

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

ANÁLISE COMPARATIVA DE METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO DA
NECESSIDADE DE INTERVENÇÕES BUSCANDO O DESENVOLVIMENTO
ORIENTADO AO TRANSPORTE SUSTENTÁVEL EM UMA REGIÃO

DANIEL HERSZENHUT MEIRELLES SANTOS

2019



ANÁLISE COMPARATIVA DE METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO DA
NECESSIDADE DE INTERVENÇÕES BUSCANDO O DESENVOLVIMENTO
ORIENTADO AO TRANSPORTE SUSTENTÁVEL EM UMA REGIÃO

Daniel Herszenhut Meirelles Santos

Projeto de Graduação apresentado ao curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Prof. Glaydston Mattos
Ribeiro

Co-orientador: Prof. Licínio da Silva
Portugal

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2019

ANÁLISE COMPARATIVA DE METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO DA
NECESSIDADE DE INTERVENÇÕES BUSCANDO O DESENVOLVIMENTO
ORIENTADO AO TRANSPORTE SUSTENTÁVEL EM UMA REGIÃO

Daniel Herszenhut Meirelles Santos

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO CIVIL.

Examinado por:

Prof. Licinio da Silva Portugal, D.Sc.

Prof. Glaydston Mattos Ribeiro, D.Sc.

Prof. Sandra Oda, D.Sc.

Prof. Giovani Manso Ávila, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

FEVEREIRO DE 2019

Santos, Daniel Herszenhut Meirelles

Análise comparativa de metodologias de avaliação da necessidade de intervenções buscando o Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável em uma região / Daniel Herszenhut Meirelles Santos – Rio de Janeiro: UFRJ/Escola Politécnica, 2019.

118 p.:il.; 29,7 cm.

Orientador: Glaydston Mattos Ribeiro

Co-orientador: Licínio da Silva Portugal

Projeto de Graduação – UFRJ/ Escola Politécnica/ Curso de Engenharia Civil, 2019.

Referências Bibliográficas: p. 108-114

1. Mobilidade sustentável 2. Acessibilidade sustentável 3. Ambiente construído 4. Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável

I. Ribeiro, Glaydston Mattos; Portugal, Licínio da Silva.
II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Civil. III. Análise comparativa de metodologias de avaliação da necessidade de intervenções buscando o Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável em uma região

AGRADECIMENTOS

Devo admitir que esperei por muito tempo pela oportunidade de escrever estes agradecimentos. Sempre me pareceu que este era o momento em que de fato o curso se finalizava. Apenas agradecer, mais nada.

Vejo, agora, que a realidade não é bem essa, infelizmente. E é bom deixar claro que esta página está sendo (e será) a última página a ser redigida do trabalho, na madrugada do último dia possível de entrega. Mas isso não torna os agradecimentos menos importantes.

À minha família, obrigado pelo apoio e amor incondicional em todos os momentos da minha graduação e de minha vida. Devo, literalmente, minha existência e formação como ser humano a eles.

Aos meus orientadores, obrigado pela sabedoria transmitida e pela dedicação. Os dois são exemplos de profissionais pelos quais tenho profunda admiração e com quem pretendo ainda desenvolver mais trabalhos.

Aos meus amigos, obrigado por serem grandes companheiros. Acho que muitos, não compreendem o porquê de eu ter dado tanto importância a este trabalho e se enervaram comigo algumas vezes ao longo dos últimos meses, mas continuaram me apoiando independentemente.

Alheio a qualquer orientação política, obrigado ao governo da ex-presidenta Dilma Rousseff pela oportunidade de passar um ano na Austrália, em uma das melhores faculdades do mundo, entre os anos de 2015 e 2016, como parte do Ciências Sem Fronteiras. Lá conheci pessoas que carregarei comigo o resto da minha vida, cresci imensamente como cidadão e comecei a me interessar pelos temas de transporte, mobilidade e desenvolvimento urbano. Esse interesse não só tem ditado meus rumos acadêmicos, mas também os profissionais e pessoais.

Obrigado, por fim, a todos que me influenciaram positivamente ao longo de minha vida. Espero retribuir à altura de suas contribuições.

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Civil.

ANÁLISE COMPARATIVA DE METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO DA
NECESSIDADE DE INTERVENÇÕES BUSCANDO O DESENVOLVIMENTO
ORIENTADO AO TRANSPORTE SUSTENTÁVEL EM UMA REGIÃO

Daniel Herszenhut Meirelles Santos

Fevereiro de 2019

Orientador: Glaydston Mattos Ribeiro

Co-orientador: Licínio da Silva Portugal

Os planejamentos urbano e de transportes têm grande interação entre si. A acessibilidade de uma determinada região, expressa através do ambiente construído, influencia na escolha modal, no número de viagens realizadas e na demanda por serviços de transportes. O conceito de Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável (DOTS) surge como uma maneira de incentivar a mobilidade sustentável, diminuindo as distâncias percorridas, criando infraestruturas para pedestres e ciclistas e estruturando uma rede de transportes de alta capacidade para comportar o fluxo de viagens de médias e longas distâncias. Este trabalho pretende comparar o resultado de duas metodologias que avaliam a necessidade de intervenções de DOTS em uma determinada área. A primeira, desenvolvida pelo ITDP Brasil (2016), realiza um diagnóstico a partir da análise da acessibilidade local, partindo da premissa que uma melhora da mesma reflete na prática de uma mobilidade mais sustentável na região. A segunda, elaborada por Villada (2016), avalia primeiramente a mobilidade local quanto aos atributos da sustentabilidade para então relacionar as particularidades desta às condições de acessibilidade e produzir um diagnóstico a partir dessas relações. Através de uma análise comparativa que abrange diferenças conceituais, de aplicação, dos diagnósticos e das ações de intervenção que podem ser derivadas dos mesmos, busca-se compreender a divergência entre as metodologias e os seus resultados.

Palavras-chave: Mobilidade sustentável; acessibilidade sustentável; ambiente construído; Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável.

Abstract of Undergraduate Project presented to POLI/UFRJ as a partial fulfilment of the requirements for the degree of Civil Engineer

COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODOLOGIES THAT EVALUATE THE
NECESSITY OF BUILT ENVIRONMENT INTERVENTIONS SEEKING TRANSIT-
ORIENTED DEVELOPMENT

Daniel Herszenhut Meirelles Santos

February 2019

Adviser: Glaydston Mattos Ribeiro

Co-adviser: Licínio da Silva Portugal

Urban and transportation planning greatly interact. The accessibility of a place, expressed by the built environment, can influence the modal choice, the number of trips and the demand for transportation services. The concept of Transit-Oriented Development (TOD) arises as a mean of encouraging the sustainable mobility, decreasing the length of trips, creating infrastructure for pedestrians and cyclists and structuring a rapid transit network to bear the medium and long distance travel's flow. This research intends to compare the result of two methodologies that evaluate the necessity of TOD-seeking interventions in an area. The first, developed by ITDP Brasil (2016), diagnoses the local accessibility, based on the premise that improving the accessibility results in a more sustainable mobility. The second, developed by Villada (2016), firstly evaluates the local mobility by its sustainability and then relates its particularities to the accessibility in order to produce a diagnosis. A comparative analysis that approaches conceptual, applications and diagnostics differences is conducted in order to understand how the methodologies and its results diverge.

Keywords: Sustainable mobility; sustainable accessibility; built environment; Transit-Oriented Development.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	8
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	8
1.2 JUSTIFICATIVA.....	10
1.3 OBJETIVOS.....	11
1.4 METODOLOGIA.....	12
1.5 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO.....	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1 TRANSPORTE, MOBILIDADE, ACESSIBILIDADE E A SUSTENTABILIDADE.....	14
2.1.1 Transporte sustentável.....	15
2.1.2 Mobilidade sustentável.....	16
2.1.3 Acessibilidade sustentável.....	19
2.2 AMBIENTE CONSTRUÍDO.....	21
2.2.1 Densidade.....	21
2.2.2 Diversidade.....	22
2.2.3 Desenho urbano.....	23
2.2.4 Disponibilidade de transporte público.....	24
2.2.5 Destinos acessíveis.....	25
2.3 DESENVOLVIMENTO ORIENTADO AO TRANSPORTE SUSTENTÁVEL (DOTS).....	26
2.3.1 Iniciativas de DOTS no Brasil e no mundo.....	29
2.3.2 Metodologias de avaliação do ambiente construído a partir do conceito de DOTS.....	37
2.4 SÍNTESE.....	40
3 CARACTERIZAÇÃO DAS METODOLOGIAS ESTUDADAS.....	43
3.1 METODOLOGIA DO ITDP.....	43

3.2 METODOLOGIA DE VILLADA.....	47
3.3 ANÁLISE COMPARATIVA.....	50
3.3.1 Resumo da análise	58
4 APLICAÇÕES E RESULTADOS	61
4.1 METODOLOGIA DO ITDP	61
4.2 METODOLOGIA DE VILLADA.....	79
5 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS	92
5.1 TRIAGEM.....	93
5.2 COELHO NETO	95
5.3 BOTAFOGO	97
5.4 AFONSO PENA.....	99
5.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	101
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	104
REFERÊNCIAS	108
ANEXOS.....	115

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Com o avanço do século XXI, sociedades ao redor do globo vêm enfrentando intensos desafios, de naturezas e origens diversas. Muitos destes decorrem do aumento da população nos centros urbanos – em 2015, 54% da população mundial vivia em áreas urbanizadas, em contraste dos 43% que o faziam em 1990 (UN-Habitat, 2016).

Cresce também, portanto, a necessidade de um planejamento urbano adequado. Transformar as cidades em ambientes inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis é um dos objetivos delineados na Agenda pelo Desenvolvimento Sustentável (UN-Habitat, 2016).

Assim, o crescimento das cidades, muitas vezes desordenado, aumenta a demanda de serviços oferecidos pela mesma. Entre esses, o transporte. No entanto, observa-se, principalmente em países em desenvolvimento, uma falta de articulação entre os setores responsáveis pelo planejamento urbano e o de transportes. Esta desarticulação, embora não necessariamente se apresente como a origem de problemas na mobilidade (como a imobilidade, tempos de viagem exagerados, transporte público deficitário e uma dependência generalizado do transporte particular e motorizado), pode agravar os mesmos.

Em alguns países desenvolvidos, por sua vez, embora muitas vezes haja maior diálogo entre os diferentes setores de planejamento, medidas urbanísticas passadas levaram a formações de cidades nas quais há grande segregação do uso do solo e espalhamento da forma urbana como um todo (Handy, 1994; 2002; Carlton, 2009). O resultado disso é também uma grande dependência do automóvel e a ineficiência do sistema de transporte local.

Surgem, em decorrência desse panorama, conceitos de planejamento que têm como objetivo solucionar os problemas observados, buscando oferecer oportunidades iguais aos cidadãos, diminuir os impactos ambientais causados pelas viagens e fomentar a economia local – entre eles, o de Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável (DOTS).

Segundo Carlton (2009), o DOTS (tradução comumente adotada à expressão em inglês *Transit Oriented Development*) é um conceito originalmente cunhado por Peter Calthorpe no final dos anos 1980 e que se tornou uma “febre” no planejamento urbano moderno com a publicação de *The New American Metropolis* (1993) . Ele pode ser definido como um desenvolvimento compacto, no qual há a mistura de diferentes usos do solo, que é convidativo ao pedestre e que se organiza em torno de uma estação de transporte público (Suzuki *et al.*, 2013), esta de média ou alta capacidade.

Muitos estudos vêm buscando avaliar, a partir de diferentes metodologias, de fato o quão orientado ao transporte sustentável são as condições urbanas de uma região. Essas pesquisas têm como objetivo auxiliar os tomadores de decisão, subsidiando os mesmos de informações que ajudam a embasar intervenções no ambiente construído, e estabelecer marcos na acessibilidade e na mobilidade local, de forma a possibilitar comparações com estudos futuros.

Essas metodologias normalmente se apoiam sobre a premissa, embasada na literatura acadêmica produzida principalmente em países desenvolvidos, que a acessibilidade local – expressa a partir de características do ambiente construído, como a proximidade a uma estação de um modo de transporte de alta ou média capacidade e a existência de infraestrutura para pedestres e ciclistas – possui uma correlação positiva com a mobilidade sustentável e com a qualidade de vida dos cidadãos (Frumkin, 2002; Li *et al.*, 2005; Cervero *et al.*, 2009; Ewing e Cervero, 2010).

No entanto, em países em desenvolvimento, onde o processo de urbanização se deu de forma diferenciada dos países desenvolvidos, diversas correlações entre indicadores da acessibilidade e da mobilidade não se mostram tão relevantes (Cervero *et al.*, 2009). A mobilidade, resultado da interação entre a acessibilidade e as particularidades da população (Pedro *et al.*, 2017), se mostra sensível às especificidades locais, e condições idealizadas de acessibilidade não necessariamente resultam em padrões de viagens sustentáveis.

Dessa forma, é importante entender como uma metodologia desenvolvida a partir de premissas concebidas em estudos realizados em países desenvolvidos se comporta no contexto de um país em desenvolvimento, e como ela se compara a uma metodologia formulada tendo este contexto em foco.

Os procedimentos metodológicos escolhidos para compor esta análise comparativa foram a “Ferramenta Para Avaliação do Potencial de DOTS em Corredores de Transportes”, desenvolvida pelo ITDP Brasil (2016), e uma metodologia desenvolvida por Villada (2016) durante o seu mestrado, “Procedimento Metodológico para a Aplicação do TOD em Países em Desenvolvimento” (estas serão chamadas, no decorrer deste trabalho, de metodologia do ITDP e metodologia de Villada, respectivamente). Ambas têm em comum o fato de terem sido desenvolvidas no Brasil e abordarem os estudos de caso em um nível estratégico.

Entretanto, as metodologias se desenvolvem sob premissas diferentes. A metodologia do ITDP representa a abordagem tradicional e predominante, na qual apenas a acessibilidade local é avaliada, pressupondo-se que as ações de intervenção decorrentes desta avaliação incentivarão padrões de viagem sustentáveis. Já a metodologia de Villada dá protagonismo à

mobilidade sustentável, apreciando, de antemão, como esta é praticada no local e propondo mudanças na acessibilidade que ajam sobre os problemas observados.

Ou seja, a necessidade de intervenções de DOTS é balizada de forma diferenciada pelas duas metodologias: na do ITDP, pela presença (ou não) de determinadas condições do ambiente construído; na de Villada, pelos padrões de viagens em consonância (ou não) com a mobilidade sustentável.

1.2 JUSTIFICATIVA

O ambiente construído, de acordo com Cervero *et al.* (2009), pode ser expresso por meio de 5 dimensões, ou os 5Ds – densidade urbana, diversidade de uso do solo, desenho urbano, disponibilidade de transporte público¹ e destino acessível. Outros dois Ds são, por vezes, acrescentados a estes, embora não sejam considerados neste trabalho: demanda gerenciada, como a oferta e taxaço de estacionamento, e demografia (que, ainda que não seja uma dimensão física, exerce influência nas viagens realizadas), relacionada às características da população (Ewing e Cervero, 2010).

A densidade urbana está relacionada à densidade demográfica do local; a diversidade de uso do solo, aos usos do solo presentes, como o residencial, o comercial, de educação, de lazer, etc.; o desenho urbano faz menço ao traçado viário na região, ao tamanho e formato das quadras, à existência, traçado ou comprimento de infraestrutura para bicicletas; a disponibilidade de transporte público está associada à distância às estaçoões de transporte e à oferta de um transporte público de qualidade; e o destino acessível diz respeito às atividades acessíveis aos indivíduos, como bancos, restaurantes, bibliotecas, escolas, etc.

Alterações nessas dimensões e, portanto, mudanças na acessibilidade de um local, podem se revelar de difícil execução. A construção de ciclovias no empenho de incentivar o uso de bicicletas na região, por exemplo, pode demandar obras custosas, demoliçoão de infraestrutura já existente e mudança no traçado das vias.

Verifica-se atualmente que diversos investimentos públicos são realizados sem o completo entendimento da situação atual do local e dos resultados que os mesmos podem trazer, muitas vezes se pautando sobre avaliações de naturezas qualitativas (Singh *et al.*, 2014). É de extrema importância, então, que os investimentos realizados com o objetivo de tornar a

¹ Esta dimensão, originalmente cunhada como *distance to transit* (distância ao transporte público), foi utilizada como disponibilidade de transporte público de acordo com o exposto no item 2.2.4.

mobilidade sustentável, que podem se mostrar caros e de difícil articulação política, trazam retorno real à sociedade.

A utilização de uma metodologia que não seja comprometida com o seu objetivo e nem aderente às especificidades locais tende a gerar resultados que não atendem as necessidades da sociedade em que é inserida, podendo estes se mostrarem ainda irrelevantes ou, no pior dos casos, negativos.

Adicionalmente, cada metodologia apresenta certas características que podem tornar sua aplicação mais ou menos recomendada. A metodologia do ITDP, por exemplo, baseia grande parte de suas métricas em informações obtidas a partir do processamento dos dados do Censo 2010, tornando sua execução possível em todo o país. A de Villada, por realizar um diagnóstico daquele que é considerado o objetivo final do DOTS (a mobilidade sustentável), tem como principal mérito a proposição de soluções direcionadas a melhorar os padrões de viagens observados. No entanto, exatamente devido a isso, apresenta a necessidade de acesso a mais bases de dados, tendo sua aplicação condicionada à existência dessas informações.

Quanto a este ponto, vale lembrar que, ainda que a Lei nº 12.587 (2012) institua que municípios acima de 20.000 habitantes devam elaborar um Plano de Mobilidade Urbana, o qual pode contemplar uma pesquisa origem-destino (WRI Brasil, 2017), tornando disponíveis os dados necessários para a aplicação da metodologia de Villada, apenas 5% das prefeituras que precisariam cumprir esta exigência haviam o feito até o fim de 2016 (CNT, 2017).

Sendo assim, uma vez comparadas as metodologias pode-se estabelecer qual tem seu uso mais recomendado na conjuntura analisada, e sob quais condições. Dessa forma, planejadores podem utilizar o procedimento recomendado na busca de tomadas de decisão que almejam um uso mais eficiente dos recursos públicos.

1.3 OBJETIVOS

O estudo aqui proposto tem como objetivo principal analisar comparativamente as duas metodologias de avaliação e aplicação de projetos de DOTS anteriormente comentadas. Dado que as metodologias avaliam de maneiras distintas o local analisado, como explicitado anteriormente, busca-se, a partir deste trabalho, averiguar possíveis diferenças no resultado final de cada uma. Também se procura entender o porquê dessas diferenças e o quão relevante elas são dentro do contexto estudado.

Alguns outros objetivos específicos são contemplados ao longo do trabalho. São eles:

- apresentar e caracterizar o conceito de DOTS, mapeando iniciativas ou projetos que busquem intervenções urbanas alinhadas com os princípios do mesmo;
- fazer sugestões de modificações às metodologias, visando corrigir possíveis vieses que por ventura sejam observados e procurando torná-las mais robustas.

1.4 METODOLOGIA

Através de uma revisão bibliográfica, será fundamentada teoricamente a pesquisa, abordando os temas atualmente mais relevantes nos círculos acadêmicos e profissionais, brasileiros e estrangeiros, no que tange ao escopo do trabalho. Com esta revisão pretende-se: delinear as diferenças entre os conceitos de transporte, acessibilidade e mobilidade, assim como entender a relação existente entre eles com a sustentabilidade e entre si; apresentar uma definição de ambiente construído, suas dimensões, indicadores representativos e sua relação com a mobilidade sustentável; introduzir o conceito de DOTS, suas origens históricas, os princípios em que se baseia, os benefícios de sua adoção, assim como os desafios que esta enfrenta, e medidas que visam sua implementação no Brasil e no mundo; entender como as metodologias que utilizam os fundamentos do DOTS como ferramentas de análise do ambiente urbano funcionam, apresentando alguns exemplos.

Após caracterização das metodologias selecionadas (a do ITDP e a de Villada), suas concepções serão analisadas comparativamente, buscando entender sobre quais premissas elas se baseiam, quais métricas utilizam, se os indicadores usados são os mesmos ou se possuem equivalentes e quais são os critérios de avaliação utilizados. Esta análise conceitual tem como objetivo definir possíveis potencialidades e limitações dos procedimentos propostos, podendo estas serem confirmadas ou não em suas aplicações.

Em seguida, um estudo de caso será desenvolvido, de forma que seja possível realizar uma análise comparativa dos resultados das aplicações das metodologias em determinadas estações do metrô da cidade do Rio de Janeiro. As estações – Afonso Pena, Botafogo, Coelho Neto e Triagem – foram escolhidas por uma questão de praticidade, por já terem sido anteriormente estudadas por Villada (2016), que as selecionou com base na demanda de cada uma (tendo Botafogo uma demanda muito alta, Coelho Neto demanda alta, Afonso Pena demanda média e Triagem demanda baixa).

A Ferramenta Para Avaliação do Potencial de DOTS em Corredores de Transportes do ITDP Brasil baseia sua pontuação em métricas que utilizam imagens de satélite e bases

georreferenciadas disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e por institutos de urbanismo, tais como o Instituto Pereira Passos (IPP), que contém informações do Censo Demográfico de 2010 e do uso e ocupação do solo.

