https://spaceisthemachine.com/](https://spaceisthemachine.com/). Acesso em: 5 mar. 2022.

HILLIER, B. **Using DepthMap for Urban Analysis: A Simple Guide On What to Do Once You Have an Analysable Map in The System**. London: The Bartlett School of Graduate Studies, 2008.

HILLIER, B.; HANSON, J. **The Social Logic of Space**. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.

HILLIER, B.; HANSON, J. The Reasoning Art: or, The Need for an Analytical Theory of Architecture. **Space Syntax First International Symposium**, [s. l.], v. 1, p. 6, 1997.

HILLIER, B.; IIDA, S. Network and psychological effects in urban movement. In: **Spatial Information Theory: International Conference, COSIT 2005, Ellicottville, NY, USA, September 14-18, 2005. Proceedings 7**. Springer Berlin Heidelberg, 2005. p. 475-490.

HILLIER, B.; VAUGHAN, L. The City as One Thing. In: VAUGHAN, Laura. **The Spatial Syntax of Urban Segregation**. London: Progress in Planning, 2007. v. 67p. 205–294.

HILLIER, B.; YANG, T.; TURNER, A. Normalising least angle choice in Depthmap and it opens up new perspectives on the global and local analysis of city space. **Journal of Space Syntax**, [s. l.], v. 3, n. 2, p. 155–193, 2012.

HILLIER, B.; PENN, A.; HANSON, J.; GRAJEWSKI T., XU, J. Natural movement: or, configuration and attraction in urban pedestrian movement. **Environment and Planning B: planning and design**, v. 20, n. 1, p. 29-66, 1993.

HOLANDA, F. D. O espaço de exceção. 2 edição ed. Brasília: FRBH, 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores de cidades. 2022**. Disponível em <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=320530>>. Acesso em: 07 mar. 2022.

IJSN. Instituto Jones dos Santos Neves. **Plano Diretor de Transporte Urbano da Grande Vitória: Relatório Síntese**. Vitória, 1987.

IJSN, Instituto Jones dos Santos Neves. **Plano de desenvolvimento urbano integrado. Região Metropolitana da Grande Vitória. O Processo participativo**, 81p., v.1. Vitória, ES, 2018a. ISBN: 978-85-8370-050-0

_____. **Plano de desenvolvimento urbano integrado. Região Metropolitana da Grande Vitória. Diagnóstico integrado**, 184p., v.2. Vitória, ES, 2018b. ISBN: 978-85-8370-051-7

_____. **Plano de desenvolvimento urbano integrado. Região Metropolitana da Grande Vitória. Instrumentos e políticas**, 120p., v.4. Vitória, ES, 2018c. ISBN: 978-85-8370-053-1

IPEA – Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas. **O Uso da Sintaxe Espacial na Análise do Desempenho do Transporte Urbano: Limites e Potencialidades**. Rio de Janeiro, 2011.

ITDP Brasil. Índice de Caminhabilidade: Ferramenta (Versão 2.0). 2018. Disponível em: <<https://itdpbrasil.org.br/icam2/>>. Acesso em: 10 dez. 2022.

JOHNSTON, R. A.; DE LA BARRA, T. Comprehensive regional modeling for long-range planning: linking integrated urban models and geographic information systems. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 34, n. 2, 125-136, 2000.

KARIMI, K. A Configurational Approach to Analytical Urban Design: 'Space Syntax' Methodology. **Urban Design International**, v. 17, n. 4, p. 297–318, 2012.

KHAN, A. M.; ARMSTRONG, J. M.; TAYLOR, S. J. Urban transportation planning and management in a GIS environment. **Journal Alam Bina**, v. 9, n. 1, 109-129, 2007.

KLARQVIST, B. A space syntax glossary. **Nordisk Arkitekturforskning**, [s. l.], p. 11–12, 1993. Disponível em: <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/3779573909551/glossarySS.pdf>. Acesso em: 2 mai. 2021.

KLOSTERMAN et al. **Planning support methods: urban and regional analysis and projection**. Rowman & Littlefield, 2018.

KRENZ, K.; PSARRA, S.; NETTO, V. The Anatomy of Knowledge: Quantitative and Qualitative Analysis of the Evolution of Ideas in Space Syntax Conference Articles

(1997-2017). In: **The 12th International Space Syntax Symposium**. Beijing Jiatong University, 2019.