A metodologia desenvolvida por Villada, por sua vez, por contar com uma etapa extra (a análise da mobilidade praticada atualmente na região), também demanda normalmente obtidos através de pesquisas origem-destino. Para a avaliação da mobilidade é utilizada a base de dados do Plano Diretor de Transporte Urbano (PDTU). Quanto às métricas de acessibilidade, são utilizadas também a base do PDTU, bases georreferenciadas do Censo Demográfico de 2010, bases divulgadas pelo IPP e fotos e imagens de satélites.

Será utilizado neste trabalho, portanto, o QGIS, um Sistema de Informações Geográficas (SIG), para o processamento dos dados georreferenciados. Aonde houver a necessidade da utilização de fotos aéreas ou de satélites serão utilizadas as imagens fornecidas pelo *Google Maps* e *Google Earth*.

1.5 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

O Capítulo 1 introduz o tema abordado ao longo do trabalho, oferece uma contextualização e uma justificativa do mesmo e define os objetivos, a abordagem a ser seguida e a estrutura estabelecida.

No Capítulo 2 é desenvolvida uma revisão bibliográfica, abordando-se o DOTS e conceitos e temas relacionados ao mesmo.

O Capítulo 3 é composto pelo aprofundamento na fundamentação teórica de duas metodologias utilizadas na avaliação de ambientes construídos, sendo apresentadas diferenças entre elas ao final.

As duas metodologias são novamente comparadas no Capítulo 4, porém dessa vez sob a luz da aplicação das mesmas em um estudo de caso de quatro estações do sistema metroviário carioca.

No Capítulo 5 são apresentadas as diferenças observadas na aplicação das metodologias, assim como possíveis causas para as mesmas.

Por fim, o Capítulo 6 traz conclusões sobre os resultados observados e recomendações para futuros trabalhos que tratem de temas correlatos aos aqui abordados.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo tem por objetivo fundamentar o presente trabalho sobre uma base teórica e histórica relevante. Muito utilizados tanto em trabalhos nas esferas acadêmica e empresarial quanto em conversas no cotidiano das pessoas, inicialmente são apresentados os conceitos de transporte, mobilidade e acessibilidade e suas respectivas relações com a sustentabilidade. Em seguida é introduzido o conceito de ambiente construído, sua importância no planejamento urbano e de transportes, e uma proposta de caracterização, na qual o mesmo é dotado de dimensões que podem ser representadas por diferentes indicadores. Ao final o conceito de DOTS é explorado de forma mais aprofundada do que no capítulo de introdução, passando por suas raízes históricas, pelos princípios e diretrizes utilizados na sua definição, por iniciativas e projetos que visem incentivá-lo no Brasil e no mundo e, por fim, por metodologias utilizadas na avaliação de ambientes construídos sob a luz do conceito de DOTS.

2.1 TRANSPORTE, MOBILIDADE, ACESSIBILIDADE E A SUSTENTABILIDADE

Transporte, acessibilidade e mobilidade estão intrinsecamente relacionados. A infraestrutura e os serviços de transporte em conjunto com o uso e a ocupação do solo, promovem as condições de acessibilidade que, aliadas às características (socioeconômicas, culturais, demográficas, etc.) da população, determinam a mobilidade das pessoas (Pedro *et al.*, 2017). Esta relação não parece ser clara para todos: Azevedo Filho (2012) constata que ainda é comum associar a mobilidade puramente ao transporte.

Existe, também, uma confusão quanto ao significado desses conceitos. Os termos acessibilidade e mobilidade frequentemente aparecem juntos em planos de transporte, porém sem uma clara distinção entre si (Handy, 2002). Portugal e Silva (2017) apontam que indicadores que expressam aspectos relacionados ao transporte e à acessibilidade rotineiramente são tratados como expressão da mobilidade.

Ao mesmo tempo, há um interesse crescente em sustentabilidade, desenvolvimento sustentável e transporte sustentável (Litman e Burwell, 2006). Como este último contribui para os outros dois, e como se diferencia de mobilidade sustentável? Seriam essas expressões sinônimos? Adicionar a palavra “sustentável” não parece trazer esclarecimentos quanto à relativa obscuridade observada nesses termos. Constata-se, portanto, uma grande importância

em caracterizar adequadamente cada um destes conceitos, visto que serão ostensivamente utilizados ao longo do trabalho.

2.1.1 Transporte sustentável

Magalhães (2010) constata que o termo transporte é usualmente utilizado para designar o deslocamento de pessoas para atividades, de cargas para seus destinos e de outros fenômenos semelhantes. Pouco precisas, contudo, essas definições não se mostram mais suficientes, e espera-se um nível maior de formalização do conceito.

Com base em algumas descrições relacionadas aos transportes existentes na literatura, Pedro *et al.* (2017) consideram que o transporte “proporciona acesso, ao permitir a movimentação de pessoas e mercadorias entre localidades, por meio de suas infraestruturas e serviços das diferentes modalidades destinadas a atender as necessidades de viagens, levando em conta a eficiência operacional e a viabilidade econômica”.

Litman e Burwell (2006) afirmam que as infraestruturas e serviços de transportes impactam o ambiente de forma significativa, levando a problemas relacionados à sustentabilidade. Alguns desses impactos são listados na Tabela 2.1 (ainda que estejam separados nas esferas econômica, social e ambiental, é importante notar que muitos desses impactos agem sobre mais de uma esfera simultaneamente).

Tabela 2.1 – Influência dos transportes no ambiente em diferentes esferas

Econômica	Social	Ambiental
Congestionamento	Desigualdade dos impactos	Poluição do ar e da água
Barreiras	Dificuldades de mobilidade	Diminuição de habitat
Danos relacionados a acidentes	Impactos na saúde humana	Impactos hidrológicos
Custos de infraestrutura	Interação comunitária	Depleção de recursos não renováveis
Custos aos usuários	Habitabilidade da comunidade	
	Impactos estéticos	

Fonte: Adaptado de Litman e Burwell (2006)

Embora não haja uma definição consensual de transporte sustentável na literatura, Jeon e Amekudzi (2005) compilaram algumas definições utilizadas em projetos e pesquisas na

Europa e na América do Norte. Eles concluíram que as mesmas delimitam o conceito a partir dos impactos do sistema na economia, no meio ambiente e no bem-estar social, avaliando esta sustentabilidade através da eficácia e eficiência do sistema e das consequências sobre o meio ambiente.

Indicadores usualmente utilizados na avaliação de sistemas de transportes incluem o nível de serviço das vias, taxa de acidentes por unidade de comprimento viajada e a razão entre volume de tráfego e capacidade da via (Handy, 1994; Litman e Burwell, 2006). Essas métricas, no entanto, tendem a valorizar modos motorizados e podem contradizer os objetivos do transporte sustentável (Litman e Burwell, 2006).

Por exemplo, a abordagem tradicional do planejamento de transportes, que consiste basicamente em prever a demanda e prover infraestrutura que a suporte (Bertolini *et al.*, 2008; Da Silva *et al.*, 2008), utiliza extensivamente indicadores como a razão entre o volume de tráfego observado e a capacidade, que refletem o estado atual das vias. O resultado desta abordagem, que busca acomodar cada vez mais viagens (Handy, 2002), foi o espalhamento da forma urbana, incentivando o uso de transporte motorizado que, por sua vez, induz à construção de ainda mais vias (Ewing e Cervero, 2010).

Sendo assim, é importante que sejam usadas métricas adequadas na avaliação dos sistemas de transportes quando almejada a sustentabilidade e que abordem as três esferas da mesma. Alguns exemplos de métricas do tipo são gastos em infraestrutura de transportes *per capita*, consumo de combustíveis fósseis *per capita*, quantidade de recursos não renováveis utilizados na produção de veículos e infraestrutura, envolvimento da população no planejamento de transportes e quantidade de área construída dedicada a serviços de transporte (Litman e Burwell, 2006).

A simples provisão de um transporte sustentável, porém, não é suficiente para a garantia da mobilidade sustentável. Deve-se entender, portanto, do que se trata a mobilidade, como a mesma é medida e quais são os fatores que a influenciam.

2.1.2 Mobilidade sustentável

De acordo com Pedro *et al.* (2017), não há uma definição clara para mobilidade na literatura. Os autores analisaram diversas descrições dadas para o termo em outros estudos e constataram que, de fato, há uma grande dificuldade em distinguir a caracterização da mobilidade daquela de outros conceitos relacionados, como transportes e acessibilidade. Por exemplo, algumas comentam sobre “facilidade de acesso” (Morris *et al.*, 1979; Handy, 1994;

Alves e Raia Jr., 2009), embora esta seja uma característica fundamentalmente ligada à acessibilidade (por estar ligada aos sistemas de transportes e ao uso do solo; a acessibilidade será mais profundamente explorada na Seção 2.3).

Após revisar as definições elencadas, Pedro *et al.* (2017) definem mobilidade como “movimento ou movimentação de pessoas e bens expressos pelos padrões de viagens, individuais ou de uma localidade, em termos de quantidade, mas também qualidade, considerando não só as internalidades (usuários) como as externalidades (sociedade)”. Esta definição, adotada ao longo deste trabalho, relaciona a mobilidade com os padrões de viagens, podendo ser expressa de forma quantitativa (como o número de viagens realizadas em um período do tempo) ou qualitativa (por exemplo, a divisão modal e a duração média das viagens).

Analogamente, também não há um consenso em sobre a caracterização de mobilidade sustentável. Um dos motivos que levou o conceito de sustentabilidade a ser adicionado ao de mobilidade urbana, afirma Azevedo Filho (2012), foi a sua ligação com a eficiência da gestão da cidade e à necessidade do uso racional dos recursos.

Banister (2008) constata que a abordagem da mobilidade sustentável requer ações para reduzir a necessidade de realizar deslocamentos (implicando em menos viagens, especialmente as motorizadas), encorajar a mudança do automóvel para transportes públicos e ativos, reduzir o tamanho das viagens e promover maior eficiência nos sistemas de transporte.

Mello (2015) estrutura o conceito mais robustamente. Conforme a autora, a mobilidade, para ser sustentável, deve ser:

- Produtiva – Promove meios de transportes que apresentam um uso mais eficiente dos recursos energéticos e mais racional da infraestrutura de transporte disponível, direcionada aos modos de maior capacidade e mais efetivos em atender a demanda de viagens.
- Inclusiva – Representa condições que permitam o atendimento universal das necessidades de viagens. A taxa de imobilidade pode ser um indicativo de exclusão de grupos mais vulneráveis, como crianças, mulheres, deficientes físicos, pessoas com baixo poder aquisitivo, etc.
- Segura – Deve ocorrer em condições seguras, com menos riscos, conflitos, acidentes e mortes nas viagens, garantindo o compromisso com a saúde, a integridade e o direito à vida.

- Justa socialmente – Proporciona qualidade de serviço a todos, possibilitando que desfrutem de outras atividades e oportunidades e melhorando a qualidade de vida e o bem-estar social.
- Verde – Baseia-se em meios de transporte amigáveis ambientalmente, com energia limpa e focados na redução da poluição atmosférica, sonora e das emissões de gases de efeito estufa.

Da Silva *et al.* (2008) sugerem que até o final dos anos 70, o conceito de mobilidade era predominantemente relacionado à questão da provisão de infraestrutura de transporte. Tradicionalmente, os indicadores de mobilidade mais estudados e avaliados eram a velocidade média de deslocamento, a distância percorrida (e, a partir dessas duas, o tempo dispendido na viagem) e a quantidade de viagens realizadas (Kneib e Portugal, 2017; Litman, 2018).

A abordagem comentada anteriormente de predição de demanda e provisão de infraestrutura buscava diminuir os crescentes problemas de congestionamento (Bertolini *et al.*, 2008), permitindo que mais deslocamentos fossem realizados.

Hoje em dia, entretanto, observa-se uma mudança na ênfase do planejamento urbano e de transportes, passando-se da priorização de elementos quantitativos para os qualitativos (Portugal e Mello, 2017).

Os indicadores sugeridos por Mello (2015) para a caracterização de cada atributo da mobilidade sustentável, assim, abrangem as três dimensões da sustentabilidade. Alguns deles são: viagens em veículos rodoviários por quilômetro de via, para a mobilidade produtiva; porcentagem da população que não realiza viagens, para a mobilidade inclusiva; porcentagem de viagens realizadas de metrô, para a mobilidade segura (por ser um modo mais seguro do que o rodoviário e por representar indiretamente a quantidade de carros na rua); porcentagem de viagens com duração inferior a uma hora, para a mobilidade justa socialmente; porcentagem de viagens realizadas por transportes ativos ou transporte público, para a mobilidade verde.

Observando-se alguns desses indicadores sugeridos é que se pode perceber que a provisão de um meio de transporte sustentável não é suficiente para garantir a mobilidade sustentável, como foi comentado ao final da Seção 2.1. Imagine uma situação, por exemplo, em que todos os habitantes de uma determinada área de estudo realizam seus deslocamentos a pé, um meio de transporte ativo, que emite poucos gases de efeito estufa e com poucos custos financeiros associados a ele. Imagine também que as calçadas na região são de boa qualidade e permitem o deslocamento confortável do pedestre. No entanto, grande parte desta população

leva mais de uma hora para chegar ao seu destino. O meio de transporte sustentável, neste caso, não leva necessariamente a um padrão de viagens sustentável, uma vez que os tempos de acesso às atividades são muito altos.

A promoção da mobilidade sustentável envolve não apenas serviços e infraestruturas de transporte sustentáveis, mas também uma distribuição espacial adequada de atividades no ambiente urbano. A acessibilidade está intrinsecamente ligada a esta relação entre transportes e uso do solo.

2.1.3 Acessibilidade sustentável

Assim como no caso dos conceitos de transporte e mobilidade, muitos autores buscaram desenvolver uma definição para acessibilidade. Após compilarem algumas dessas definições e estudarem as noções por trás das mesmas, Kneib e Portugal (2017) descrevem a acessibilidade de forma simples: “facilidade de alcançar atividades”.

A acessibilidade está diretamente relacionada às qualidades tanto dos transportes, como a velocidade de deslocamento, quanto às do uso do solo, como a densidade de oportunidades e a mistura de diferentes usos em uma mesma região. Ao mesmo tempo, pode ser associada a objetivos nas três esferas da sustentabilidade: econômica, na medida que facilita o acesso a trabalhadores, clientes e fornecedores; social, uma vez que permite o maior acesso a oportunidades, emprego, bens e serviços e contatos com outras pessoas; ambiental, por levar a padrões de viagem de uso energético eficiente (Bertolini *et al.*, 2005).

Bertolini *et al.* (2005) definem acessibilidade sustentável como a acessibilidade que emprega o menor uso possível de recursos não renováveis, ou de difícil renovação, incluindo o solo e as infraestruturas nesses recursos. De acordo com os autores, a acessibilidade sustentável almeja a combinação de objetivos nas esferas econômica, social e ambiental, alguns citados anteriormente, a partir de soluções de transporte e uso do solo.

Para ilustrar a diferença entre a acessibilidade sustentável e a “tradicional”, pode-se citar o trabalho de Curtis (2008), em que a estratégia de planejamento espacial empregada em Perth, Austrália, é examinada. Esta busca atingir padrões de viagens mais sustentáveis a partir da integração do transporte com o uso do solo. A autora constata que este plano se diferencia dos que o antecederam exatamente por focar na acessibilidade a partir desta integração (acessibilidade sustentável). Em contraste, os planos anteriores focavam em prover acessibilidade puramente através do transporte, buscando aumentos na mobilidade (aqui a palavra aumento foi utilizada para realçar a abordagem tradicional de planejamento,

quantitativa, e não qualitativa), assumindo que veículos privados deslocariam a maioria da população para as atividades (acessibilidade “tradicional”).

A acessibilidade, por estar vinculada à noção de proximidade e facilidade de acesso, inclui um fator de impedância, expressa a partir de tempo, custo, distância ou uma função de desutilidade (Kneib e Portugal, 2017). Possui também atrelada a si um fator de atratividade, refletindo as qualidades do destino em potencial (Handy, 2002).

Assim, as condições de acessibilidade, incluindo a impedância associada a uma viagem e as qualidades do destino, promovem a mobilidade praticada em uma dada localidade em consonância com as características (socioeconômicas, culturais, demográficas, etc.) da população, visto que essas características determinam as necessidades, possibilidades de deslocamento e alternativas de escolha das pessoas (Kneib e Portugal, 2017).

A análise da acessibilidade também pode ser feita em diferentes escalas. Kneib e Portugal (2017) dividem uma região metropolitana em três escalas e associam-nas a diferentes objetivos relacionados à sustentabilidade:

- A macroscópica, global, que abrange toda a região metropolitana. Pressupõe a existência de uma rede de transporte público estruturante de grande capacidade integrada aos outros modos disponíveis.
- A mesoscópica, já uma escala considerada local, normalmente se refere a um bairro, região administrativo ou um município periférico. Requer a oferta de transporte público de menor capacidade, integrada à rede citada na escala macroscópica e boas condições para o caminhar e o pedalar.
- A microscópica, também local, prevê a predominância de deslocamentos feitos a pé ou por bicicleta. Por isso, é muito sensível às condições do ambiente construído.

Mello e Portugal (2017) constatam que a determinação da escala territorial adequada é fundamental para o estabelecimento de estratégias direcionadas à acessibilidade na busca de uma determinada mobilidade. Como ao longo deste trabalho serão estudadas áreas nos entornos de estações de metrô do município do Rio de Janeiro, a acessibilidade será abordada em sua escala microscópica.

É preciso, portanto, caracterizar o ambiente construído, apresentando com maior profundidade as dimensões que o compõem, as métricas e indicadores normalmente utilizados

em sua mensuração e suas relações com a mobilidade sustentável, o que será feito ao longo da próxima seção.

2.2 AMBIENTE CONSTRUÍDO

De acordo com Handy *et al.* (2002), há algum tempo a ligação entre o ambiente urbano e o comportamento humano tem sido um tema de grande interesse dentro do campo de planejamento urbano. A ideia de que políticas de uso do solo e de desenho urbano podem exercer influências sobre o padrão de viagens começou a ser explorada quando dificuldades econômicas, físicas e ambientais começaram a limitar a expansão da malha rodoviária.

Desde então, busca-se caracterizar essa ligação a partir de métricas e indicadores. O ambiente construído, devido à sua natureza complexa, pode ser considerado um conceito multidimensional (Handy *et al.*, 2002). Muitos autores buscaram determinar essas dimensões, como o fizeram os próprios Handy *et al.* (2002). A caracterização mais frequentemente utilizada, originalmente concebida por Cervero *et al.* (2009), divide o ambiente construído nas cinco seguintes dimensões (também conhecidas como “5Ds”): densidade, diversidade, desenho urbano, disponibilidade de transporte público e destinos acessíveis. Elas serão descritas mais detalhadamente a seguir, onde também serão apresentados alguns dos indicadores utilizados para quantificá-las e introduzidas suas relações com a mobilidade.

2.2.1 Densidade

A densidade é a dimensão que representa a quantidade de uma atividade/coisa encontrada em uma área (Handy *et al.*, 2002). Ela é medida através da divisão da variável de interesse pela unidade de área. A área pode ser líquida ou bruta, e as variáveis de interesse normalmente variam entre população, unidades habitacionais, empregos e área construída (Ewing e Cervero, 2010).

Ewing e Cervero (2010) conduziram um estudo no qual realizam uma meta-análise de diversas outras pesquisas que buscam compreender a relação entre as dimensões do ambiente construído e padrões de viagem. A partir deste estudo, os autores constataram que a influência da densidade em si no uso de transportes públicos, na caminhada e na distância percorrida em veículos (VMT, do inglês *vehicle miles traveled*) é relativamente fraca. Isto provavelmente indica que a densidade é, na verdade, uma variável intermediária que frequentemente é resultado de outras dimensões (por exemplo, locais com densidades demográficas e de

oportunidades altas normalmente apresentam uso misto do solo, pequeno comprimento das frentes de quadra e grande centralidade, fatores que contribuem para o encurtamento das viagens e encorajam o caminhar).

Ainda segundo os autores, as elasticidades das VMT, da caminhada e do uso do transporte público em respeito à densidade populacional são, respectivamente, -0,04, 0,07 e 0,07 (isso quer dizer que, caso a densidade populacional aumente em 100%, as VMT, a caminhada e o uso do transporte público tendem a variar em -4%, 7% e 7%). Levine *et al.* (2012), por sua vez, verificaram que regiões metropolitanas densas apresentam velocidades médias de deslocamento menores do que regiões menos densas, ao passo que exibem maior proximidade entre origens e destinos. Os autores também constatam que os efeitos da proximidade (aumento da acessibilidade) prevalecem sobre os das velocidades reduzidas (diminuição da acessibilidade), tornando áreas mais densas similarmente mais acessíveis.

Esta relação entre densidade e a mobilidade, no entanto, não foi observada por Cervero *et al.* (2009) em estudo conduzido em Bogotá. Os autores atribuem isto ao fato de que Bogotá, assim como diversas cidades de países em desenvolvimento, apresenta, de forma geral, padrões de densidades altos (assim como os de mistura de usos do solo). Dessa forma, essas dimensões não apresentaram influência estatisticamente significativa nos padrões de viagens observados. Grieco *et al.* (2017) também comentam que densidades excessivas podem saturar infraestruturas e serviços existentes, além de provocar disfunções sociais.