LOCACIONAIS. In: DICIO, Dicionário Online de Português. Porto: 7Graus, 2022. Disponível em: <<https://www.dicio.com.br/locacionais/>>. Acesso em: 05 jul. 2022.

MAGUIRE, D. J. An overview and definition of GIS. **Geographical information systems: Principles and applications**, v. 1, n. 1, p. 9-20, 1991.

MARCUS, L. Overcoming the subject-object dichotomy in urban modeling: Axial maps as geometric representations of affordances in the built environment. **Frontiers in psychology**, v. 9, p. 449, 2018.

MARICATO, E. Planning Latin American cities: dependencies and “Best Practices”. **Urban Latin America: Part 2**, v. 44, n. 2, p. 4-17, mar. 2017.

MEDEIROS, V. **Urbis Brasiliae ou sobre cidades do Brasil**: inserindo assentamentos urbanos do país em investigações configuracionais comparativas. Tese (Doutorado)– Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2006. 519 p.: il. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/handle/10482/1557>. Acesso em: 11 maio 2021.

MOBILIDADE. In: DICIO, Dicionário Online de Português. Porto: 7Graus, 2023. Disponível em: <<https://www.dicio.com.br/mobilidade/>>. Acesso em: 18 jan. 2023.

MORAIS et al. Infraestrutura social e urbana no Brasil: **Subsídios para uma agenda de pesquisa e formulação de políticas públicas**. 2010.

MURALEETHARAN, T.; HAGIWARA, T. Overall level of service of urban walking environment and its influence on pedestrian route choice behavior: analysis of pedestrian travel in Sapporo, Japan. **Transportation Research Record**, v. 2002, n. 1, p. 7-17, 2007.

NETTO et al. The convergence of patterns in the city:(isolating) the effects of architectural morphology on movement and activity. In: **Eighth International Space Syntax Symposium**. 2012. p. 1-32.

NETTO, V. M. O que a Sintaxe Espacial não é? **Arquitextos**, [s. l.], v. 161.04, n. June, p. 1–11, 2013. Disponível em:

[https://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/14.161/4916#:~:text=\(2.1\) A teoria](https://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/14.161/4916#:~:text=(2.1) A teoria)

da sintaxe, as formas de transformação urbana. Ela não é uma teoria, relações entre espaço e sociedade. Acesso em: 22 jan. 2020

NOGUEIRA, A. D. **Análise sintático-espacial das transformações urbanas de Aracaju (1855-2003)**. Tese (Doutorado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004. 365 p.: il. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/12296>. Acesso em: 07 jul. 2020.

OLIVEIRA, C. G. S. **Análise da Mobilidade Urbana em Cidades de Porte Médio por Meio da Sintaxe Espacial**. 1. ed. Curitiba: Appris, 2021. 161 p. v. 1. ISBN 9786525019130.

OLIVEIRA, C. G. D. S. **Mobilidade urbana** através de um modelo metodológico georreferenciado de sintaxe espacial para cidades de porte médio. 2020. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Campina Grande.

OZBIL, A.; PEPONIS, J.; STONE, B. Understanding the link between street connectivity, land use and pedestrian flows. **Urban Design International**, v. 16, p. 125-141, 2011.

PAUL et al. *Geographic information systems and science*. John Wiley & Sons, 2004.

PENN et al. Configurational modelling of urban movement networks. **Environment and Planning B: planning and design**, v. 25, n. 1, p. 59-84, 1998.

PENN, A. Space syntax and spatial cognition: or why the axial line?. **Environment and behavior**, v. 35, n. 1, p. 30-65, 2003.

PEPONIS, J.; BAFNA, S.; ZHANG, Z. The connectivity of streets: reach and directional distance. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 35, n. 5, p. 881-901, 2008.

PERENS, et al. The open source definition. **Open sources: voices from the open source revolution**, v. 1, p. 171-188, 1999.

PEREIRA, G. C. Atlas digital Salvador. Salvador: LCAD/UFBA, 2000.

PEREIRA, G. C. Urban voids: mapping and classification of urban land in Salvador/BA. In: EUROPEAN COLLOQUIUM ON QUANTITATIVE AND THEORETICAL GEOGRAPHY, 17. Proceedings... Atenas: EEQTG, 2011.

RATTI, C. Space syntax: some inconsistencies. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 31, n. 4, p. 487-499, 2004.

REIS, M. D. A. S. Mobilidade urbana: um desafio para gestores públicos. In: Cadernos FGV Projetos, Cidades inteligentes e mobilidade urbana, n. 24, ano 10, p. 216- 231, out. 2015.

RINKE et al. A multi-layer social force approach to model interactions in shared spaces using collision prediction. **Transportation research procedia**, v. 25, p. 1249-1267, 2017.

ROCHA, B. M. **Interfaces gráficas e cidades: tecnologia digital na visualização de dinâmicas Espaciais em grande Escala**. 2005. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais.

SEVTSUK et al. A big data approach to understanding pedestrian route choice preferences: Evidence from San Francisco. **Travel behaviour and society**, v. 25, p. 41-51, 2021.

SEVTSUK, A.; BASU, R. The role of turns in pedestrian route choice: A clarification. *Journal of transport geography*, v. 102, p. 103392, 2022.

SHATU, F.; YIGITCANLAR, T.; BUNKER, J. Shortest path distance vs. least directional change: Empirical testing of space syntax and geographic theories concerning pedestrian route choice behaviour. **Journal of Transport Geography**, v. 74, p. 37-52, 2019.

SILVA, R. Como Jardim Camburi se transformou em um bairro com cara de cidade? **A Gazeta**, Vitória, 11 dez. 2022. Cotidiano. Disponível em: <<https://www.agazeta.com.br/es/cotidiano/como-jardim-camburi-se-transformou-em-um-bairro-com-cara-de-cidade-1222>>. Acesso em: 18 dez. 2022.

SINGH, R. R. Exploiting GIS for sketch planning. **1996 ESRI International User Conference**, Palm Springs, 1996.

SPECK, J. Cidade Caminhável; Editora Perspectiva: São Paulo, Brasil, 2017.

SOUZA, E. B. de. As políticas federais de desenvolvimento urbano no biênio 1989/1990. Brasília: Ipea, 1992 (Texto para Discussão, n. 282).

STALLMAN, R. Why software should be free. 2007.

STAVROULAKI, G. Directions in Space Syntax. Space Syntax modelling of pedestrian flows for sustainable urban development. Jun. 2022.

TURNER, A. Angular analysis: a method for the quantification of space. 2000.

TURNER, A. Angular Analysis. **Proceedings of the Third International Space Syntax Symposium**, [s. l.], n. May, p. 30.1-30.11, 2001. Disponível em: <http://discovery.ucl.ac.uk/35952/>. Acesso em: 10 mar. 2022.

TURNER, A.; DOXA, M.; O'SULLIVAN, D; PENN, A. From Isovists to Visibility Graphs: A Methodology for the Analysis of Architectural Space". **Environment and Planning B**, n.28, v.1, p.103–121, 2001.

TURNER, A. Could a road-centre line be an axial line in disguise. In: **Proceedings of the 5th International Symposium on Space Syntax**. Amsterdam: TU Delft Techné Press, 2005. p. 145-159.

TURNER, A.; PENN, A.; HILLIER, B. An algorithmic definition of the axial map. **Environment and Planning B: planning and design**, v. 32, n. 3, p. 425-444, 2005.

TURNER, A. From axial to road-centre lines: a new representation for space syntax and a new model of route choice for transport network analysis. **Environment and Planning B: planning and Design**, v. 34, n. 3, p. 539-555, 2007.

UCL. Overview. In: UCL Space Syntax. **Online Training Platform**. Londres: UCL Space Syntax, 2022. Disponível em: <https://www.spacesyntax.online/>. Acesso em: 10 jan. 2022.

VASCONCELLOS, E. A. **Transporte urbano nos países em desenvolvimento: reflexes e propostas**. São Paulo: Annablume, 2002.