2.2.2 Diversidade

A diversidade diz respeito ao número de diferentes usos do solo encontrados em uma determinada região e ao grau em que cada um é representado, seja ele relacionado à área construída total, à área projetada no lote ou a outras formas de medida, como número de empregos (Ewing e Cervero, 2010).

O indicador mais utilizado na representação da diversidade do uso do solo é a entropia (Cervero *et al.*, 2009; Ewing e Cervero, 2010). Os valores dessa entropia podem variar entre 0 e 1, onde valores baixos representam ambientes com pouca mistura de usos do solo e valores próximos a 1 representam regiões com uso do solo bem diversificado. Quanto a isso, no entanto, Villada (2016) levanta o questionamento: locais com alta entropia (ou seja, apresentam porcentagens razoavelmente similares dos diversos usos presentes) são desejáveis? Ou certos usos devem ser mais expressivos que outros? Em resposta a isso, Song *et al.* (2013) recomendam o uso da entropia baseada em valores de referência, no caso de se conhecer uma

mistura considerada apropriada - Villada (2016) sugere o uso da escala metropolitana como referência (ou seja, a mistura desejada seria a mistura observada na zona metropolitana na qual o local analisado se encontra).

Outras métricas que também podem ser utilizadas na avaliação da diversidade são a proporção de edificações que apresentam diferentes usos verticalmente, seja em número de edificações ou em total de área construída, a proporção de um uso específico que se deseje promover ou outros índices, como o de dissimilaridade (Cervero *et al.*, 2009; Ewing e Cervero, 2010; Song *et al.*, 2013). O ITDP Brasil (2016), por exemplo, busca promover o uso “residencial com atividades complementares”, avaliando positivamente regiões que apresentem grandes proporções de sua área destinadas ao mesmo.

Em respeito à entropia dos diferentes usos do solo, Ewing e Cervero (2010) encontraram elasticidades médias de -0,09, 0,15 e 0,12 para as VMT, para a caminhada e para o uso de transporte público, respectivamente. Em outro estudo, Cervero (2002) encontra elasticidades de -0,340, -0,361 e 0,615 para viagens feitas de automóvel sozinho, de automóvel com um grupo de pessoas e realizadas por transporte público com base na diversidade do uso do solo na origem do deslocamento, e elasticidades de -0,291, -0,165 e 0,452 para as mesmas variáveis em relação à diversidade no destino. A diversidade, neste caso, foi calculada pela razão entre a população e os empregos existentes na zona de análise de tráfego. Pode-se perceber, portanto, a importância de promover o uso misto do solo para incentivar uma mobilidade mais sustentável.

2.2.3 Desenho urbano

O desenho urbano engloba as características da rede de ruas dentro de uma área (Ewing e Cervero, 2010). Faz referência, por exemplo, à distribuição espacial de vias e quadras, à paisagem e à existência (e à qualidade) de infraestrutura e amenidades para pedestres e ciclistas (Grieco *et al.*, 2017).

Segundo o ITDP (2017), uma rede de caminhos e ruas que oferecem múltiplas rotas a um mesmo destino, com uma frequência grande de esquinas e pistas estreitas para automóveis, contribuindo para a redução da velocidade dos veículos, torna viagens realizadas a pé ou por bicicletas mais agradáveis e transformam o espaço público em um ambiente mais animado e dinâmico.

Alguns dos indicadores utilizados na avaliação do desenho urbano são o comprimento médio das frentes de quadra, a densidade de quadras (número de quadras por unidade de área),

densidade de interseções, relação entre o número de arcos e nós existentes na rede (utilizando, para isso, a teoria de grafos), razão entre interseções exclusivas para pedestres e interseções para veículos, largura média das calçadas, porcentagem das fachadas que são visualmente ativas ou permeáveis, entre diversos outros (Ewing e Cervero, 2010; Grieco *et al.*, 2017; ITDP, 2017).

Cervero *et al.* (2009) constataram que em Bogotá, uma cidade que já apresenta bons níveis de densidade populacional e de mistura de diferentes usos do solo, a dimensão que mais influencia a mobilidade ativa (a pé e por bicicleta) e o uso da *Ciclovía* (faixas de rolamento fechadas para veículos motorizados aos domingos e feriados, em moldes parecido ao que ocorre na orla da Zona Sul do Rio de Janeiro) é o desenho urbano. Tomadores de decisão que buscam aumentar a participação modal da caminhada e da bicicleta devem se atentar a políticas de conectividade do ambiente urbano e de regulação do espaço viário.

Sarkar *et al.* (2015) observaram que métricas como a densidade de árvores em ruas e a centralidade de passagem (do termo em inglês *betweenness* ou *betweenness centrality*, que expressa o potencial de movimento através de uma via – vias com maior centralidade de passagem são aquelas que aparecem mais frequentemente nos caminhos mais curtos entre dois pontos) também estão relacionadas com uma maior frequência de caminhadas, na Região Metropolitana de Londres. A densidade de árvores também está associada a deslocamentos a pé mais extensos: de acordo com os autores, isso pode se dar tanto pelo maior conforto ambiental, que se dá por uma questão térmica e também por prover áreas de “escape” do estresse urbano, quanto pela valorização subjetiva do lugar, que leva em consideração fatores como a estética do local.

2.2.4 Disponibilidade de transporte público

Esta dimensão foi originalmente cunhada como distância ao transporte público (*distance to transit*, em inglês) por Cervero *et al.* (2009), que buscavam entender como a presença de estações de transporte público afetavam a opção por transportes ativos na área estudada.

Grieco *et al.* (2017), no entanto, preferem o termo disponibilidade transporte público, cujo significado permite qualificar de forma mais precisa a oferta de transporte público na região, avaliando também, fora a questão da distância às estações, a qualidade do serviço ofertado. Para mostrar a diferença desses conceitos, os autores dão como exemplo os sistemas de transporte público brasileiro, majoritariamente baseados em modalidades rodoviárias: neste

caso, estar próximo a um ponto de ônibus não significa que as necessidades básicas de deslocamento serão satisfeitas com qualidade.

Ewing e Cervero (2010) indica como indicador a média das menores distâncias entre edificações e estações de transporte de uma região. O ITDP (2017) sugere que todos os indivíduos devem estar a no máximo 500 m de uma estação de transporte de baixa capacidade, desde que esse sistema se conecte a um de média ou alta capacidade dentro de 5 km, ou a 1000 m de uma estação de transporte média ou alta capacidade. Também estabelece parâmetros qualitativos, como uma frequência mínima de um veículo a cada 15 minutos e um período de funcionamento entre 7h e 22h.

Ewing e Cervero (2010) apresentaram elasticidades de 0,15 e 0,29 para a caminhada e o uso do transporte público, referente à distância média à estação de transporte público mais próxima. Em estudo realizado em Los Angeles, Houston *et al.* (2014) observaram que a existência de estações de ônibus e de sistemas ferroviários próximos a residências está negativamente associada com a propriedade de um ou mais automóveis. Também constataram que quanto menor a distância uma estação de VLT, maior a incidência de viagens por transportes públicos ou ativos, e que quanto maior o nível de serviço do sistema de transporte público, maior a influência positiva na caminhada e no uso desses sistemas e a negativa nas VMT.

2.2.5 Destinos acessíveis

Em relação às outras dimensões, destinos acessíveis é aquela cujo nome menos permite intuir sobre seu significado. Cervero *et al.* (2009) explicam que ela faz referência a grau de acessibilidade, ou seja, facilidade de acesso, a atividades.

Ao comentarem sobre alguns indicadores utilizados na representação da dimensão, Ewing e Cervero (2010) fazem a distinção entre acessibilidade regional e local. A primeira seria normalmente expressa a partir da distância ao centro de negócios da cidade (CBD, do inglês *central business district*), ao passo que a segunda seria o feito a partir da distância da residência à loja mais próxima. Cervero *et al.* (2009) sugerem o uso do número de certos serviços, como escolas públicas, hospitais, bibliotecas públicas, bancos, *shopping centers* e igrejas, como possíveis variáveis a serem utilizadas na mensuração da dimensão.

Em se tratando de sua relação com a mobilidade, Ewing e Cervero (2010) encontraram que as VMT possuem elasticidade -0,22 em relação à distância ao CBD, e que a caminhada

apresenta elasticidade de 0,15 em relação ao número de oportunidades de emprego dentro de uma milha.

No contexto de países em desenvolvimento, similarmente ao que foi mencionado em referência às dimensões densidade e diversidade, não foi encontrada uma correlação estatisticamente relevante quando estudada esta dimensão em Bogotá, por Cervero *et al.* (2009). Wang *et al.* (2011), por sua vez, estudaram a influência do ambiente construído nos padrões de viagem em Beijing, onde houve uma grande transformação do ambiente construído, de um padrão compacto, com bastante proximidade entre residência, emprego e atividades na China socialista, para um padrão mais espalhado, onde diversos cidadãos são obrigados a realizar grandes deslocamentos para alcançar oportunidades e lazer. Os autores constataram que as viagens a locais de entretenimento nos bairros tradicionais são significativamente menores do que nos bairros mais novos, assim como também o é o uso de modos motorizados nos acessos a esses locais.

2.3 DESENVOLVIMENTO ORIENTADO AO TRANSPORTE SUSTENTÁVEL (DOTS)

O DOTS, segundo Suzuki *et al.* (2013), é definido como um desenvolvimento compacto, no qual há a mistura de diferentes usos do solo, que é convidativo ao pedestre e que se organiza em torno de uma estação de transporte público. Fundamentalmente, abraça a ideia que localizar oportunidades, residências, comércio e outras atividades em torno de estações de transporte público promove o uso desses sistemas e de modos não motorizados.

Em termos já apresentados neste trabalho, o planejamento do ambiente construído, quando em consonância com os princípios do DOTS, promove maior acessibilidade à população através de políticas que desencorajam o uso de veículos individuais e motorizados e que encorajam a utilização de modalidades de transporte mais sustentáveis. Acredita-se, então, que este padrão de desenvolvimento resulte numa mobilidade também mais sustentável do que a se observa em locais cujo desenvolvimento foi orientado ao transporte individual e motorizado.

Ainda segundo Suzuki *et al.* (2013), os principais objetivos do DOTS são criar formas urbanas, a partir da integração do transporte público com o uso do solo, que: reduzam a necessidade de viagens por veículos individuais e motorizados; sejam caminháveis e pedaláveis, se tornando atrativos para as pessoas lá morarem, trabalharem, interagirem, aprenderem e se entreterem; promovam um desenvolvimento inclusivo e aumentem a

competitividade econômica da região, reduzindo também os níveis de poluição e as emissões de gases de efeito estufa.

O conceito de DOTS certamente não é algo novo no mundo do planejamento urbano. Não só o termo foi originalmente cunhado há cerca de 30 anos por Peter Calthorpe, mas Carlton (2009) também traz à tona a ideia de que este não passa de um novo nome para um conceito antigo. O autor cita o desenvolvimento dos bairros da cidade de Nova York ao longo das linhas elevadas de trem, e, em um exemplo mais extremo, a localização de Ur, cidade-estado na antiga Mesopotâmia fundada em cerca de 3.800 a.C., na foz do Rio Eufrates, que permitia o transporte de cargas e passageiros.

Ainda segundo Carlton (2009), o conceito de DOTS surge num contexto em que começaram a surgir grupos contrários ao modelo de desenvolvimento norte-americano, caracterizado pelo espalhamento da forma urbana com áreas residenciais concentradas em subúrbios, que estudavam a ligação entre este modelo, o tráfego e a poluição. Esse período coincidiu com a descoberta, por parte das agências de transporte público norte-americanas, que maiores densidades populacionais estavam associadas à maior facilidade de financiamento de projetos e arrecadação de recursos. Dessa forma, esses dois conjuntos de atores começaram a desenvolver sinergias quanto à defesa por um desenvolvimento denso e orientado ao pedestre.

Ao mesmo tempo, um grupo de urbanistas, incluindo Peter Calthorpe, começaram a promover e participar de pesquisas que abordavam este tema, visto que corroboravam com suas alegações que bairros neo-tradicionais (bairros tradicionais são aqueles que, por terem surgido antes da invenção de meios de transportes motorizados, apresentavam forma compacta e uma boa mistura entre os usos residenciais e os demais) traziam grandes benefícios às comunidades. Diferentemente de períodos anteriores, esses diferentes conjuntos de atores buscaram coordenar suas propostas e atuações, resultando na sobreposição dos bairros neo-tradicionais com a provisão de transporte público. Emerge, deste contexto, o conceito de DOTS.

O ITDP (2017) ressalta os principais aspectos do DOTS que levam ao crescimento adequado da forma urbana através de 8 princípios. São eles:

1. Caminhar – Criar bairros que estimulem as pessoas a andar a pé;
2. Pedalar – Priorizar redes de transporte ativo;
3. Conectar – Criar redes densas de ruas e caminhos;
4. Transporte público – Prover acesso a sistemas de transporte coletivo de qualidade confiáveis e integrados à cidade;

5. Misturar – Estimular a mistura de usos do solo e a diversidade demográfica de renda;
6. Adensar – Otimizar a densidade de ocupação de forma correspondente à capacidade do transporte coletivo;
7. Compactar – Reestruturar as áreas urbanas para encurtar as viagens casa-trabalho-casa;
8. Mudar – Aumentar² a mobilidade regulamentando o uso de estacionamentos e de vias públicas por veículos individuais motorizados.

Salat e Ollivier (2017) também estabelecem 8 princípios para a implementação do DOTS, baseados em experiências internacionais relacionadas ao tema:

1. Alinhar densidades populacionais, densidades econômicas, características da rede de transporte público e sua capacidade;
2. Criar regiões compactas com viagens rotineiras curtas;
3. Garantir a resiliência de áreas conectadas por transporte público de média e alta capacidade;
4. Planejar e zonedar em um nível de corredor, visando bairros com usos do solo mistos e uma população composta por habitantes de diferentes faixas de renda;
5. Criar espaços vibrantes e orientados às pessoas, próximos às estações de transporte público;
6. Formar bairros que promovam a caminhada e a pedalada;
7. Estabelecer um transporte público integrado à cidade, de boa qualidade e acessível;
8. Gerir a demanda de veículos privados.

Indo além da definição de DOTS e dos princípios que projetos/empreendimentos de desenvolvimento urbano devem seguir, alguns autores buscaram também definir quais características devem ser observadas em iniciativas bem-sucedidas de DOTS.

Newman (2005), por exemplo, estabelece que projetos exitosos de DOTS contam com: políticas estratégicas para centralidades, estabelecendo aonde, com que densidade e com que

² A descrição dos princípios foi retirada de ITDP (2017). Como visto ao longo do item 2.1, o termo mais adequado aqui talvez não fosse “aumentar”, e sim “melhorar” ou “tornar mais sustentável”. Caso se insistisse no termo “aumentar” poderia ter sido utilizado “aumentar a mobilidade ativa”, ou algo do tipo.

tipo de mistura de usos as mesmas devem ocorrer; políticas estratégicas para transportes públicos de média e alta capacidade, os quais devem ligar as centralidades; uma base estatutária que requer a implementação das densidades e dos projetos desenvolvidos para cada centro, preferencialmente por uma agência de desenvolvimento do governo; mecanismos de financiamento a partir de parcerias público-privadas para construir/reformar e operacionalizar o sistema de transporte considerado.

Jacobson e Forsyth (2008) determinam, após a análise de diferentes estudos de casos, boas práticas no planejamento de projetos de DOTS, divididas em três diferentes grupos:

- Processos – entender que o planejamento e o desenvolvimento de bons espaços requerem tempo; engajar o público e especialistas e empregá-los como colaboradores; programar a ocorrência de atividades a diferentes horários do dia, da semana e do ano; investir na manutenção dos espaços.
- Espaços – projetar na escala humana; prover espaços públicos que acomodam uma variedade de usos e usuários; utilizar o projeto e estratégias de programação de atividades para aumentar a segurança; permitir e incentivar a variedade e a complexidade dos locais, fugindo de áreas uniformes; criar conexões entre espaços.
- Instalações – projetar calçadas e travessias apropriadas para o uso dos pedestres; integrar o transporte público e suas instalações ao padrão urbano; não esquecer (mas não dar ênfase exagerada) do movimento e do estacionamento dos automóveis.

Os princípios e as boas práticas apresentadas aqui podem servir como elementos norteadores para iniciativas que visem o DOTS em uma determinada área. Este conceito vem servindo como base para a elaboração de diversos projetos e manuais, no Brasil e no mundo. Alguns desses empreendimentos serão apresentados na próxima seção.

2.3.1 Iniciativas de DOTS no Brasil e no mundo

Esta seção visa apresentar projetos elaborados com base no conceito de DOTS, seja no Brasil ou em outros países. Enquanto algumas dessas iniciativas saíram do papel, tomando aspecto concreto e apresentando resultados diversos (uns muito bons, outros nem tanto), outras

foram desenvolvidas sob a forma de planos de mobilidade, planos diretores e manuais, muitas vezes esbarrando em obstáculos legais, culturais ou econômicos, mas ainda assim se mostrando relevantes.

Em nosso país, projetos e iniciativas de DOTS são algo recente. Embora o conceito tenha sido cunhado há cerca de 30 anos, sua utilização na elaboração de políticas públicas, planos diretores e de mobilidade no Brasil data a partir dos anos 2010.

O Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo (PDE), lei nº 16.050, de 31 de julho de 2014 (São Paulo, 2014), talvez seja o maior exemplo de plano brasileiro em harmonia com o conceito de DOTS. Ele se orienta pelas seguintes diretrizes:

1. Socializar os ganhos da produção da cidade – combater a terra ociosa que não cumpre a função social; arrecadar imóveis abandonados e dar destinação social; implementar a cota de solidariedade; aplicar a outorga onerosa sobre o valor de mercado, com atualização anual.
2. Assegurar o direito à moradia digna para quem precisa – implementar a política habitacional; reduzir o déficit habitacional com a duplicação da área demarcada como ZEIS para produção de moradia popular.
3. Melhorar a mobilidade urbana – priorizar o transporte público, cicloviário, e a circulação de pedestres; qualificar as condições de mobilidade e a integração entre os meios de transporte; desestimular o uso do transporte individual motorizado; reduzir o tempo de viagem da população; elaborar o plano municipal de mobilidade e de infraestrutura aeroviária; estimular o compartilhamento de automóveis para reduzir o número de veículos em circulação.
4. Qualificar a vida urbana dos bairros – incentivar a fachada ativa; ampliar a rede de equipamentos urbanos e sociais (educação, saúde, esportes, cultura, assistência social e segurança alimentar); elaborar os planos regionais das subprefeituras e planos de bairro de forma participativa; ampliar a quantidade de parques na cidade; acabar com a exigência do número mínimo de vagas de automóveis.
5. Orientar o crescimento da cidade nas proximidades do transporte público – promover adensamento habitacional e de atividades urbanas ao longo do sistema de transporte público; qualificar centralidades existentes e estimular a criação de novas centralidades; ampliar a oferta de habitação de interesse social (HIS)

e equipamentos urbanos e sociais nas proximidades do sistema de transporte público; qualificar a vida urbana com ampliação das calçadas e estímulo ao comércio, serviços e equipamentos urbanos e sociais voltados para a rua; desestimular vagas de garagem.

6. Reorganizar as dinâmicas metropolitanas – articular os municípios da metrópole com arcos, territórios estratégicos para reequilibrar as dinâmicas; melhorar a qualidade de vida com projetos urbanos; indicar estratégias para enfrentar áreas subutilizadas; definir incentivos urbanísticos e fiscais para levar emprego aos perímetros de incentivo ao desenvolvimento econômico.
7. Promover o desenvolvimento econômico da cidade – distribuir equitativamente a oferta de emprego na cidade, com polos estratégicos de desenvolvimento econômico; proteger áreas industriais existentes e criar novas áreas aptas a atrair investimento em atividades produtivas; potencializar a capacidade criativa e o conhecimento científico e tecnológico, com polos de economia criativa e parques tecnológicos; promover a infraestrutura necessária ao desenvolvimento sustentável.
8. Incorporar a agenda ambiental ao desenvolvimento da cidade – ampliar as áreas verdes; conservar e recuperar o meio ambiente e a paisagem, com a proibição de novos parcelamentos para usos urbanos na macroárea de contenção urbana e uso sustentável; criar o polo de desenvolvimento rural sustentável; definir diretrizes para o Plano Municipal de Saneamento Ambiental Integrado.
9. Preservar o patrimônio e valorizar as iniciativas culturais – integrar e articular os bens culturais do município; promover a participação popular na identificação, proteção e valorização do patrimônio cultural; incentivar a preservação de bens culturais estabelecendo benefícios urbanísticos, como a transferência do potencial construtivo.
10. Fortalecer a participação popular nas decisões dos rumos da cidade – princípio de gestão democrática (direito à participação popular); processo permanente, descentralizado e participativo de planejamento; divulgação à população dos documentos e informações sobre a implementação do Plano Diretor; mecanismos de financiamento para realização dos objetivos e diretrizes do Plano Diretor através dos fundos municipais; plano de ação das subprefeituras atualizados a cada 4 anos.

O PDE não faz menção direta ao DOTS, embora constata-se que muitas das medidas propostas pelas diretrizes estão em consonância com o mesmo. Assim, Moura *et al.* (2016) identificaram como essas diretrizes estão associadas com os princípios de DOTS do ITDP (2017). A análise empregada pelos autores evidenciou que as diretrizes 1 a 7 (numeradas anteriormente) possuem relações com os princípios de DOTS, buscando racionalizar o desenvolvimento da cidade com orientação ao longo dos eixos dos corredores de transporte. A Tabela 2.2 apresenta essas relações.

Tabela 2.2 – Relações entre as diretrizes do PDE e os princípios de DOTS do ITDP

Diretriz	Relações com os princípios do DOTS
Socializar os ganhos de produção da cidade	Pode viabilizar o aprimoramento das condições de circulação de pedestres e ciclistas e a adequação da infraestrutura urbana para o adensamento construtivo e populacional. Políticas habitacionais podem também garantir boas condições de inserção urbana à parcela da população de menor renda, levando a uma maior diversidade de níveis de renda.
Assegurar o direito à moradia digna para quem precisa	Pode consolidar usos mistos do solo em áreas predominantemente comerciais e de serviços e estimular a adesão ao transporte público em função da maior acessibilidade proporcionada.
Melhorar a mobilidade urbana	Tem potencial para estimular o uso de transporte público, bicicletas e caminhadas graças à ampliação do acesso e à melhoria das condições do espaço urbano.
Qualificar a vida urbana nos bairros	Estimula o transporte ativo, além de tornar propício o estabelecimento de um modo de vida menos dependente de veículos individuais motorizados.
Orientar o crescimento da cidade nas proximidades do transporte público	As medidas estabelecidas nessa diretriz contribuem para o adensamento, o uso misto e o desenvolvimento compactado ao longo dos eixos de transporte público. Também avança em relação à política de estacionamento com a eliminação da exigência de vagas de garagem.
Reorganizar as dinâmicas metropolitanas	Podem contribuir com o desenvolvimento compacto no âmbito da Região Metropolitana de São Paulo, potencializando o acesso equilibrado às oportunidades urbanas e minimizando a necessidade de longos deslocamentos pendulares.
Promover o desenvolvimento econômico da cidade	Contribui para o desenvolvimento compacto do município associado à área central da cidade e à rede de transporte público. Consolida também um modo de vida vinculado à escala local, favorecendo o uso de transportes ativos.

Fonte: Elaboração própria. Relações estabelecidas por Moura *et al.* (2016).

Outro exemplo de plano diretor brasileiro alinhado com o conceito de DOTS é o Plano Fortaleza 2040. Ele se estrutura em 7 diferentes eixos estratégicos de desenvolvimento: equidade territorial, social e econômica; cidade conectada, acessível e justa; vida comunitária, acolhimento e bem-estar; desenvolvimento da cultura e do conhecimento; qualidade do meio ambiente e dos recursos naturais; dinamização econômica e inclusão produtiva; governança municipal (Fortaleza, 2017b).

O eixo “Cidade conectada, acessível e justa” se operacionaliza por meio da implementação integrada do Plano Mestre Urbanístico e de Mobilidade e o Plano de Mobilidade e Acessibilidade Urbana (Sanford, 2018). Ele contempla: a reorganização da forma urbana de Fortaleza; a implementação de corredores de urbanização, conectando policulturalidades; a ampliação do acesso do cidadão aos bens, serviços públicos e oportunidades de emprego e renda; a ampliação do uso misto do solo e da diversificação de atividades disponíveis; o fortalecimento das identidades dos bairros; a valorização e a vitalização dos centros urbanos e dos espaços públicos; a ampliação da acessibilidade e da conectividade urbana para melhoria da qualidade de vida da população; e um conjunto de projetos para áreas específicas da cidade (Fortaleza, 2017b). Se desdobra em 5 objetivos estratégicos:

- Cidade compacta, acessível e conectada;
- Espaços e serviços públicos alocados amplamente no conjunto do território municipal;
- Centro urbano reabilitado;
- Espaços públicos equipados, seguros e integradores;
- Transporte público de qualidade.

Assim como o Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo, pode-se perceber um grande alinhamento por parte do Plano Mestre Urbanístico e de Mobilidade e do Plano de Mobilidade e Acessibilidade Urbana com o conceito de DOTS.

O Plano Mestre Urbanístico e de Mobilidade conta ainda com 21 Planos Específicos, abrangendo diferentes regiões de Fortaleza. São consideradas áreas com usos em declínio comprovável, espaços e estruturas urbanas com baixa viabilidade ou uso inadequado, e muitas outras situações. Esses Planos Específicos podem ajudar a estabelecer meios para desenvolver

um alto potencial de conectividade a partir dos novos sistemas de transportes propostos integrados com o estoque habitacional (Fortaleza, 2017a).

Um desses planos é o Plano Específico da Praia do Futuro. Sanford (2018) estuda as ações previstas pelo Plano e também as associa aos princípios de DOTS do ITDP (2017). Ele constata que as ações estão em consonância com todos os 8 princípios, mas suas efetivações e viabilidades se mostram um grande desafio.

Segundo o autor serão necessárias: profundas alterações na legislação urbanística municipal, como a adequação do macrozoneamento ambiental existente para que este contemple as áreas de preservação ambiental propostas, e a atualização da lei do sistema viário para que o corredor de transporte proposto se torne viável; estratégias que atuem sobre os mercados financeiro e imobiliário, visando atrair investidores e moradores para a região; pesquisas e estudos mais aprofundados para buscar formas de realocar a população que reside em assentamentos precários na região para os locais previstos e para implementar as edificações previstas no Plano, visto que muitas quadras da região já se encontram bem consolidadas.

Se afastando dos planos diretores e de mobilidade, pode-se citar o manual elaborado em conjunto pelo Ministério das Cidades e pelo ITDP Brasil que dá parâmetros referenciais para a qualificação da inserção urbana de empreendimentos Minha Casa Minha Vida. O caderno tem como objetivo completar informações de caráter normativo e busca contribuir para a qualificação da inserção urbana e do projeto dos empreendimentos, visando integrar políticas públicas setoriais e o desenvolvimento urbano sustentável (Ministério das Cidades e ITDP Brasil, 2017).

A avaliação proposta no manual divide 16 parâmetros referenciais em 5 temas:

- Acesso viário empreendimento-entorno – geometria das vias de acesso ao empreendimento; trânsito de pedestres; trânsito de bicicletas; conexões do empreendimento com o entorno.
- Acesso ao transporte público coletivo – proximidade de embarque no transporte público coletivo; diversidade de opções de transporte público coletivo; frequência de opções de transporte público coletivo; informações sobre opções de transporte público coletivo.
- Acesso a atividades de lazer, cultura e esporte – acesso a atividades de lazer e cultura; acesso a práticas esportivas.

- Acesso a estabelecimentos de comércio e serviços – acesso a estabelecimentos de uso cotidiano; acesso a equipamentos de uso eventual;
- Acesso a equipamentos públicos comunitários – acesso a escolas públicas de educação infantil (0-5 anos); acesso a escolas públicas de ensino fundamental (6-14 anos); acesso a equipamentos de proteção social básica (CRAS); acesso a equipamentos de saúde básica (UBS).

Percebe-se que os parâmetros fazem referências às dimensões do ambiente construído de Cervero *et al.* (2009), com exceção da dimensão “densidade”. Também se observa um grande alinhamento do manual com o conceito de DOTS. Ele avalia positivamente empreendimentos que estejam integrados à forma urbana pré-existente, que incentivem o uso de modos de transporte ativo, que estejam servidos por transporte público de qualidade e em quantidade suficiente e que possuam boa oferta de atividades e serviços em locais próximos.

As iniciativas e projetos de DOTS são mais numerosos no exterior, embora muitos não tenham conseguido alcançar os objetivos estipulados pelo conceito. Carlton (2009) cita o exemplo do sistema de Transporte Público Rápido da Baía de São Francisco (do inglês *Bay Area Rapid Transit system*) que antecipou diversos projetos de desenvolvimento do tipo DOTS em torno de suas estações nos anos 1990, mas que até 2007 vinha tendo dificuldades para encorajar iniciativas do tipo. O autor atribui essa dificuldade a diversas características das cidades norte-americanas, como a existência extensiva de estacionamento gratuito, ambientes inadequados para pedestres em torno de estações de transporte, má qualidade do transporte público, mistura de usos incorreta próximo a estações, falta de uma ligação entre habitações e empregos e códigos de zoneamento antiquados.

Newman (2005) analisa a abordagem de planejamento urbano observada em cidades australianas, buscando entender se iniciativas de DOTS podem ser encontradas nas mesmas e o quão bem-sucedidas são. Em se tratando das duas maiores cidades do país, Sydney apresenta diversos bairros cujo desenvolvimento se alinha com os conceitos de DOTS e conta com uma estratégia metropolitana baseada em aumentar o número de centralidades e liga-las com transporte público de média/alta capacidade, desestimulando o crescimento de subúrbios. Melbourne, por outro lado, embora conte com um plano que visa o desenvolvimento em torno das linhas de transporte público, vem enfrentando grande oposição na implementação de iniciativas de DOTS por não possuir tradição nesse tipo de desenvolvimento como Sydney

(exibe, por exemplo, grandes centros comerciais afastados dessas linhas). Até o momento, portanto, o plano não tem obtido sucesso.

Salat e Ollivier (2017) descreve o processo de desenvolvimento de Hammarby Sjöstad, distrito de Estocolmo. Antes industrial, o distrito foi convertido em um local moderno, ambientalmente sustentável, com uso do solo misto, e que conta com boas conexões por transporte público e um bom planejamento urbanístico. São observadas diversas características alinhadas com os princípios de DOTS, como uma densidade demográfica significativa, o acesso a diversos modos de transporte público, a ênfase na redução do uso do automóvel em viagens para trabalho e estudo e políticas progressivas relacionadas a habitação e moradia.

Ainda segundo os autores, o plano contava com três objetivos relacionados ao transporte: 80% das viagens de moradores e residentes seria feita por transporte público ou por transportes ativos; pelo menos 15% das unidades habitacionais seria filiada a programas de compartilhamento de carros, assim como 5% dos locais de trabalho; 100% do transporte pesado feito por veículos respeitaria as restrições ambientais do local. As expansões do distrito contavam com o aumento da oferta de serviços de ônibus, da infraestrutura para pedestres e bicicletas, do serviço de barcas e com a expansão das linhas de VLT.

O desenho urbano do distrito promove altas densidades, com edificações de 4 a 5 andares ao longo do canal do lago da região e de 6 a 8 andares ao longo dos corredores de transporte. Quadras de 70 m por 100 m, prédios com misturas verticais de uso e fachadas visualmente ativas contribuem com um ambiente amigável para o pedestre.

O projeto de desenvolvimento resultou em uma comunidade com aproximadamente 20.000 habitantes e 10.000 oportunidades de emprego. Ele conta com diversos programas educacionais, recreativos e culturais. Balanceia espaços públicos e privados e provê moradia de alta qualidade, voltadas para o interesse social ou não. O distrito é agora uma região de classe média cujo valor do solo aumentou em cerca de 4 a 5 vezes desde o começo do projeto.

Existem, como mostrado aqui, diversas iniciativas e projetos que se alinham com o conceito de DOTS no Brasil e no mundo. Surge a necessidade, assim, de se desenvolver metodologias que analisam o ambiente construído e avaliam o quão orientado ao transporte sustentável ele é, buscando auxiliar no desenvolvimento de políticas públicas que estejam alinhadas com as necessidades locais. Algumas dessas metodologias serão apresentadas a seguir.

2.3.2 Metodologias de avaliação do ambiente construído a partir do conceito de DOTS

Com a evolução do conceito de DOTS e do planejamento de transporte integrado, preocupado tanto com o sistema de transportes quanto com o entorno urbano, cresceu também a preocupação com a mensuração e avaliação do ambiente construído. Estudar o mesmo e entender quais seus defeitos e qualidades é importante para que se possa propor ações que o impactem de forma positiva. Nesta seção serão apresentadas 5 metodologias que avaliam o ambiente construído, diferentes seja pelos princípios seguidos, pelas premissas adotadas ou pelos métodos matemáticos/computacionais utilizados.

a) TOD Index

Esta metodologia, elaborada por Singh *et al.* (2014), utiliza 5 diferentes métricas agrupadas em 4 critérios: densidades urbanas, dividida entre densidade residencial e comercial, diversidade de uso do solo, desenho do espaço urbano e nível de desenvolvimento econômico. As métricas são calculadas com o auxílio de uma ferramenta de geoprocessamento, como o QGIS, para que posteriormente seja utilizada uma ferramenta de Análise Espacial Multicritério, depois de dividir a região em uma grade com diversas células. O resultado é um mapa que apresenta o TOD Index para várias partes da área estudada, sendo possível identificar locais menos e mais alinhados com o conceito de DOTS de forma visual.

Cada critério é ranqueado para que se chegue a um peso associado ao mesmo. Esse *ranking* pode ser feito a partir da consulta a um ou mais grupos de atores envolvidos com projetos de planejamento urbano e de transportes na área. Os indicadores são então normalizados, e o valor final do TOD Index para cada célula é o resultado da multiplicação entre o valor normalizado do indicador e o peso associado ao mesmo.

A pontuação pode variar entre 0 e 100, quando todos os indicadores de uma determinada célula apresentaram o maior valor dentre os observados. No entanto, como os valores desses indicadores são normalizados com base nos mínimos e máximos encontrados para a área, não se pode utilizar o TOD Index para comparar regiões que compõem diferentes estudos.

b) Índice do Ambiente Construído Orientado à Mobilidade Sustentável

Este índice, desenvolvido por Grieco (2015), busca representar o ambiente construído quantitativamente, através das 5 dimensões estabelecidas por Cervero *et al.* (2009), e enquadrá-lo em uma categoria de potencial de viagem sustentáveis (alto, médio ou baixo). Toma como premissa, portanto, que ambientes construídos bem estruturados levam a padrões de viagens sustentáveis.

Cada dimensão é representada por um indicador e, dependendo do valor do mesmo, pode ser enquadrada em uma categoria baseada no incentivo da mesma à mobilidade sustentável. Para isso são estabelecidos valores de referência, e o multiplicador utilizado para representar a dimensão é baseado na relação entre esse valor de referência e o valor de cada indicador. Pode ser 1, no caso do padrão observado ser desfavorável à mobilidade sustentável, 2, ou 3, caso observe-se um padrão melhor do que o definido como referência.

As dimensões possuem também um fator de importância associadas a si. A soma desses fatores deve ser 100, e sua distribuição entre cada dimensão procura representar o grau de importância de cada uma na geração de viagens sustentáveis na região (Grieco, 2015). A autora sugere que esse fator seja definido com base em pesquisas de campo ou, caso isso não se mostre possível, a partir de uma revisão da literatura existente.

O valor final do índice é dado a partir do somatório dos multiplicadores pelos fatores de importância. Caso a pontuação resultante esteja entre 100 e 140 pontos, o potencial é considerado baixo; caso esteja entre 141 e 259, médio; e caso esteja entre 260 e 300, alto.

c) Ferramenta para Avaliação do Potencial de DOTS em Corredores de Transportes

O ITDP Brasil (2016) criou esta ferramenta com o objetivo de avaliar o potencial de promoção de projetos de DOTS em torno de estações de transporte público de média e alta capacidade. A metodologia foi originalmente concebida para utilização na fase de planejamento dos corredores, em um nível estratégico, numa escala regional ou metropolitana (ITDP Brasil, 2017b). Ela é dividida em duas fases distintas.

Na primeira são avaliadas 13 métricas divididas em 5 diferentes temas: uso e ocupação do solo, infraestrutura de saneamento básico, conectividade do espaço urbano, condições de circulação para transportes ativos e diversidade socioeconômica. As métricas podem assumir pontuações entre 0 e 5, dependendo dos valores observados e suas relações com os valores

estabelecidos como referência. Cada tema possui um peso associado a si, definindo a participação do mesmo na composição final da pontuação, que pode variar entre 0 e 100. As áreas estudadas, ao final, são categorizadas em níveis de desempenho, com base na pontuação total obtida, podendo estes serem alto, médio ou baixo.

Na segunda, é analisada a percepção de diferentes atores qualificados sobre a viabilidade política, econômica, social e técnica da implementação de projetos nas áreas analisadas (ITDP Brasil, 2016). Essa fase, entretanto, não será abordada neste trabalho.

Diversos trabalhos acadêmicos e estudos de casos já foram desenvolvidos utilizando esta ferramenta, como os casos de Souza (2016), ITDP Brasil (2017a; 2018) e Sanford (2018), o que facilita a aplicação da metodologia e contribui para o corpo de conhecimento associada à mesma.

d) Procedimento Metodológico para a Aplicação do TOD em Países em Desenvolvimento

Desenvolvida por Villada (2016), essa metodologia se diferencia das demais por adicionar uma etapa anterior à avaliação do ambiente construído. O autor introduz uma fase de avaliação da mobilidade praticada no local para aferir a necessidade de investimentos em ações que promovam maior acessibilidade e para estabelecer quais regiões devem ser priorizadas nessas ações.

O procedimento conta com um índice de mobilidade sustentável, chamado N_{TOD} . Sua composição é dada pelo somatório das multiplicações entre 5 diferentes indicadores, cada um representando um atributo da mobilidade sustentável como definido por Mello (2015), e seus respectivos pesos, estabelecidos a partir de pesquisa com especialistas, acadêmicos e tomadores de decisões.

Caso o valor do N_{TOD} esteja abaixo de um valor de referência previamente estabelecido (o autor sugere 0,75) julga-se necessário intervir no ambiente urbano. O autor propõe que, de forma a balizar mais adequadamente os investimentos realizados, seja realizada uma pesquisa com os mesmos atores comentados anteriormente com o objetivo de estabelecer quais dimensões do ambiente construído de Cervero *et al.* (2009) possuem maior influência em cada um dos atributos da mobilidade sustentável.

Cada uma dessas dimensões é representada por um indicador. Caso observe-se que os valores encontrados para esses indicadores são menores (ou, se não menores, mais afastados) do que os definidos como de referência, estabelecidos pelo autor a partir de revisão

bibliográfica da literatura existente, entende-se que ações que ajam sobre as dimensões problemáticas devem ser formuladas.

e) TOD Standard

O TOD Standard é uma metodologia desenvolvida pelo ITDP (2017) que se encontra em sua terceira versão. Ela foi originalmente concebida para avaliar projetos de desenvolvimento, embora também possa ser utilizada na avaliação de áreas no entorno de estações de transporte público. Também oferece um sistema de certificação, similar a metodologias como a LEED, utilizada na construção civil, que premia projetos com os status de ouro, prata e bronze.

O sistema de avaliação utilizado distribui 100 pontos em 25 métricas, utilizadas para mensurar os 8 princípios de DOTS mencionados na seção 2.3.1. A maior parte das métricas é quantitativa, embora algumas sejam qualitativas (é o caso de métricas utilizadas na avaliação da existência de uma legislação, por exemplo).

Esta metodologia, ao contrário da “Ferramenta para Avaliação do Potencial de DOTS em Corredores de Transportes”, é utilizada na análise de uma área na escala de bairro (ITDP Brasil, 2017b). Por isso, e também pela natureza de algumas métricas, de difícil armazenamento em uma base de dados, principalmente georreferenciada (como no caso da métrica que avalia a porcentagem da fachada que é visualmente ativa), a aplicação da mesma exige um grande esforço de coleta de dados em campo.

Vale a menção de que o ITDP, em 2014, divulgou uma lista de 50 projetos de desenvolvimento que haviam sido avaliados pela metodologia ao redor do mundo (disponível em <https://www.itdp.org/publication/tod-scores/>). Embora essas avaliações tenham sido realizadas com uma versão anterior da ferramenta, é interessante notar o poder que a metodologia possui em conferir uma base de referência aos projetos, a pontuação em um determinado momento, e a utilidade de se comparar diferentes projetos ao redor do mundo a partir dos mesmos princípios e métricas.

2.4 SÍNTESE

Como foi visto ao longo dessa revisão, transporte, mobilidade e acessibilidade são conceitos que andam juntos e possuem grande relação entre si. Exatamente por esta

proximidade, parece haver grande confusão no uso desses termos, principalmente em se tratando de suas relações com a acessibilidade.

O transporte sustentável é caracterizado como os sistemas de transporte considerados mais ambientalmente amigáveis, econômicos e inclusivos. São eles os transportes públicos, principalmente os de média e alta capacidade, e os ativos. Boas infraestruturas para esses modos, assim como bons níveis de serviço dos mesmos, porém, não são suficientes para garantir a prática da mobilidade sustentável.

Existe também, na literatura, a visão idealizada que o planejamento integrado dos sistemas de transportes com o uso e a ocupação do solo, provendo o que se chama de acessibilidade sustentável, implica na mobilidade sustentável. Esta, no entanto, ainda depende das características da população que realiza as viagens. Por exemplo, um indivíduo pode simplesmente optar pelo uso do automóvel em vez do metrô por uma questão de gosto.