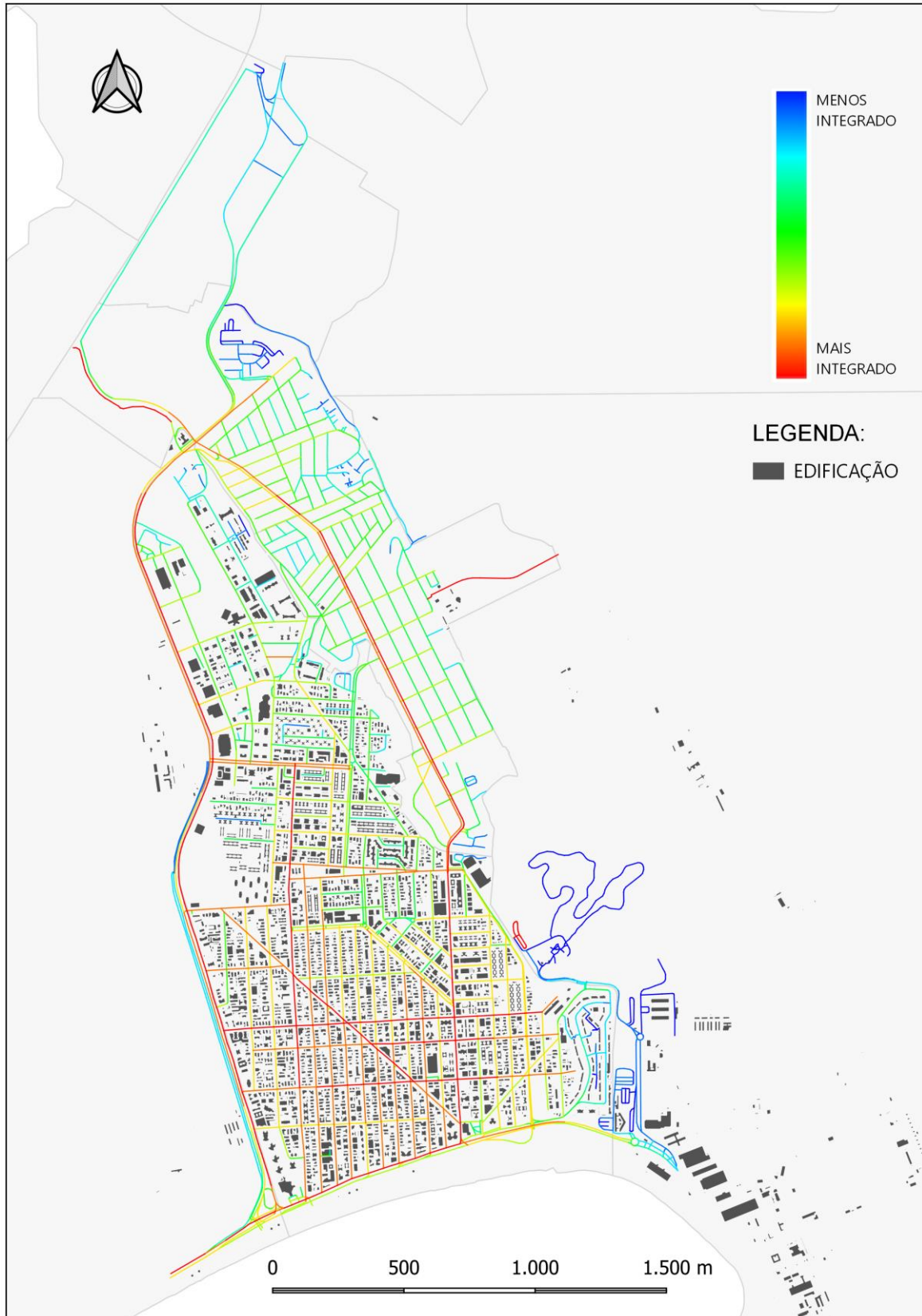
VAUGHAN, L. The spatial syntax of urban segregation. **Progress in Planning**, London, v. 67, n. 3, p. 205–294, 2007. Disponível em: [file:///Users/argelia/Documents/-MNU/2? Semestre/CLAUDIA_ Me?todos de Investigacio?n en las Ciencias Urbanas/Info. BASE_ SSX/Proyecto Zotero/Avanzada Syntax/Hillier y Vaughan - 2007 - The spatial syntax of urban segregation.pdf](file:///Users/argelia/Documents/-MNU/2?%20Semestre/CLAUDIA_Me?todos%20de%20Investigacio?n%20en%20las%20Ciencias%20Urbanas/Info.%20BASE_SSX/Proyecto%20Zotero/Avanzada%20Syntax/Hillier%20y%20Vaughan%20-%202007%20-%20The%20spatial%20syntax%20of%20urban%20segregation.pdf). Acesso em: 18 maio. 2022.

VAUGHAN, L. Glossary of Space Syntax. In **Suburban Urbanities: Suburbs and the Life of the High Street**, pp. 307–312. UCL, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/j.ctt1g69z0m.22>. Acesso em: 20 jul. 2022.