Observou-se também que a acessibilidade microscópica, essencial para promover os modos de transporte ativos, é muito sujeita às condições do ambiente construído local. Esse ambiente foi caracterizado conforme o fizeram Cervero *et al.* (2009), e algumas relações entre os indicadores que representam cada uma das dimensões do mesmo e indicadores utilizados para descrever a mobilidade foram apresentadas.

Buscou-se, com isso, respaldar teoricamente o DOTS, que busca, primariamente, incentivar o uso de modos de transporte considerados sustentáveis. Foram introduzidos alguns projetos de DOTS no Brasil e no mundo para também se entender como esse conceito vem sendo aplicado na prática.

Ao final, foram apresentadas algumas metodologias que utilizam o conceito de DOTS na avaliação do ambiente construído. A maior parte, com a exceção da que foi desenvolvida por Villada (2016), parte da premissa que boas condições de acessibilidade levarão à prática de uma mobilidade sustentável. Singh *et al.* (2014) e Grieco (2015) utilizam indicadores que representam as dimensões do ambiente construído de Cervero *et al.* (2009) para compor seus índices. ITDP Brasil (2016) e ITDP (2017) utilizam métricas que avaliam condições de caminhabilidade, de pedalada, de mistura de uso do solo, etc.

Em comum, está o fato de que nenhuma dessas metodologias avalia a mobilidade para entender se de fato são necessárias intervenções no ambiente, e, caso sejam, em que pontos devem focar. Villada, ao propor sua metodologia, busca preencher essa lacuna. Devido a essa mudança de paradigma, essa será uma das metodologias estudadas de forma mais aprofundada neste trabalho.

A outra metodologia escolhida foi a do ITDP Brasil, uma vez que esta representa a abordagem tradicional de avaliação o ambiente construído, foi desenvolvida com o contexto brasileiro em mente, o que é revelado pelos dados que utilizam, amplamente disponíveis em todo o território do país, e já foi amplamente estudada em outros trabalhos, acadêmicos ou não.

3 CARACTERIZAÇÃO DAS METODOLOGIAS ESTUDADAS

Duas metodologias são estudadas de forma mais aprofundada ao longo do trabalho: a “Ferramenta para Avaliação do Potencial de DOTS em Corredores de Transportes” (chamada de metodologia do ITDP) e o “Procedimento Metodológico para a Aplicação do TOD em Países em Desenvolvimento” (metodologia de Villada).

Neste capítulo, essas metodologias são apresentadas, buscando a familiaridade com as premissas em que se baseiam, a sistematização de suas aplicações e os critérios utilizados na proposição de ações de intervenção nas áreas. Ao final, as duas metodologias são comparadas, com o propósito de se explicitar as diferenças entre elas e ressaltar as vantagens e desvantagens de cada uma.

3.1 METODOLOGIA DO ITDP

O objetivo desta metodologia é avaliar corredores de transporte de média e alta capacidade quanto ao potencial de promoção de projetos de DOTS no entorno de suas estações (ITDP Brasil, 2016). A sua aplicação e consequente análise dos resultados fornece subsídios para a identificação de oportunidades de desenvolvimento que busquem oferecer soluções tangíveis para os problemas observados nas condições do ambiente urbano da área.

Esta foi desenvolvida partindo da premissa que as métricas que a compõe possam ser calculadas a partir de bases de dados de fácil aquisição, visando ampliar o alcance de suas contribuições. Também é uma ferramenta que apresenta um olhar estratégico ao processo de desenvolvimento de um corredor de transportes, não devendo ser utilizada na elaboração de projetos e em fases operacionais (ITDP Brasil, 2016). Nos casos em que se deseja um olhar tático ou operacional, a ferramenta indicada é o “Padrão de Qualidade DOTS” (ITDP, 2017), a partir da qual se indicam aspectos importantes na concepção do projeto e arranjos pertinentes à sua governança e financiamento (ITDP Brasil, 2017b).

A área de estudo nesta metodologia, chamada de “área de estação”, compreende uma circunferência com raio entre 400 m e 1000 m, na qual a estação estudada se insere como ponto central. O raio é definido de modo que represente uma distância razoável para o acesso à estação pela caminhada (ITDP, 2017).

A metodologia, como comentado anteriormente, é dividida em duas fases. Na primeira (chamada de “fase 1” neste trabalho) são avaliadas diferentes métricas, utilizadas para compor uma pontuação que evidencia o desempenho do entorno das estações quanto as condições do

seu espaço urbano para projetos de DOTS (ITDP Brasil, 2016). Portanto, quanto maior a pontuação, maior o potencial que a área estudada tem de abrigar iniciativas de DOTS (analisando-se estritamente o ambiente construído), e menor são os investimentos necessários para isso.

Na segunda (chamada de “fase 2”), é analisada a percepção de diferentes atores qualificados sobre a viabilidade política, econômica, social e técnica da implementação de projetos nas áreas analisadas (ITDP Brasil, 2016). Essa fase, embora não seja abordada neste trabalho, é de suma importância para a ferramenta. Nela são avaliadas questões de natureza não quantitativa que são cruciais para projetos de DOTS e que podem estabelecer como se dará a priorização de ações no decorrer dos mesmos.

As métricas calculadas na fase I são divididas em 5 temas: uso e ocupação do solo, infraestrutura de saneamento básico, conectividade do espaço urbano, condições de circulação para transportes ativos e diversidade socioeconômica. A Tabela 3.1 apresenta as métricas que compõem cada tema.

Tabela 3.1 – Relação de métricas por tema

Tema	Métrica
Uso e ocupação do solo	Densidade demográfica (hab/km ²)
	Porcentagem da área de estação ocupada pela classe de uso do solo predominante
	Porcentagem da área de estação ocupada pelo uso residencial com atividades complementares
	Porcentagem da área de estação não edificada ou subutilizada
Infraestrutura de saneamento básico	Porcentagem de domicílios ligados à rede geral de abastecimento de água
	Porcentagem de domicílios ligados à rede geral de coleta de esgoto
Conectividade do espaço urbano	Densidade de quadras (quadras/km ²)
	Número de linhas de transporte de média e alta capacidade que passam pela área de estação
	Número de elementos indutores de segregação física do espaço urbano
Condições de circulação para transportes ativos	Percentual de domicílios com calçada no entorno
	Percentual de domicílios com iluminação pública no entorno
	Percentual de domicílios com arborização no entorno
Diversidade socioeconômica	Distribuição de renda das pessoas residentes na área de estação (índice de Herfindahl-Hirschman normalizado)

Fonte: Elaboração própria. Relações estabelecidas por ITDP Brasil (2016)

Os temas e métricas se apoiam nos oito princípios de desenvolvimento urbano definidos pelo ITDP em seu “Padrão de Qualidade DOTS” (2017). A Tabela 3.2 apresenta os princípios que norteiam cada métrica.

Tabela 3.2 – Relação de princípios por métricas

Métrica	Princípios
Densidade demográfica (hab/km ²)	adensar; compactar
Porcentagem da área de estação ocupada pela classe de uso do solo predominante	misturar; compactar
Porcentagem da área de estação ocupada pelo uso residencial com atividades complementares	misturar; compactar; caminhar
Porcentagem da área de estação não edificada ou subutilizada	adensar; misturar; compactar; mudar
Porcentagem de domicílios ligados à rede geral de abastecimento de água	adensar; compactar
Porcentagem de domicílios ligados à rede geral de coleta de esgoto	adensar; compactar
Densidade de quadras (quadras/km ²)	conectar
Número de linhas de transporte de média e alta capacidade que passam pela área de estação	conectar; compactar; transporte público
Número de elementos indutores de segregação física do espaço urbano	conectar
Percentual de domicílios com calçada no entorno	caminhar
Percentual de domicílios com iluminação pública no entorno	caminhar; pedalar
Percentual de domicílios com arborização no entorno	caminhar; pedalar
Distribuição de renda das pessoas residentes na área de estação (índice de Herfindahl-Hirschman normalizado)	misturar

Fonte: Elaboração própria. Relações estabelecidas por ITDP Brasil (2016)

Embora a publicação pela qual foi divulgada a metodologia do ITDP não trate dos princípios “transporte público” e “mudar”, a relação acima foi retirada do “Guia de implementação de políticas e projetos de DOTS” (ITDP Brasil, 2017b).

Cada métrica é pontuada de acordo com o seu valor e seu correspondente desempenho, quando comparada a valores de referência propostos pelo ITDP ou por outras instituições. A pontuação total parcial de cada tema é resultado da soma das pontuações das métricas que os compõem.

A pontuação total de uma área de estação é dada pelo somatório entre o total parcial de cada tema e seu respectivo fator de ponderação. Esses fatores de ponderação têm como objetivo estabelecer uma importância relativa de cada tema na composição final da nota (por exemplo, embora o tema infraestrutura de saneamento básico conte com apenas duas métricas, que

somariam um total de 10 pontos, graças ao fator de ponderação 2,5 este representa um total de 25% do total de pontos concedido a uma área). A Tabela 3.3 apresenta os fatores de ponderação de cada tema.

Tabela 3.3 – Relação de fatores de ponderação por tema

Tema	Fator de ponderação
Uso e ocupação do solo	1
Infraestrutura de saneamento básico	2,5
Conectividade do espaço urbano	2
Condições de circulação para transportes ativos	1
Diversidade socioeconômica	2

Fonte: Elaboração própria. Fatores estabelecidos por ITDP Brasil (2016)

Cabe-se notar que não há, na publicação do ITDP, uma memória de cálculo ou uma explicação que justifique os valores de cada fator. Em conversa por telefone com Iuri Moura, Gerente de Projetos de Desenvolvimento Urbano do ITDP Brasil, o mesmo elucidou que foram conduzidas diversas entrevistas, com profissionais da área, membros da academia, atores participantes de projetos de desenvolvimento urbano e indivíduos que não possuem especialidade no tema, para chegar aos valores utilizados. No entanto, foram utilizados questionários nos quais os participantes podiam responder de forma discursiva, e não objetiva, não tendo sido utilizadas metodologias estatísticas na definição dos fatores.

A partir da pontuação final da área de estação é estabelecido o desempenho da mesma na fase 1, podendo este ser “alto”, “médio” ou “baixo”. A Tabela 3.4 apresenta a equivalência entre o desempenho e a pontuação.

Tabela 3.4 – Equivalência entre o desempenho e a pontuação final

Desempenho na fase 1	Pontuação
Alto	≥ 60
Médio	≥ 40 e < 60
Baixo	< 40

Fonte: ITDP Brasil (2016)

Deve-se observar que, em adição à pontuação, diferentes controles de validação também podem afetar o desempenho na fase 1 de uma área de estação. Estes, caso invalidados, avaliam o mesmo como baixo, independente da pontuação total que ela apresente (ou seja, mesmo que a pontuação fosse suficiente para avaliar o desempenho como alto, este será

considerado baixo caso algum controle seja invalidado). A Tabela 3.5 apresenta a lista desses controles.

Tabela 3.5 – Relação de controles de validação por tema na metodologia do ITDP

Tema	Controle de validação
Uso e ocupação do solo	Porcentagem da área de estação ocupada por usos incompatíveis com o DOTS < 50%
Uso e ocupação do solo	Porcentagem da área de estação ocupada pela classe de uso do solo predominante ≤ 80%
Infraestrutura de saneamento básico	Porcentagem de domicílios ligados à rede geral de abastecimento de água ≥ 80% E Porcentagem de domicílios ligados à rede geral de coleta de esgoto ≥ 80%
Conectividade do espaço urbano	Densidade de quadras ≥ 23 quadras/km ²

Fonte: Elaboração própria. Controles estabelecidos por ITDP Brasil (2016)

Portanto, ao analisar os desempenhos de cada área de estação pode-se entender quais temas contribuem negativa e positivamente para os mesmos. Buscam-se, assim, soluções que ajam sobre aqueles com menor pontuação e que, conseqüentemente, apresentam uma menor conformidade com a realidade desejada.

3.2 METODOLOGIA DE VILLADA

A metodologia de Villada (2016) tem como principal objetivo estabelecer um procedimento metodológico que visa a aplicação do DOTS em cidades latino-americanas, buscando promover a prática da mobilidade sustentável.

Os estudos existentes não permitem a tomada de conclusões definitivas sobre a influência do ambiente construído nos padrões de viagens nessas cidades (Cervero *et al.*, 2009; Cervero, 2013; Villada, 2016). Dessa forma, o procedimento metodológico busca preencher uma lacuna encontrada nas metodologias consultadas, que não analisam o objetivo final do DOTS (a mobilidade sustentável), e sim as ferramentas que seriam utilizadas para alcançá-lo, o ambiente construído, partindo do pressuposto idealizado que as condições deste necessariamente influenciam a mobilidade sustentável.

Sugere-se que área de estudo, neste caso chamada de “zona TOD”, seja delimitada por uma circunferência com 500 m de raio, com a estação estudada no centro da mesma, embora este valor possa ser flexibilizado com base em características locais (Villada, 2016).

A metodologia é desenvolvida em um nível estratégico, tendo sua aplicação desenvolvida com conjuntos de dados agregados (Villada, 2016). Sua aplicação também pode ser dividida em duas fases.

Na primeira, é analisada a mobilidade praticada no local para que se entenda a necessidade (ou a falta de necessidade) de se investir em projetos alinhados com o DOTS na região.

Para isso, são analisados os 5 atributos da mobilidade sustentável, como definido por Mello (2015). São, então, definidos indicadores que representem esses atributos para que se possa quantificar a aderência da mobilidade praticada com os ideais preconizados. A Tabela 3.6 apresenta esses indicadores.

Tabela 3.6 – Relação de indicadores por atributo da mobilidade sustentável

Atributo	Indicador
Mobilidade segura	Proporção de viagens em veículos privados
Mobilidade verde	Proporção de viagens não motorizadas
Mobilidade inclusiva	Proporção de pessoas que não realizam viagens
Mobilidade justa socialmente	Tempo médio de viagem em transportes públicos
Mobilidade produtiva	Equilíbrio da demanda na estação (proporção entre viagens fora da hora de pico e viagens na hora de pico)

Fonte: Elaboração própria. Relações estabelecidas por Villada (2016)

Os indicadores são então normalizados, com bases em valores de referência, para que possam ser trabalhados em uma escala entre 0 e 1 (onde 1 é o valor máximo e que representaria uma situação de total aderência do observado com o desejado). Dependendo da rigorosidade com que o aplicador da metodologia deseja tratar a estação, pode-se adotar um valor mínimo normalizado entre 0,7 e 1 (Villada, 2016).

Esses indicadores compõem o índice N_{TOD} , sendo este o resultado do somatório da multiplicação dos valores normalizados dos indicadores por um peso atribuído aos mesmos. Para a definição desses pesos foi realizada uma pesquisa com especialistas, buscando obter um *ranking* de importância de cada atributo na mobilidade sustentável, em conjunto da técnica de

análise multicritério SMARTER. A posição no *ranking* de cada atributo e o peso relativo de seu indicador representativo podem ser observados na Tabela 3.7.

Tabela 3.7 – *Ranking* de importância de cada atributo na mobilidade sustentável e peso relativo de seu indicador na composição do N_{TOD}

Atributo	Posição no ranking	Peso
Mobilidade segura	1°	0,333
Mobilidade inclusiva	2°	0,267
Mobilidade justa socialmente	3°	0,200
Mobilidade produtiva	4°	0,133
Mobilidade verde	5°	0,067

Fonte: Elaboração própria. Ranking e pesos estabelecidos por Villada (2016)

Em posse dos pesos, pode-se calcular o N_{TOD} . Este índice é utilizado para se averiguar a necessidade de investimentos de DOTS na zona TOD. Caso o seu valor seja menor do que o patamar mínimo previamente estabelecido, considera-se que a mobilidade praticada no local possui pouca aderência com a sustentabilidade, necessitando de iniciativas de DOTS. A priorização se dá a partir dos valores de N_{TOD} – quanto menor o valor, maior a necessidade de intervenções, portanto mais alto na hierarquia de priorização está a zona TOD correspondente em relação às demais zonas do corredor investigado.

Buscando entender como o ambiente construído afeta os atributos da mobilidade sustentável, também foi pedido aos participantes da pesquisa com especialistas anteriormente citada que escolhessem as 3 das 5 dimensões do ambiente construído definidas por Cervero *et al.* (2009) que mais afetam cada atributo. Este ranking não exclui as dimensões que tenham sido escolhidas como menos relacionadas a cada atributo, e sim destaca as que foram selecionadas como mais eficazes na promoção de um atributo específico. A Tabela 3.8 apresenta os resultados deste levantamento.

As dimensões do ambiente construído, por sua vez, são representadas por diferentes indicadores, apresentados na Tabela 3.9.

Assim, ao se analisar o N_{TOD} da zona TOD e os indicadores que o compõe busca-se melhorar os atributos da mobilidade que se encontram mais deficientes. Para alcançar essa melhoria, estudam-se os indicadores das dimensões do ambiente construído que influenciam tais atributos, de forma a propor soluções que ajam sobre as dimensões que apresentam menor aderência com os valores de referência e que apresentem viabilidade econômica, técnica, política e social.

Tabela 3.8 – *Ranking* de influência das dimensões do ambiente urbano nos atributos da mobilidade sustentável

Atributo	1ª dimensão mais influente	2ª dimensão mais influente	3ª dimensão mais influente
Mobilidade segura	Desenho urbano	Disponibilidade de transporte público	Destinos acessíveis
Mobilidade inclusiva	Destinos acessíveis	Desenho urbano	Disponibilidade de transporte público
Mobilidade justa socialmente	Diversidade do uso do solo	Disponibilidade de transporte público	Destinos acessíveis
Mobilidade produtiva	Diversidade do uso do solo	Densidade urbana	Disponibilidade de transporte público
Mobilidade verde	Desenho urbano	Diversidade do uso do solo	Disponibilidade de transporte público

Fonte: Villada (2016)

Tabela 3.9 – Relação de indicadores por dimensão do ambiente construído

Dimensão	Indicador
Destinos acessíveis	Razão de empregos por habitantes
Densidade urbana	Densidade demográfica (hab/km ²)
Desenho urbano	Densidade de quadras (quadras/km ²); densidade de infraestrutura cicloviária (comprimento/km ²)
Disponibilidade de transporte público	Tempo médio de acesso ao transporte público
Diversidade do uso do solo	Entropia das classes de uso do solo

Fonte: Elaboração própria. Relações estabelecidas por Villada (2016)

3.3 ANÁLISE COMPARATIVA

As duas metodologias apresentam objetivos semelhantes: avaliar a necessidade de iniciativas de DOTS no entorno das estações estudadas. No entanto, apresentam abordagens fundamentalmente diferentes.

Villada propõe, inicialmente, a avaliação da mobilidade praticada. Uma vez que o DOTS busca a mobilidade baseada em modalidades sustentáveis, Villada parte do pressuposto que é necessário investigar este fim para oferecer um diagnóstico e propor soluções que de fato ajam sobre os problemas observados. Ao avaliar a aderência da mobilidade praticada em relação aos atributos da mobilidade sustentável, busca vincular as soluções propostas, cuja ação

se dá por meio do ambiente construído, às reais necessidades da população local (em termos de mobilidade).

A metodologia do ITDP, por sua vez, avalia as condições de acessibilidade resultantes do ambiente construído, a ferramenta a partir da qual o DOTS busca melhorar a mobilidade local. O diagnóstico oferecido, dessa forma, não trata do problema em questão que busca ser solucionado, mas sim dos instrumentos que poderiam ser utilizados para fazê-lo.

Ambas abordam seus estudos de caso em um nível estratégico, procurando trabalhar com bases de dados agregado. No entanto, uma vez que Villada introduz uma etapa extra de avaliação da mobilidade, há um maior esforço dispendido na aplicação de sua metodologia. Adicionalmente, caso estes dados não estejam prontamente disponíveis, haveria a necessidade de se realizar uma pesquisa para o levantamento dos mesmos.

Ao se analisar as pontuações e índices gerados pelas metodologias, deve-se também entender do que se tratam. A pontuação da ferramenta do ITDP evidencia o desempenho das áreas de estação no que tange às condições do espaço urbano para projetos de DOTS (ITDP Brasil, 2016). Portanto, quanto mais alta, maior o potencial que aquela área possui de abrigar projetos de DOTS (analisando-se estritamente as dimensões do ambiente construído) e, provavelmente, menor a necessidade de intervenções para isso.

A publicação, no entanto, não deixa claro se existe uma relação entre esta pontuação e o atual nível de DOTS da área de estação. No entanto, em estudo de caso desenvolvido no corredor de *Bus with High Level of Service* (BHLS) TransÔceanica, em Niterói, constatou-se que áreas de estação que apresentam melhor desempenho necessitam de menores intervenções para projetos de DOTS (ITDP Brasil, 2018).

Já o índice da metodologia proposta por Villada, N_{TOD} , quantifica a aderência da mobilidade praticada com a sustentabilidade. Quanto maior o índice, mais sustentável é a mobilidade, e, portanto, menor a necessidade de aplicar o DOTS na zona TOD.

Consequentemente, não é possível comparar os dois índices diretamente. Pode-se, no entanto, tentar traçar uma relação entre suas avaliações. Será que áreas de estação que apresentam um bom desempenho na fase 1 na metodologia do ITDP também apresentam uma mobilidade considerada sustentável? Caso positivo, não haveria a necessidade de aplicação da metodologia de Villada, mais complexa, levando a uma economia de tempo e recursos por partes dos planejadores que venham a utilizar estes procedimentos.

Os dois índices poderiam inclusive ser utilizados em conjunto e de forma complementar, com devidas adaptações, similarmente a como se desenrola a aplicação da metodologia de Villada. Em uma primeira fase, se utilizaria o N_{TOD} para avaliar a necessidade

da implementação do DOTS no local. Após o estabelecimento de quais são os temas da metodologia do ITDP que mais afetam cada atributo da mobilidade sustentável, se avaliaria o ambiente construído. Seria possível, assim, estabelecer uma lista de prioridades quanto às ações a serem tomadas na região.

Dessa forma, seria possível reunir as vantagens de cada metodologia em um mesmo procedimento. A metodologia de Villada, ao avaliar a real necessidade de iniciativas de DOTS nas zonas TOD, busca a racionalização dos investimentos realizados no ambiente construído. Sua análise do ambiente construído, entretanto, se baseia em poucas métricas (uma por dimensão, com exceção do desenho urbano), o que poderia levar a proposição de soluções equivocadas, devido ao pequeno espaço amostral utilizado.

A metodologia do ITDP, por sua vez, utiliza uma ampla gama de métricas para avaliar as condições urbanas das áreas de estação (13, ao total, dividida entre 5 temas). Dessa forma, a mesma fica menos suscetível, em sua avaliação, a anomalias em métricas específicas. O sistema de pontuação de cada métrica baseada nos valores de referência previamente definidos também é uma ótima forma de comparar a necessidade de intervenções nos pontos por elas aferidos. Assim, ao comparar duas métricas que apresentaram desempenho abaixo do valor de referência, pode-se estabelecer prioridade naquela que apresentou menor pontuação. Não há um mecanismo como esse na metodologia de Villada.

Pode-se perceber que diferentes métricas e critérios de classificação são utilizadas em cada metodologia. Enquanto a metodologia do ITDP utiliza os 8 princípios de desenvolvimento urbano definidos pelo ITDP (2017), a de Villada o faz a partir das dimensões do ambiente construído definidas por Cervero *et al.* (2009). A Tabela 3.10 apresenta uma relação entre os princípios e as dimensões.

Deve-se notar que a relação foi estabelecida de forma a relacionar as dimensões e princípios que tivessem maior interação entre si. Ainda assim, é possível estabelecer ainda outras relações que não foram apresentadas na Tabela 3.10, por serem de menor intensidade (por exemplo, a dimensão de “disponibilidade de transporte público” diz respeito, entre outras coisas, a distâncias que permitam seu acesso a caminhada; desta forma, seria possível também estabelecer uma relação entre esta dimensão e o princípio “caminhar”). O princípio “mudar”, que faz menção à regulamentação de áreas de estacionamento e de uso de vias públicas por veículos individuais motorizados (ITDP, 2017), não possui correspondente dentre as dimensões do ambiente construída estudadas.

Tabela 3.10 – Relação entre os princípios do ITDP (2017) e as dimensões de Cervero *et al.* (2009)

Dimensões	Princípios
Densidade urbana	Adensar; compactar
Desenho urbano	Conectar; caminhar; pedalar
Disponibilidade de transporte público	Transporte público
Diversidade do uso do solo; destinos acessíveis	Misturar
Sem correspondente direto	Mudar

Fonte: Elaboração própria

A partir da relação entre as dimensões e os princípios, pode-se também traçar a correspondência entre as métricas usadas para avaliar o ambiente urbano nas duas metodologias. Esta é apresentada na Tabela 3.11.

Como a maior parte das métricas da metodologia do ITDP faz menção a mais de um princípio, foram utilizados alguns critérios para manter as correspondências coerentes.

Caso houvesse, dentre os princípios de cada métrica da metodologia do ITDP, uma maioria que fosse correspondente a uma dimensão, essa métrica seria considerada como correspondente à métrica da metodologia de Villada que faz menção à esta dimensão. Por exemplo, a métrica de áreas não edificadas ou subutilizadas, que trata dos princípios “adensar”, “misturar”, “compactar” e “mudar”, foi tratada como correspondente à densidade demográfica, que diz respeito à dimensão “densidade urbana”.

Caso não houvesse, as métricas tinham suas correspondências feitas manualmente. Por exemplo, a métrica de áreas residenciais com atividades complementares trata dos princípios “misturar”, “compactar” e “caminhar”, correspondentes às dimensões “diversidade do uso solo” e “destinos acessíveis”, “densidade urbana” e “desenho urbano”, respectivamente. Ela foi considerada como correspondente às métricas de razão de empregos por habitantes e entropia do uso do solo, que dizem respeito às dimensões “diversidade do uso solo” e “destinos acessíveis”.

Pode-se perceber, como dito anteriormente, que a metodologia do ITDP conta com muito mais métricas do que a de Villada. Com exceção da dimensão “disponibilidade de transporte público”, na qual ambas as metodologias contam com apenas uma métrica representativa, em todas as outras há um número maior de métricas na metodologia do ITDP do que na de Villada (serão utilizadas, ao referir-se às métricas, o nome das dimensões, e não dos princípios, por uma questão de praticidade).

Tabela 3.11 – Correspondência entre as métricas de avaliação do ambiente urbano das duas metodologias

Dimensões	Métricas da metodologia de Villada	Métricas da metodologia do ITDP	Princípios
Diversidade do uso do solo; destinos acessíveis	Entropia das classes de uso do solo; razão de empregos por habitantes	Porcentagem da área de estação ocupada pela classe de uso do solo predominante; porcentagem da área de estação ocupada pelo uso residencial com atividades complementares; distribuição de renda das pessoas residentes na área de estação (índice de Herfindahl-Hirschman normalizado)	Misturar
Densidade urbana	Densidade demográfica (hab/km ²)	Densidade demográfica (hab/km ²); porcentagem da área de estação não edificada ou subutilizada; porcentagem de domicílios ligados à rede geral de abastecimento de água; porcentagem de domicílios ligados à rede geral de coleta de esgoto	Adensar; compactar
Desenho urbano	Densidade de quadras (quadras/km ²); densidade de infraestrutura cicloviária (comprimento/km ²)	Densidade de quadras (quadras/km ²); número de elementos indutores de segregação física do espaço urbano; percentual de domicílios com calçada no entorno; percentual de domicílios com iluminação pública no entorno; percentual de domicílios com arborização no entorno	Conectar; caminhar; pedalar
Disponibilidade de transporte público	Tempo médio de acesso ao transporte público	Número de linhas de transporte de média e alta capacidade que passam pela área de estação	Transporte público

Fonte: Elaboração própria

a) Disponibilidade de transporte público

Em se tratando da dimensão “disponibilidade de transporte público”, percebe-se que as métricas de ambas as metodologias analisam questões diferentes. Enquanto que a de Villada avalia o tempo médio de acesso ao transporte público, buscando compreender a facilidade de acesso ao mesmo dentro da zona TOD, a do ITDP avalia o número de estações de outros modos de transporte de média e alta capacidade que passam pela área de estação, analisando assim o quão conectado à cidade está o usuário dentro da área de estação.

O indicador utilizado por Villada, à primeira vista, parece ser redundante, uma vez que o estabelecimento da circunferência que delimita a zona TOD, com 500 m de raio, é feito de

forma que esta represente uma distância tipicamente aceitável para a caminhada até a estação. Pode-se argumentar, no entanto, que a utilização deste raio é apenas uma simplificação, e que pessoas dentro do mesmo podem levar tempos excessivos para chegar até a estação. O indicador utilizado por Villada, dessa forma, pode se mostrar útil em se constatando que as viagens de um determinado grupo de indivíduos para a estação estejam envolvendo tempos excessivos de caminhada, caracterizando uma deficiência no sistema de alimentação da estação.

b) Desenho urbano

Observando as métricas da dimensão “desenho urbano”, pode-se perceber que em ambas metodologias a densidade de quadras é calculada. Este é um indicador clássico de conectividade urbana - quanto maior a densidade de quadras, mais caminhos existem para os pedestres, e conseqüentemente maior a conectividade. Em se tratando ainda da conectividade, a metodologia do ITDP quantifica os elementos que induzem à segregação espacial dentro da área de estação (como por exemplo infraestruturas de transporte, grandes empreendimentos como shopping centers e condomínios fechados, entre outros), uma vez que estes podem se mostrar como “superquadras” ou desestimular os modos de transporte ativos, dado que sua transposição só seria possível por passarelas, túneis ou outras formas de infraestruturas.

Villada introduz o indicador de densidade de infraestrutura cicloviária, buscando compreender o quão adequada é a zona TOD para o transporte por bicicletas. A metodologia do ITDP, por sua vez, avalia a presença de calçadas, iluminação e arborização adequadas, visto que a existência das mesmas decorre em mais conforto e segurança para os indivíduos, promovendo assim a caminhada e a pedalada.

Assim, pode-se perceber que na dimensão “desenho urbano” a metodologia do ITDP não apenas avalia a possibilidade de se andar a pé ou de bicicleta, mas também a qualidade com a qual isto pode ser feito. A análise, portanto, torna-se mais aprofundada e completa.

c) Densidade urbana

A dimensão “densidade urbana” é a que apresenta maior disparidade entre as duas metodologias. A de Villada avalia apenas a densidade demográfica nas zonas TOD, na qual uma densidade elevada seria considerada benéfica. Já a do ITDP, embora também avalie a

densidade demográfica na região, considera desejável uma densidade baixa. Isto decorre de diferenças conceituais por trás das metodologias.

A metodologia de Villada utiliza o ambiente construído como uma ferramenta para melhorar a mobilidade no local. Portanto, esta avalia uma densidade alta na zona TOD como positiva porque tal fato decorreria em um maior equilíbrio da demanda de viagens na estação ao longo do dia e implicaria em um maior número de pessoas com acesso considerado aceitável à estação pela caminhada, resultando em uma menor necessidade de automóveis.

A do ITDP, por apreciar o potencial para projetos de DOTS, avalia como positiva uma baixa densidade. Dessa forma, projetos de habitação e iniciativas buscando o maior aproveitamento dos lotes na região seriam facilitados.

Similarmente, a porcentagem de áreas não edificadas ou subutilizadas, na qual uma maior pontuação é concedida a maiores porcentagens dessas áreas, está diretamente relacionada à facilidade de adensamento populacional na região, tendo em vista que estas áreas poderiam ser revertidas em áreas com utilização residencial (nota-se que grandes áreas de estacionamento são avaliadas como áreas não edificadas ou subutilizadas, buscando uma mudança no panorama do uso do automóvel a partir de uma menor disponibilidade dessas áreas).

Deve-se comentar ainda que estas duas métricas mencionadas anteriormente apresentam uma peculiaridade em relação às demais utilizadas na metodologia do ITDP. Elas são as únicas que avaliam negativamente a área de estação caso a situação observada já seja compatível com os princípios do DOTS. Por exemplo, deseja-se que as regiões próximas às estações apresentem uma alta densidade populacional, como já visto anteriormente. No entanto, a métrica relacionada à densidade demográfica na metodologia do ITDP concederia menos pontos a uma área de estação que já apresente altas concentrações de moradores. De forma análoga, ainda que a presença de áreas subutilizadas próximas a estações seja contrária ao DOTS, mais pontos são concedidos a regiões com parcelas grandes de sua área de estação ocupadas por este uso.

Os critérios de distribuição de pontos destas duas métricas parecem ir contra um dos objetivos da metodologia, apreciar a necessidade de investimentos na área de estação para que esta tenha suas condições urbanas mais voltadas ao DOTS. Quanto menor a densidade demográfica local, maior o investimento necessário em habitação na região, e quanto maior a porcentagem da área de estação ocupada por áreas subutilizadas, maior o aporte necessário para revitalizar estas áreas.

Por fim, estes critérios também afetam a dinâmica de proposição de soluções às áreas analisadas. Para todas as outras métricas, a necessidade de intervenção está vinculada à uma baixa pontuação. Para as duas aqui analisadas, esta necessidade se dá caso as mesmas apresentem pontuações elevadas.

As outras duas métricas que compõem a dimensão “densidade urbana”, a porcentagem de domicílios ligados à rede geral de abastecimento de água e de coleta de esgoto, computam a necessidade de investimentos em infraestrutura na região. Quanto maior a cobertura desses serviços, maior a pontuação dessas métricas. A implantação de projetos de DOTS em áreas que não possuem essas infraestruturas não só é desestimulada pelos grandes investimentos necessários para isso, mas também pela consequente expansão da malha urbana que resultaria de tais projetos, contrária à compactação da mesma que o DOTS promove.

É importante notar, no entanto, que a existência de domicílios em regiões com baixa cobertura das redes de abastecimento de água e de coleta de esgoto, por si só, constitui um grande problema e reflete a grande desigualdade existente em países em desenvolvimento. Assim, embora o investimento nessas redes se mostre contrário aos princípios do DOTS, o mesmo pode ser responsável por proporcionar uma vida mais digna aos indivíduos que habitem essas regiões.

d) Diversidade do uso do solo e destinos acessíveis

Nota-se que o princípio “misturar”, por sua grande abrangência, tem correspondência com duas dimensões, “diversidade do uso do solo” e “destinos acessíveis”.

Villada sugere o indicador da entropia das classes do uso do solo para avaliar a diversidade do uso do solo na zona TOD. Valores deste indicador próximos a 1 indicam um uso do solo heterogêneo e, conseqüentemente, misto. Pode-se comparar este indicador com as métricas de porcentagem de área de estação ocupada pela classe de uso do solo predominante e por áreas residenciais com atividades complementares do ITDP. No caso da primeira, quanto maior a predominância de uma classe, menor é a pontuação atribuída à métrica. No caso da segunda, quanto maior a área ocupada pelo uso residencial com atividade complementares, maior é a pontuação.

Percebe-se que, embora ambas as metodologias avaliem positivamente a mistura de classes de uso do solo, o fazem de forma diferente. A utilização do cálculo da entropia não leva em consideração quais são os usos do solo existentes na região, apenas sua parcela do todo. Já as métricas utilizadas pelo ITDP buscam não apenas avaliar a mistura do uso do solo, mas

também promover um uso específico, residencial com atividades complementares, tido como ótimo para o DOTS.

A dimensão “destinos acessíveis” é representada pelo indicador de número de empregos por habitante na zona TOD, na metodologia de Villada. Caso este seja baixo, pode se assumir que os habitantes da zona devem se deslocar para fora da mesma em viagens por motivo de trabalho. Caso seja muito alto, é provável que a região seja um grande polo de comércio e serviços e atraia muitas viagens deste mesmo tipo. No entanto, não é possível determinar apenas através deste indicador se os empregos existentes na região são condizentes com as características socioeconômicas da população que ali reside (Villada, 2016).

A metodologia do ITDP procura avaliar, com a métrica de diversidade socioeconômica, o aspecto social na área de estação, não se limitando aos aspectos físicos e econômicos. Nesta, quanto menos homogênea e mais bem distribuída for a população quanto às suas classes socioeconômicas, melhor.

É interessante notar que essas últimas métricas introduzem análises exclusivas de cada metodologia. Enquanto a de Villada avalia, através da razão de empregos por habitantes, a necessidade de grandes deslocamentos por motivos de trabalho, a do ITDP busca compreender se existe a convivência entre pessoas de diferentes classes socioeconômicas na região. Percebe-se, assim, que as métricas analisam diferentes fundamentos do DOTS.

3.3.1 Resumo da análise

Como pôde ser observado ao longo da análise das métricas utilizadas por ambas as metodologias, a do ITDP possui uma abordagem mais abrangente do que a de Villada. Imagina-se, portanto, que o diagnóstico oferecido por ela seja mais completo no que tange às condições do ambiente urbano local, embora, como tenha sido notado anteriormente, não necessariamente este reflita em soluções que de fato ajam sobre os problemas observados na mobilidade praticada.

Esta é, de fato, a principal diferença na caracterização das metodologias. A de Villada considera que o problema a ser solucionado para as áreas analisadas é uma possível desarticulação dos padrões de viagem observados com a mobilidade sustentável. Percebe-se, portanto, que Villada estende a análise do transporte sustentável para a mobilidade sustentável, sendo ainda mais rígido na mesma (em vez de analisar apenas a divisão modal, opta também por avaliar os outros atributos da mobilidade sustentável).

A do ITDP, no que lhe diz respeito, define o problema como condições inadequadas do ambiente construído na região. Já em seu diagnóstico, oferece maior amplitude e detalhes para definir os fatores causais desses problemas do que o faz a metodologia de Villada. A crítica que pode ser feita, no entanto, é que este diagnóstico mais completo e detalhado pode estar sendo elaborado para uma área em que uma grande parcela das viagens já se encontra alinhada com a mobilidade sustentável (no caso de modos de transporte ativos representarem grande parcela da divisão modal, por exemplo).

Outra grande diferença entre as duas metodologias se dá no processo de priorização de ações a partir da aplicação das mesmas. Enquanto a de Villada recomenda a priorização a partir da mobilidade local, na qual zonas TOD que apresentam mobilidade menos sustentável, representadas por um valor baixo de seu N_{TOD} , estão localizadas mais acima na hierarquia de prioridades (Villada, 2016), não há uma recomendação clara de como atuar a partir do desempenho de cada estação com a metodologia do ITDP.

Deve-se, portanto, priorizar projetos que tenham obtido um bom desempenho nesta fase, e que conseqüentemente possuem um grande potencial para projetos de DOTS? Ou é preferível melhorar as condições do ambiente em estações que exibiram baixo desempenho, visto que as condições nessas áreas de estação são mais precárias? Não há uma resposta clara para isto na metodologia.

Iuri Moura, Gerente de Projetos de Desenvolvimento Urbano do ITDP Brasil, relatou que não são dadas instruções para a priorização de ações porque estas vão variar caso a caso. Eventualmente pode-se julgar válido realizar pequenos investimentos em áreas que apresentaram um alto desempenho buscando melhorar determinados aspectos a um baixo custo. Por vezes, pode-se também optar por realizar maiores investimentos em zonas com um desempenho pior, visando, por exemplo, tornar a região mais atraente para a iniciativa privada. De acordo com Iuri, o ITDP crê que não é seu objetivo estabelecer quais decisões devem ser tomadas ou priorizadas, e que isso cabe aos atores envolvidos nos projetos.

Cabe ainda lembrar que na fase 2 da metodologia do ITDP há a elaboração de um procedimento metodológico que busca compreender a percepção de diferentes atores qualificados quanto às condições de diversas naturezas dos projetos. Parece natural, portanto, que a priorização de ações se dê em grande parte nesta fase, uma vez que diferentes agentes da sociedade podem dar seu parecer sobre o estudo realizado e possíveis soluções propostas.

As diferenças evidenciadas anteriormente abrangem apenas aspectos conceituais das duas metodologias. Existe a necessidade de se entender como é feita a aplicação de cada uma, como as mesmas avaliam diferentes regiões e se existem diferenças nos diagnósticos e soluções

propostas para cada caso. Dessa forma, estruturou-se um estudo de caso no qual serão aplicadas as metodologias para quatro estações do sistema metroviário carioca: Afonso Pena, Botafogo, Coelho Neto e Triagem.

4 APLICAÇÕES E RESULTADOS

Neste capítulo, as metodologias anteriormente descritas são aplicadas e seus resultados são analisados. As estações que compõem o estudo de caso (Afonso Pena, Botafogo, Coelho Neto e Triagem) foram escolhidas por uma questão de praticidade, dado que já foram estudadas por Villada em sua tese de mestrado (2016) – elas foram selecionadas a partir de suas demandas, com o objetivo de se estudar uma estação de demanda baixa (Triagem), uma de demanda média (Afonso Pena), uma de demanda alta (Coelho Neto) e uma de demanda muito alta (Botafogo). Portanto, faz-se necessário aplicar apenas a metodologia do ITDP nas referidas estações para que se possa comparar os diagnósticos oferecidos por cada metodologia.

Serão descritas as etapas de aplicação das metodologias, assim como possíveis adaptações às mesmas, e as premissas utilizadas no processo. Dessa forma é possível conduzir uma análise comparativa dos resultados apresentados por cada uma, porém levando em consideração possíveis diferenças estruturais, tais como a utilização de diferentes bases de dados.

4.1 METODOLOGIA DO ITDP

A aplicação requer a utilização de um Sistema de Informações Geográficas (SIG - no caso optou-se pelo QGIS, conforme citado no Capítulo 1, por ser um programa de código aberto e livre) e um programa de processamento de planilhas (foi utilizado o *Microsoft Excel*). Buscou-se seguir ao máximo as instruções dadas pelo ITDP em sua publicação “Ferramenta Para Avaliação do Potencial de DOTS em Corredores de Transporte”, porém foram feitas algumas adaptações à metodologia. Essas serão mencionadas ao longo da descrição do processo.

A primeira etapa da aplicação se dá no mapeamento das estações no QGIS para que as áreas de estação sejam delimitadas. Foi utilizado um raio de 400 m na definição dessas áreas, visto que este é o raio utilizado pelo ITDP em seus estudos de caso divulgados.