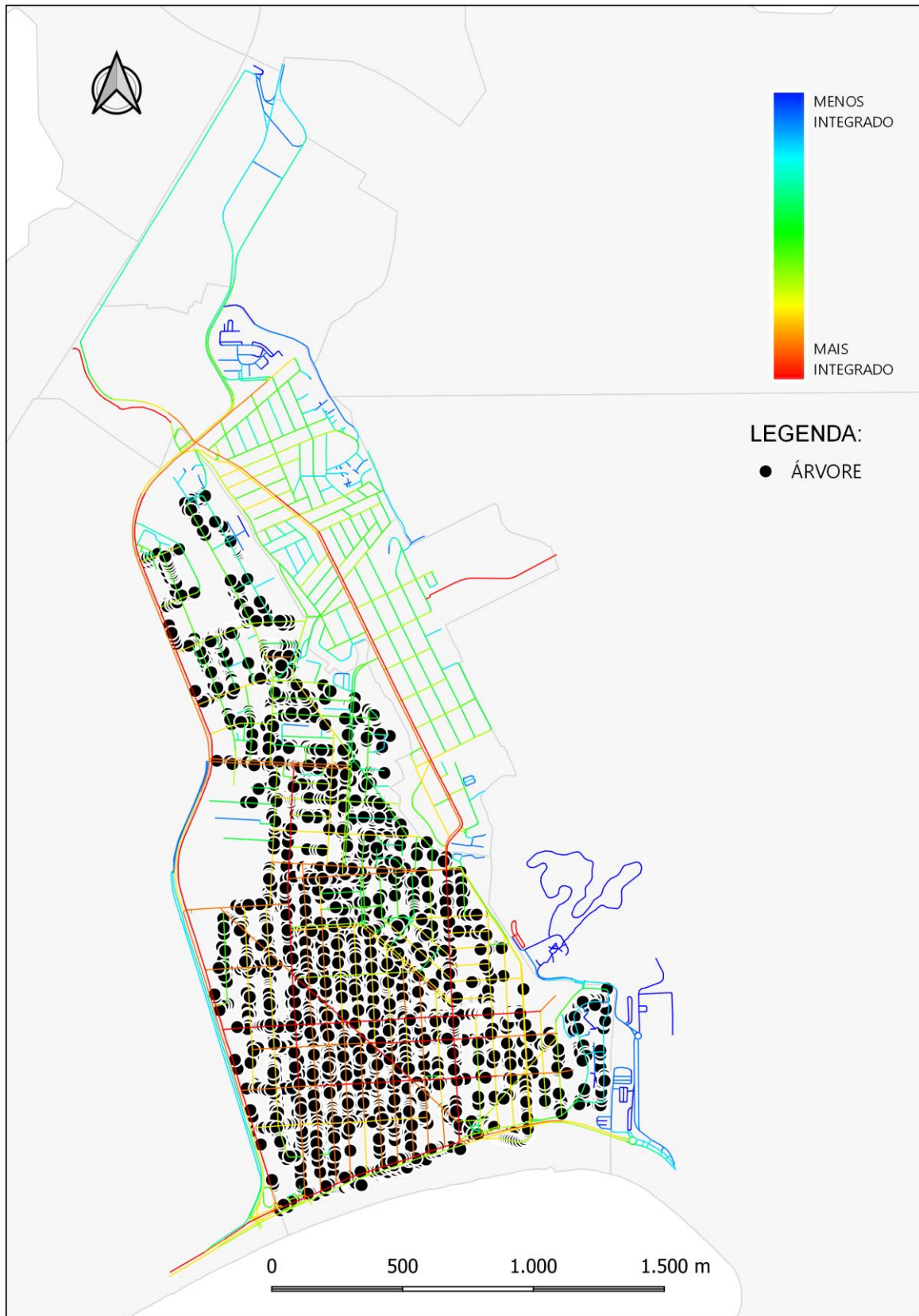
WEGENER, M. The future of mobility in cities: Challenges for urban modelling. **Transport Policy**, v. 29, p. 275-282, 2013.

APÊNDICE

Exploração gráfica dos resultados: sobreposição da camada de Edificações.



Exploração gráfica dos resultados: sobreposição da camada de Árvores.



Exploração gráfica dos resultados: Mapa de Calor das áreas arborizadas.