Embora a Prefeitura do Rio disponibilize na plataforma online *data.rio* um *shapefile* atualizado com todas as estações do metrô, julgou-se que este não atendia às necessidades deste trabalho. O *shapefile* disponibilizado não mapeia todas as saídas existentes das estações, posicionando-as no local de sua saída mais “emblemática”.

Nota-se que, uma vez que cada saída apresenta uma área de estação com 400 metros de raio, distância razoável para o seu acesso através da caminhada, estações com diversas saídas

(ou saídas mais espalhadas na malha urbana) apresentam uma área de estação total maior do que aquelas com menos saídas (ou menos espalhadas). Assim, a utilização da base disponibilizada pela Prefeitura traria distorções significativas no estudo conduzido, visto que diversas estações apresentariam áreas de estação menores do que as de fato apresentam (por estarem representadas apenas por uma saída, e não por todas as que possuem). Vale salientar este processo de mapeamento de todas as saídas das estações não foi feito pelo ITDP em nenhum estudo de caso divulgado, embora seja recomendado que estações muito próximas umas das outras, chamadas de “gêmeas”, sejam agrupadas para evitar sobreposições significativas (ITDP Brasil, 2016).

A Figura 4.1 mostra visualmente o que foi explicado anteriormente, a partir das áreas de estação da estação de Botafogo. À esquerda é apresentada a área de estação gerada a partir do mapeamento manual das estações; à direita, a área de estação gerada a partir da base disponibilizada pela Prefeitura. Pode-se observar que a área de estação é muito maior no primeiro caso, por serem consideradas todas as saídas existentes.



Figura 4.1 – Comparação de áreas de estação geradas a partir de mapeamento manual (à esquerda) e a partir da base disponibilizada pela Prefeitura (à direita)

Fonte: Elaboração própria

É importante, assim, estabelecer critérios para que as saídas sejam mapeadas adequadamente. Embora tal tarefa pareça trivial ao se analisar diversas estações (principalmente aquelas pelas quais o trem se locomove subterraneamente, que possuem saídas pontuais à superfície), esta se revela de maior complexidade quando se analisa estações que possuem infraestrutura de acesso elevada. Nesses casos, depara-se com possíveis dúvidas

quanto à localização da saída: ao pé da escada, ou rampa, de acesso? No local em que estão posicionadas as catracas na estação? Entre outras.

Entende-se que a posição de uma saída está relacionada à provisão de conforto e segurança para o usuário. Por exemplo, uma saída não pode ser mapeada ao pé da rampa de acesso da estação, uma vez que o indivíduo ainda estaria exposto às intempéries climáticas e à criminalidade local.

Dessa forma, o mapeamento das saídas nos casos em que a infraestrutura de acesso à estação é elevada foi feito considerando-se o ponto de interseção entre a projeção horizontal dos telhados da estação e a infraestrutura de acesso. A Figura 4.2 apresenta o exemplo das duas saídas da estação Coelho Neto. Para a identificação de tais pontos foram utilizados os serviços *Google Maps* e *Google Street Viewer*, assim como as bases georreferenciadas do *Google Maps* e do *ESRI Satellite*.



Figura 4.2 – Identificação das saídas da estação Coelho Neto (representadas pelos pontos amarelos)

Fonte: Elaboração própria

Estabelecidas as posições das saídas de cada estação e suas áreas de estação, avança-se para a etapa de cálculo das métricas. As primeiras a serem calculadas foram as dos temas “infraestrutura de saneamento básico”, “condições de circulação para transportes ativos” e “diversidade socioeconômica”, além da métrica de densidade demográfica.

Para tal, foram utilizadas as bases disponibilizadas pelo IBGE em sua plataforma *Downloads*, na seção de geociências, referentes ao Censo 2010. Na plataforma é possível baixar o *shapefile* que possui informações georreferenciadas dos setores censitários e diversas planilhas do *Excel* que contém os resultados do censo agregados por setor.

A falta de informações censitárias mais atualizadas é uma limitação deste estudo que, infelizmente, não pode ser superada, dado que os censos brasileiros são realizados de década em década. Tendo se passado 8 anos desde a realização do último censo pode-se afirmar que muito se alterou no que tange às condições socioeconômicas e demográficas das áreas aqui estudadas. No entanto, como o levantamento de dados censitários mais atualizados foge do escopo deste trabalho, optou-se por utilizar a base do Censo 2010, reconhecendo que esta não representa a sociedade atual como o desejado.

O *shapefile* disponibilizado pelo IBGE apresenta informações de todos os setores censitários do estado do Rio de Janeiro, sendo necessário o tratamento da base para que esta se torne adequada para o presente estudo. Assim, são realizadas operações no QGIS de forma que se obtenha a interseção entre os *shapefiles* dos setores censitários e das áreas de estação. O resultado disto é apresentado na Figura 4.3, para a estação Triagem.



Figura 4.3 – Interseção entre os setores censitários e a área da estação Triagem
Fonte: Elaboração própria

De posse dos setores censitários que pertencem às áreas de estação, a proporção de cada um em relação ao seu tamanho original (já que diversas vezes apenas uma parcela de cada setor está dentro da área de estação) e dos resultados agregados por censo, pode-se obter as métricas desejadas a partir da consolidação dessas informações em uma planilha no *Excel* e da programação adequada de suas fórmulas.

Os *shapefiles* armazenam os dados das áreas de estação e dos setores censitários que a elas pertencem em forma de tabela, assim como em uma planilha. Pode-se, portanto, sistematizar a obtenção das métricas para todas as estações de forma automática, sem que isto requeira maior esforço do que a obtenção das métricas apenas para um grupo de estações.

Essas métricas, portanto, foram calculadas para todas as estações do sistema, não se limitando a aquelas que compõem este estudo de caso. No entanto, a fim de melhor visualização, a Tabela 4.1 apresenta os dados para as estações Afonso Pena, Botafogo, Coelho Neto e Triagem. Uma tabela com as métricas para todas as estações pode ser encontrada no Anexo 1.

No que concerne a métrica de diversidade socioeconômica, a partir da qual se calcula o equilíbrio da distribuição da população em cada área de estação em função das faixas de renda em que se encontram a partir do índice de Herfindahl-Hirschman normalizado, observou-se um padrão em que áreas com maiores rendas médias por habitante obtêm maiores pontuações. Esta tendência pode ser observada na Figura 4.4.

Supõe-se que este fato é resultado da composição das faixas de renda na qual os indivíduos são classificados. Como as faixas não representam intervalos de salários iguais e as faixas que abrangem salários menores possuem menor abrangência (por exemplo, a faixa “½ a 1 salário mínimo” abrange apenas ½ salário mínimo, enquanto a faixa “15 a 20 salários mínimos” abrange 5), a população de renda mais alta acaba sendo supervalorizada no cálculo do índice.

O coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,88, encontrado a partir de uma linha de tendência logarítmica, mostra que existe uma forte correlação entre as duas variáveis. Nota-se, portanto, que áreas de estação que exibem maior renda média por habitante serão melhores avaliadas neste quesito. Embora este tema não contribua de forma tão significativa à pontuação final, é algo importante a se ter em mente em uma análise mais aprofundada.

Prosseguiu-se, então, para o cálculo das métricas relacionadas ao tema “conectividade do espaço urbano”. Nesta etapa foram utilizadas duas abordagens diferentes para se obter as métricas desejadas.

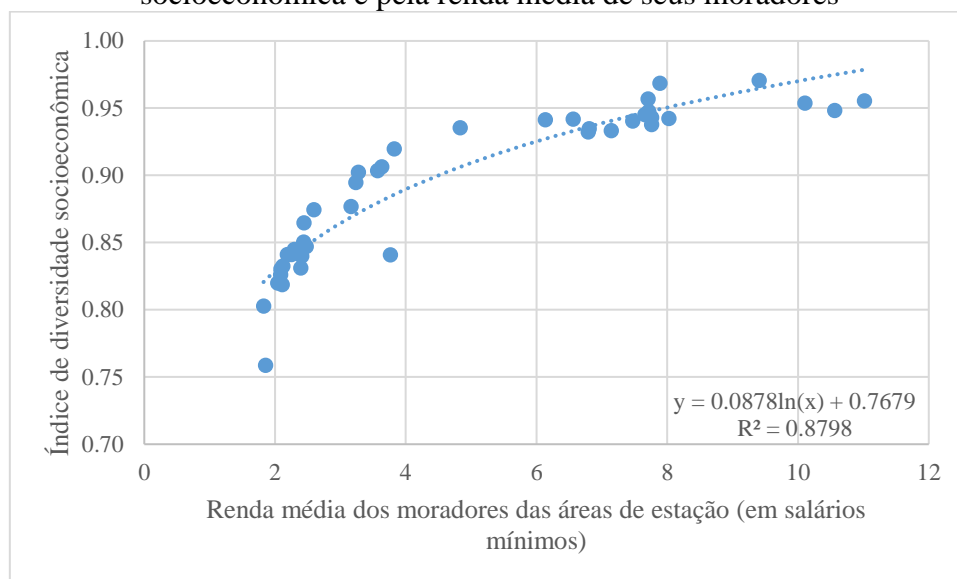
Para a densidade de quadras foi utilizada a base georreferenciada de quadras da cidade do Rio de Janeiro, disponibilizado pela Prefeitura do Rio em sua plataforma data.rio. Essa base encontra-se atualizada, refletindo adequadamente a situação atual da cidade. Todavia, duas alterações foram necessárias à base.

Tabela 4.1 – Métricas de densidade demográfica, infraestrutura de saneamento básico, condições de circulação para transportes ativos e diversidade socioeconômica para as estações Afonso Pena, Botafogo, Coelho Neto e Triagem

Estação	Densidade demográfica (hab/km²)	Domicílios com calçadas no entorno	Domicílios com iluminação pública no entorno	Domicílios com arborização no entorno	Domicílios com acesso à rede de abastecimento de água	Domicílios com acesso à rede de esgoto	Diversidade socioec.
Afonso Pena	32,045.8	99.7%	99.7%	99.7%	99.9%	100.0%	0.93
Botafogo	30,094.0	99.4%	99.5%	92.5%	100.0%	100.0%	0.95
Coelho Neto	7,577.9	75.2%	77.1%	73.0%	99.5%	98.9%	0.83
Triagem	6,086.4	83.7%	83.7%	52.2%	99.7%	98.0%	0.85

Fonte: Elaboração própria

Figura 4.4 – Distribuição das áreas de estação pelo índice de diversidade socioeconômica e pela renda média de seus moradores



Fonte: Elaboração própria

Primeiro, como uma parte da área de estação de uma das estações do sistema (Pavuna) encontra-se no município de São João de Meriti, foi necessário adicionar as quadras não representadas de forma manual.

Segundo, foi necessário excluir da base alguns polígonos que, embora estejam representando quadras, não devem ser contabilizados para o cálculo. Por exemplo, estruturas que separam pistas de tráfego são representadas como quadras na base, embora na prática não o sejam. A Figura 4.5 apresenta dois casos de polígonos não contabilizados na contagem das quadras.

Assim como no caso dos setores censitários, é necessário obter a interseção entre as bases tratadas das quadras e das áreas de estação. O resultado desta ação pode ser observado na Figura 4.6, para as estações Afonso Pena e São Francisco Xavier.

De posse da quantidade de quadras dentro das áreas de estação, assim como a área total das mesmas, chega-se à densidade de quadras correspondente. Assim como no caso dos setores censitários, devido à natureza tabular da estrutura dos *shapefiles*, obtém-se tal métrica de forma automática para todas as estações.

Para a quantificação de sistemas de transportes de média e alta capacidade e de elementos indutores de segregação nas áreas de estação, por sua vez, lançou-se mão de análises de imagens de satélites. Não foram realizadas visitas a campo, procedimento recomendado pelo ITDP, por falta de recursos.



Figura 4.5 – Quadras desconsideradas na contagem; na esquerda, por ser uma estrutura que separa os trilhos do metrô e do trem, não alcançável por pedestres; na direita, por serem estruturas de separação de pistas de tráfego e “calçadões” na orla

Fonte: Elaboração própria



Figura 4.6 – Interseção da base das quadras das áreas das estações São Francisco Xavier (à esquerda) e Afonso Pena (à direita)

Fonte: Elaboração própria

A Tabela 4.2 apresenta as métricas de conectividade do espaço urbano para as estações Afonso Pena, Botafogo, Coelho Neto e Triagem. As métricas das demais estações se encontram no Anexo 2.

Tabela 4.2 – Métricas de conectividade do espaço urbano para as estações Afonso Pena, Botafogo, Coelho Neto e Triagem

Estação	Quadras/km ²	Elementos de indução de segregação	Integração com sistemas de transportes de média e alta capacidade
Afonso Pena	47,17	1	0
Botafogo	47,08	1	0
Coelho Neto	36,75	5	0
Triagem	40,07	5	1

Fonte: Elaboração própria

A última etapa na fase de coleta e tratamento de dados é o cálculo das métricas relacionadas ao tema “uso e ocupação do solo”, com exceção da densidade demográfica, previamente calculada com as bases de dados do Censo 2010.

Assim como a base de quadras da cidade, uma base de uso do solo, atualizada em 2017, é disponibilizada pela Prefeitura do Rio em sua plataforma data.rio. No entanto, existem divergências entre as classes de uso propostas pela metodologia do ITDP e as utilizadas no mapeamento feito pela Prefeitura, sendo necessária a adequação da mesma. Observou-se também que o mapeamento já realizado muitas vezes não é preciso, classificando inadequadamente diversas áreas. Um exemplo, dentro da área da estação Cidade Nova, é exibido na Figura 4.7, na qual áreas de transportes, de corpos hídricos e de comércio e serviços são classificadas como áreas residenciais.



Figura 4.7 – Inadequação da classificação do uso do solo, exemplificado pela área em laranja categorizada como área residencial. Fonte: Elaboração própria

Portanto, optou-se por realizar o mapeamento das classes do uso do solo de forma manual e independente, utilizando a base disponibilizada pela Prefeitura como material de consulta. Buscando o mapeamento mais fidedigno possível, utilizaram-se as ferramentas *Google Maps* e *Google Street Viewer*, com a qual eram percorridos os quarteirões, buscando identificar os diferentes usos presentes.

Assim como com as métricas de conectividade do espaço urbano, recomenda-se fazer visitas a campo, de modo a refinar e validar o mapeamento realizado. No entanto, estas não foram feitas, uma vez que se temia que fossem consumir um tempo desproporcional em troca de retornos não tão significativos.

Neste caso, como o processo de mapeamento consome muito tempo, se mostra moroso e de difícil realização, foram classificadas apenas as regiões dentro das áreas das estações analisadas neste estudo de caso. A Figura 4.8 apresenta a interseção desta base com a área da estação Triagem.



Figura 4.8 – Interseção entre as classes de uso do solo e a área da estação Triagem
Fonte: Elaboração própria

Feito isso, o tratamento de dados a ser feito no Excel é de simples execução, assim como os feitos para a obtenção das outras métricas. As métricas a partir dele obtidas podem ser observados na Tabela 4.3.

Na métrica relacionada às áreas monofuncionais predominantes não foi considerada o uso do solo “Áreas residenciais com atividades complementares”, uma vez

que este não é um uso monofuncional, e sim multifuncional (por englobar diferentes funções, como a residencial, comercial, lazer, entre outras).

Tabela 4.3 – Métricas de uso do solo para as estações Afonso Pena, Botafogo, Coelho Neto e Triagem

Nome	Área Monofuncional Predominante	Áreas residenciais com atividades complementares	Áreas não edificadas ou subutilizadas
Afonso Pena	8.9%	78.5%	1.2%
Botafogo	6.6%	82.0%	0.9%
Coelho Neto	26.7%	31.4%	13.4%
Triagem	14.8%	36.1%	0.4%

Fonte: Elaboração própria

Deve-se notar, entretanto, que esta foi uma adaptação da metodologia feita pelo autor. Foi perguntando, em conversas via *e-mail* com membros do ITDP, qual deveria ser a abordagem adotada quanto a este uso do solo, que foi o uso predominante em todas as áreas de estação estudadas, exatamente pelo mesmo não se caracterizar como um uso monofuncional. Em resposta, foi dito que este uso deve ser considerado na métrica em questão, uma vez que, no entendimento do ITDP, sua predominância excessiva poderia prejudicar os padrões de mobilidade mais sustentáveis. No entanto, o ITDP também entende que a metodologia não deve ser tratada como uma “camisa de força”, e que mudanças podem ser feitas, desde que adequadamente justificadas no escopo do trabalho.

A promoção do uso misto do solo, no entanto, é parte fundamental do conceito de DOTS. Na visão do autor deste trabalho, não faz sentido limitar este uso, uma vez que isto limitaria uma possível compactação do centro urbano estudado, um dos objetivos do DOTS. Assim, foi feita esta adaptação à metodologia original.

Adicionalmente, vale ressaltar também que a predominância do uso residencial com atividades complementares nunca havia sido observada pelo ITDP em seus estudos de caso (fato relatado ao autor nas conversas por *e-mail* anteriormente citadas). Portanto, a utilização ou não da área deste uso no cálculo da métrica possivelmente nunca havia sido discutido com maior profundidade.

A próxima etapa consiste na pontuação de cada métrica. As Tabelas 4.4, 4.5, 4.6, 4.7 e 4.8 apresentam as pontuações obtidas para os temas “infraestrutura de saneamento básico”, “uso e ocupação do solo”, “conectividade do espaço urbano”, “condições de

circulação para transportes ativos” e “diversidade socioeconômica”, respectivamente, assim como seus controles de validação.

Obtidas as pontuações parciais de cada tema, pode-se calcular a pontuação total de cada estação. A Tabela 4.9 compila as estações estudadas, seu desempenho na fase 1 e sua pontuação final.

Nota-se que, de forma geral, as áreas de estação apresentam bons desempenhos na fase 1, na qual apenas a estação Coelho Neto não obteve um desempenho considerado alto. A estação Afonso Pena foi a que atingiu pontuação mais alta, seguida imediatamente pela estação Botafogo. A estação Triagem, por sua vez, que levantou 60 pontos no total, alcançou a pontuação mínima para ter um desempenho considerado alto.

Analisando estas pontuações mais a fundo, constata-se que cada área de estação possui peculiaridades e problemas para os quais podem ser propostas soluções. Estas seriam discutidas de forma mais aprofundada na fase 2 da metodologia, não abordada neste trabalho, porém julga-se importante entender o porquê de cada área de estação ter obtido sua pontuação final. As estações serão abordadas em ordem crescente de pontuação.

Tabela 4.4 – Pontuação alocada para as estações no tema “infraestrutura de saneamento básico”

Estações	Pontuação - Abastecimento de água	Pontuação - Coleta de esgoto	Controle de validação do tema	Total parcial
Afonso Pena	5	5	válido	10
Botafogo	5	5	válido	10
Coelho Neto	5	5	válido	10
Triagem	5	5	válido	10

Fonte: Elaboração própria

Tabela 4.5 – Pontuação alocada para as estações no tema “uso e ocupação do solo”

Estações	Pontuação - Densidade demográfica	Pontuação - Áreas monofuncionais	Pontuação - Áreas residenciais com ativ. complementares	Pontuação - Áreas não edificadas ou subutilizadas	Controle de validação - Áreas incompatíveis	Controle de validação do tema	Total parcial
Afonso Pena	0	5	5	0	válido	válido	10
Botafogo	0	5	5	0	válido	válido	10
Coelho Neto	3	5	5	3	válido	válido	16
Triagem	3	5	5	0	válido	válido	13

Fonte: Elaboração própria

Tabela 4.6 – Pontuação alocada para as estações no tema “conectividade do espaço urbano”

Estações	Pontuação - Densidade de quadras	Pontuação - Elementos de segregação	Pontuação - Integração com rede de transp. público	Controle de validação do tema	Total parcial
Afonso Pena	4	3	0	válido	7
Botafogo	4	3	0	válido	7
Coelho Neto	3	0	0	válido	3
Triagem	3	0	3	válido	6

Fonte: Elaboração própria

Tabela 4.7 – Pontuação alocada para as estações no tema “condições de circulação para transportes ativos”

Estações	Pontuação - Calçadas no entorno	Pontuação - Iluminação no entorno	Pontuação - Arborização no entorno	Total parcial
Afonso Pena	5	5	5	15
Botafogo	5	5	4	14
Coelho Neto	1	1	1	3
Triagem	2	2	0	4

Fonte: Elaboração própria

Tabela 4.8 – Pontuação alocada para as estações no tema “diversidade socioeconômica”

Estações	Pontuação - Diversidade socioeconômica	Total parcial
Afonso Pena	4	4
Botafogo	4	4
Coelho Neto	2	2
Triagem	3	3

Fonte: Elaboração própria

Tabela 4.9 – Compilação do desempenho e da pontuação final das estações estudadas

Estações	Desempenho final na fase 1	Pontuação total
Afonso Pena	ALTO	72
Botafogo	ALTO	71
Triagem	ALTO	60
Coelho Neto	MÉDIO	54

Fonte: Elaboração própria

I. Coelho Neto

A área da estação Coelho Neto, embora tenha sido a que obteve pior desempenho na fase 1 dentre as estações estudadas, apresentou o maior total parcial do tema “uso e ocupação do solo”. Isto porque ela apresenta uma densidade demográfica relativamente baixa e uma grande quantidade de áreas não edificadas ou subutilizadas, hoje identificadas como terrenos sem aproveitamento e grandes áreas de estacionamento. Apresenta, portanto, um grande potencial de adensamento populacional na região, seja por meio da verticalização das zonas residenciais existentes, hoje compostas basicamente por residências unifamiliares, ou pelo aproveitamento das áreas subutilizadas para fins habitacionais.

Entretanto, as pontuações obtidas nos temas “conectividade do espaço urbano”, “condições de circulação para transportes ativos” e “diversidade socioeconômica” foram muito baixas, afetando significativamente e negativamente o desempenho final da área da estação.

Quanto à conectividade do espaço urbano, os principais problemas observados são a grande quantidade de elementos indutores de segregação e a ausência de linhas de outros modos de transporte de média e alta capacidade na área de estação. A área é dividida ao meio pelos trilhos do metrô, separando zonas residenciais, a oeste, de zonas de comércio e serviços, a leste. Não obstante, grandes mercados atacadistas, pavilhões de transportadoras e a Avenida Brasil, que corta a região mais ao norte da área da estação, também segregam a área de estação espacialmente.

Exatamente por esse cenário descrito, é difícil de propor soluções que promovam melhorias substanciais na conectividade da região. Primeiro, os elementos observados são de grande importância para o transporte na cidade e já se encontram totalmente consolidados na região, o que tornaria seu desmantelamento muito oneroso. Segundo, a implantação de outros sistemas de transporte no local, como um BRT ou VLT, apenas levaria a uma segregação ainda maior do espaço urbano.

As condições de circulação para transportes ativos na região também foram muito mal avaliadas. A área de estação recebeu apenas 3 dentre os 15 pontos possíveis neste tema. Novamente, isto se dá pela divisão da região entre zonas residenciais e comerciais. As zonas residenciais, de forma geral, apresentam calçadas e iluminação, mesmo que estas precisem melhorias pontuais, mas a arborização existente não parece promover o conforto necessário para a caminhada ou pedalada no local. A zona comercial, no entanto,

é totalmente voltada para o deslocamento por veículos motorizados, por vezes não exibindo nenhuma forma de calçada, iluminação ou arborização. Aqui vale a lembrança que não foram realizadas visitas a campo nas áreas estudadas, logo não pôde se aferir a qualidade da infraestrutura existente presencialmente.

Também é improvável que ocorram mudanças no panorama atual deste tema na área estudada. Isto porque a zona comercial comentada, a leste da infraestrutura do metrô, é composta pelas Centrais de Abastecimento do Estado do Rio de Janeiro, o CEASA-RJ, grande polo logístico e atacadista do estado. Esta zona, portanto, não é de grande interesse de um pedestre de forma individual, e dificilmente se imaginam investimentos sendo feitos para melhorar as condições de caminhada e pedalada no local. Contudo, estes são bem-vindos na zona residencial da área de estação, principalmente no que tange a arborização da mesma.

A área de estação também não obteve uma boa pontuação no tema “diversidade socioeconômica”. Nota-se uma grande concentração de indivíduos com rendimento entre $\frac{1}{2}$ e 5 salários mínimos mensais na região. Dessa forma, recomenda-se a promoção de iniciativas que gerem oportunidades associadas a atividades carentes na região, criando tanto atividades e serviços dos quais os moradores possam usufruir quanto empregos para que a economia local se movimente e para que os indivíduos necessitem realizar deslocamentos menores por motivo de trabalho.

Assim, pode-se perceber que a área da estação Coelho Neto é de difícil intervenção, dada a natureza dos equipamentos urbanos nela instalados. Uma solução, no entanto, para algum dos problemas comentados, seria a promoção do adensamento populacional e do uso misto do solo na área, aliado a um investimento na arborização e iluminação das calçadas. O maior fluxo de pessoas, decorrente da densidade mais elevada e de melhores condições de segurança e conforto, atrairia serviços variados (como hospitais, escolas, creches, restaurantes, etc.), eventualmente valorizando a região, dinamizando a economia local e também tornando a região mais atrativa para os segmentos de maior poder aquisitivo. Deve-se também levar em consideração que investimentos do tipo podem levar a um processo de gentrificação, tomando cuidado para que isto não ocorra na área.

II. Triagem

A área da estação Triagem foi a que obteve o segundo pior desempenho dentre as quatro estações estudadas, embora este já seja considerado alto. Os temas que mais merecem atenção, assim como no caso da estação Coelho Neto, são “conectividade do espaço urbano”, “condições de circulação para transportes ativos” e “diversidade socioeconômica”.

Esta área também é notória por abrigar um quartel militar e o hospital central do exército. Estes equipamentos somam cerca de 35% da área de estação total. Mesmo assim o uso predominante é o residencial com atividades complementares. Isto, aliado ao fato de que a região apresenta uma baixa densidade demográfica, favorecendo um adensamento que visa o uso misto do solo, confere uma boa pontuação parcial do tema “uso e ocupação do solo” na área de estação.

Diversos elementos indutores de segregação espacial estão presentes na área, como, por exemplo, a infraestrutura linear dos sistemas ferroviários (trem e metrô), o quartel militar e o hospital central do exército (os dois últimos funcionam, na prática, como grandes quadras). Ainda assim, esta foi a única área estudada na qual existe outro modo de transporte de alta capacidade: o trem. A estação Triagem da Supervia está localizada a poucos metros da estação Triagem do Metrô Rio, ocupando, na prática, o mesmo local, e não muito distante dos limites da circunferência que define a área de estação está a estação São Francisco Xavier.

Os níveis de diversidade socioeconômica na área de estação são muito similares à estação Coelho Neto, havendo também a concentração de indivíduos com renda mensal entre $\frac{1}{2}$ e 5 salários mínimos. Dessa forma, a região poderia se beneficiar de projetos similares aos propostos para a outra estação, como a implementação de novas atividades e serviços como escolas, restaurantes, lojas, entre outros, na região.

No entanto, o principal problema observado, e que afeta diretamente o aporte de investimento na indústria imobiliária, de entretenimento e de serviços no local, é a qualidade das calçadas, da iluminação e da arborização na área. A métrica relacionada à arborização no local apresentou pontuação nula, e o tema como um todo conquistou apenas 4 dentre os 15 pontos possíveis para o mesmo. Observa-se que, de fato, são poucas as ruas com extensa cobertura vegetal dentro da área de estação, e que muitas apresentam calçadas muito estreitas ou danificadas (e que, diversas vezes, estão ocupadas por carros estacionados sobre as mesmas). Fora a questão do conforto térmico já citado

anteriormente, calçadas como as encontradas na região conferem uma sensação de insegurança, tanto no que tange à segurança pública, contra assaltos quanto, à segurança viária, relativa a acidentes causadas pelo tráfego.

Assim, pode-se perceber que a estação Triagem está em uma situação parecida com a da estação Coelho Neto, na qual grande parte de sua área de estação é ocupada por grandes elementos segregadores e onde são observadas condições desfavoráveis ao transporte ativo. Um possível conjunto de soluções a serem adotados seria investir nas variáveis que tornam o transporte ativo mais agradável, e que conseqüentemente também levariam a uma melhor percepção da sociedade perante à localidade, e no adensamento populacional e de serviços na região, trazendo maior vitalidade ao entorno da estação.

III. Botafogo e Afonso Pena

As áreas das estações Botafogo e Afonso Pena obtiveram pontuações idênticas em quase todas as métricas calculadas, com exceção da métrica de presença de arborização no entorno dos domicílios, na qual Afonso Pena alcançou a pontuação máxima, ao passo que Botafogo conquistou quatro pontos. Dessa forma, elas serão tratadas em conjunto, visto que as soluções que poderão ser dadas às questões observadas serão igualmente quase idênticas.

Aqui, no entanto, cabe comentar que existem aspectos importantes do ambiente construído não abordados pela metodologia do ITDP e que poderiam oferecer valiosos *insights* sobre essas áreas. Não existe uma métrica que avalia a quantidade de empregos disponíveis na região, o que, do ponto de vista da mobilidade, seria interessante analisar para se entender os níveis de balanceamento da demanda das estações do metrô ao longo do dia, por exemplo.

O uso do solo em ambas as estações é predominante “residencial com atividades complementares”, representando cerca de 80% da área de estação total nos dois casos. A densidade populacional também é bastante alta nessas regiões, o que levou ambas a não pontuarem na métrica de densidade demográfica. Cabe aqui o comentário de que não obter pontos nesta métrica não é necessariamente algo ruim, visto que não serão necessários investimentos adicionais buscando o adensamento da população no local.

O outro tema no qual essas estações não apresentaram um bom desempenho foi “conectividade do espaço urbano”. Ainda que tenham obtido uma pontuação boa no que tange à densidade de quadras, suas pontuações na métricas relacionadas a elementos

indutores de segregação e conectividade com outras linhas de transporte de média e alta capacidade deixaram a desejar.

São encontrados um elemento indutor de segregação espacial em cada estação. No caso de Botafogo, este consiste na Avenida das Nações Unidas, na qual é observada um grande volume de tráfego e que separa a Praia de Botafogo das edificações do bairro. No caso da estação Afonso Pena, o elemento considerado foi uma quadra de grandes proporções.

Nenhuma das duas áreas de estação engloba linhas de outros modos de transportes de média e alta capacidade, o que resulta em uma pontuação nula na métrica relacionada a este número. Deve-se notar, entretanto, que existe uma ampla cobertura de linhas de ônibus nas duas estações. Embora este não se caracterize como um meio de transporte de média ou alta capacidade, a falta de pontos nesta métrica não significa que a população que mora nesta região não está servida de transporte público.

Uma solução, portanto, que tornaria essas áreas de estação ainda mais orientadas ao DOTS, de acordo com a metodologia estudada, seria a implantação de outro sistema de transporte público de média ou alta capacidade nas mesmas. Este sistema eventualmente substituiria, ao menos em parte, os ônibus e poderia resolver problemas de congestionamentos frequentemente observados nas regiões.

No entanto, é importante notar que ambas as áreas de estação já se encontram completamente urbanizadas, e que a implementação de um sistema deste tipo é bastante onerosa à sociedade dos pontos de vista econômico e de qualidade de vida dos cidadãos que ali moram. Adicionalmente, o planejamento de um sistema de transportes como este exige o estudo de diversos aspectos não contemplados aqui. A solução oferecida anteriormente torna-se, sob essa ótica, muito simplista.

Uma outra solução que, embora não fosse aumentar o desempenho das áreas na metodologia, poderia tornar as regiões mais orientadas ao transporte sustentável, seria racionalizar as linhas de ônibus e articulá-las para que as mesmas exercessem uma função de alimentação para o sistema de metrô, em vez de servir como concorrência.

4.2 METODOLOGIA DE VILLADA

A aplicação desta metodologia já foi feita por Villada em sua tese de mestrado, influenciando inclusive, como dito anteriormente, na escolha das estações estudadas. Serão reproduzidos abaixo os principais resultados obtidos por Villada ao longo de seu

estudo de caso, mas recomenda-se a leitura de seu trabalho caso se deseje maior aprofundamento em tópicos específicos.

A fonte utilizada para a caracterização da mobilidade local das zonas TOD foi o Plano Diretor de Transporte Urbano da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (PDTU), cuja última atualização foi feita em 2011. O PDTU agrega as informações principalmente no nível de Zona de Análise de Tráfego (TAZ).

A primeira etapa desta caracterização foi a delimitação de quais TAZ pertencem à zona TOD (definida como uma circunferência de raio igual a 500 m). Isto foi feito a partir de um SIG e de análise visual – uma TAZ cuja interseção com a zona TOD fosse composta apenas por infraestrutura urbana, como rodovias ou estacionamentos, não era contabilizada (deve-se notar que Villada não mapeou as diferentes saídas das estações, como foi feito pelo autor na metodologia do ITDP, tendo apenas considerado uma saída pontual).

Sabendo as TAZ que compõem as zonas TOD, é possível estabelecer o comportamento das viagens nas mesmas a partir do cálculo dos indicadores representativos dos atributos da mobilidade sustentável, apresentados na Tabela 3.6. O valor indicado como desejado para todos os indicadores após normalização foi 0,75, assim como para o índice N_{TOD} final.

O primeiro indicador calculado foi o relativo à mobilidade segura, a razão entre viagens em veículos privados e o total de viagens, chamado de I_{ms} . Seu valor, assim como seu valor após normalização, In_{ms} , podem ser observados na Tabela 4.10.

Tabela 4.10 – Valores de I_{ms} e In_{ms} para as estações (Villada, 2016)

Estação	I_{ms}	In_{ms}
Afonso Pena	20,5%	0,98
Botafogo	23,7%	0,85
Coelho Neto	23,1%	0,86
Triagem	50,3%	0,40

Fonte: Villada (2016)

Em seguida foi calculado o indicador da mobilidade verde, a razão entre viagens não motorizadas e o total de viagens, chamado de I_{vs} , e seu valor normalizado, In_{vs} . Estes são apresentados na Tabela 4.11.

Tabela 4.11 – Valores de I_{vs} e In_{vs} para as estações (Villada, 2016)

Estação	I_{vs}	In_{vs}
Afonso Pena	13,0%	0,32
Botafogo	9,2%	0,23
Coelho Neto	20,9%	0,52
Triagem	1,8%	0,04

Fonte: Villada (2016)

O próximo indicador a ser calculado foi o tempo médio de viagem em transportes públicos, I_{cj} , e seu valor normalizado, In_{cj} , referente à mobilidade justa socialmente. Seus valores são apresentados na Tabela 4.12.

Tabela 4.12 – Valores de I_{cj} e In_{cj} para as estações (Villada, 2016)

Estação	I_{cj}	In_{cj}
Afonso Pena	30,1	1,00
Botafogo	73,4	0,41
Coelho Neto	69,6	0,43
Triagem	26,3	1,00

Fonte: Villada (2016)

Deve-se notar que este indicador, a princípio, deveria fazer referência aos moradores das regiões estudadas. No entanto, segundo Villada (2016) e também por pura análise dos valores, não é isso que se observa. Estipula-se que o tempo médio dispendido em transporte público por moradores de Botafogo seja bem menor do que 73,4 minutos, uma vez que esta é uma zona que apresenta grande centralidade, possuindo grande diversidade de oportunidades, atividades e lazer, e que requereria menores deslocamentos por parte de seus moradores para satisfazer suas necessidades. Dentre os valores observados, o indicador de Botafogo é o maior, sendo superior, por exemplo, ao de Coelho Neto, uma área periférica, que conta com um número reduzido de oportunidades e atividades, o que obriga seus moradores a realizar longas viagens pendulares rotineiramente.

Por fim foi calculado o indicador relativo à mobilidade produtiva. Este é definido pela razão entre as viagens realizadas em um intervalo fora da hora-pico pelas viagens realizadas no intervalo de pico (o horário de pico considerado foi entre 07:00 e 09:00, e o horário considerado como fora do pico foi 09:00 e 11:00). Este valor, I_{mp} , e seu correspondente normalizado, In_{mp} , são exibidos na Tabela 4.13.

Tabela 4.13 – Valores de I_{mp} e In_{mp} para as estações (Villada, 2016)

Estação	I_{mp}	In_{mp}
Afonso Pena	0,52	0,74
Botafogo	1,03	1,00
Coelho Neto	0,53	0,76
Triagem	0,20	0,29

Fonte: Villada (2016)

Não foi possível calcular o indicador representativo da mobilidade inclusiva, a proporção de pessoas que não realiza viagens nas zonas TOD, devido à natureza dos dados do PDTU. Dessa forma tornou-se necessário recalculá-los os pesos de cada atributo da mobilidade sustentável na composição final do N_{TOD} , apresentados na Tabela 4.14.

Tabela 4.14 – *Ranking* de importância de cada atributo na mobilidade sustentável e peso relativo de seu indicador na composição do N_{TOD} neste estudo de caso (Villada, 2016)

Atributo	Posição no ranking	Peso
Mobilidade segura	1º	0,400
Mobilidade justa socialmente	2º	0,300
Mobilidade produtiva	3º	0,200
Mobilidade verde	4º	0,100

Fonte: Villada (2016)

Nota-se, no entanto, que a mobilidade inclusiva havia sido avaliada como o segundo atributo mais importante da mobilidade sustentável. Assim, a falta de uma métrica que a represente pode implicar numa inadequação do índice obtido quanto à sua interpretação da realidade observada.

Dito isso, a Tabela 4.15 apresenta a compilação dos indicadores normalizados e o valor de N_{TOD} após a ponderação do valor dos indicadores por seus respectivos pesos.

Tabela 4.15 – Síntese da avaliação da mobilidade praticada nas zonas TOD

Estação	Mobilidade segura	Mobilidade verde	Mobilidade justa socialmente	Mobilidade produtiva	N_{TOD}
Afonso Pena	0,98	0,32	1,00	0,74	0,87
Botafogo	0,85	0,23	0,41	1,00	0,69
Coelho Neto	0,86	0,52	0,43	0,76	0,68
Triagem	0,40	0,32	1,00	0,29	0,52

Fonte: Villada (2016)

A próxima fase consiste em oferecer um diagnóstico e soluções aos problemas de mobilidade observados nas zonas TOD. Observam-se os atributos cujos indicadores exibem valores menores do que o desejado (0,75), priorizando intervenções sobre as estações que apresentaram menor N_{TOD} .

Assim, estudam-se as dimensões do ambiente construído que mais exercem influência sobre os atributos que não mostraram bom desempenho (as relações de dimensões por atributo podem ser vistas na Tabela 3.8). A Tabela 4.16 compila quais dimensões serão estudadas no caso de cada estação.

Tabela 4.16 – Relação de dimensões a serem estudadas por estação

Estação	Atributo a melhorar	Densidade urbana	Diversidade do uso do solo	Desenho urbano	Disp. de transporte público	Destinos acessíveis
Triagem	Segura			x	x	x
	Verde		x	x	x	
	Produtiva	x	x		x	
Coelho Neto	Verde		x	x	x	
	Justa socialmente		x		x	x
Botafogo	Verde		x	x	x	
	Justa socialmente		x		x	x
Afonso Pena	Verde		x	x	x	
	Produtiva	x	x		x	

Fonte: Villada (2016)

Observa-se que o diagnóstico da estação Botafogo foi prejudicado em decorrência da inadequação do dado utilizado para a avaliação da mobilidade justa socialmente. O valor normalizado 0,41 diminuiu consideravelmente seu N_{TOD} e, principalmente, aponta o respectivo atributo como crítico, embora provavelmente esse não o seja, na realidade.

Diversas bases de dados utilizadas por Villada na análise do ambiente construído se diferenciam das anteriormente utilizadas, tanto por ele quanto pelas usadas na metodologia do ITDP.

Para o cálculo da densidade demográfica também foi empregada a base georreferenciada dos setores censitários. No entanto, caso a interseção de um setor com a zona TOD não chegasse a 20% de sua área original ou 10.000 m², este era desconsiderado no cálculo. O valor de referência adotado foi 19.400 habitantes/km².

Os dados de uso do solo, utilizados para o cálculo da diversidade do mesmo, foram extraídos da base de dados “Bairros Cariocas”, sob responsabilidade da Prefeitura do Rio.

A base contém o cadastro de imóveis segundo o seu uso, podendo este ser classificado como “residencial”, “comércio e serviços”, “industrial” e “outros”. Como os últimos três usos são de difícil diferenciação, e buscando também maior facilidade de interpretação dos resultados, Villada dividiu o uso apenas em “residencial” e “não residencial” (Villada, 2016). Calcula-se então a entropia destes dois modos, para a qual o valor de referência adotado é 1.

A dimensão “desenho urbano” utiliza dois indicadores em sua avaliação. Para o cálculo do primeiro, a densidade de quadras, é feita apenas uma inspeção visual com o apoio de imagens de satélite e são contabilizadas as quadras que possuem toda, ou a maioria de sua área inscrita na zona TOD. A densidade de malha cicloviária, por sua vez, foi calculada com o apoio de uma base georreferenciada, embora não haja a especificação de qual base tenha sido utilizada. Os dois indicadores também possuem valores de referência diferentes: 84 quadras/km² e 1,3km/km², respectivamente.

O tempo médio de acesso ao transporte utilizado, indicador usado para aferir a disponibilidade de transporte público na zona TOD, foi calculado a partir de uma planilha disponibilizada junto ao PDTU, que contém a resposta de indivíduos à pergunta de quanto tempo leva para que os mesmos cheguem ao local de embarque no principal modo de transporte utilizado em suas viagens. Considera-se que um tempo de acesso inferior a 5 minutos é o desejado.

Por fim, a dimensão “destinos acessíveis” é medida pela razão de empregos por habitantes na zona TOD. Como o PDTU fornece o número de empregos por TAZ, seu cálculo baseia-se apenas na correção da quantidade de empregos pela proporção de cada TAZ inscrita na zona TOD. Villada utiliza, como valor de referência, 1,5 empregos/moradia, o que equivale a 0,5 empregos/habitantes, considerando uma média de 3 habitantes por moradia.

I. Triagem

A zona TOD de Triagem foi a que apresentou o menor N_{TOD} dentre as estações avaliadas. Dos quatro atributos apreciados, apenas a mobilidade justa socialmente apresentou um indicador com valor considerado adequado.

Portanto, as dimensões do ambiente construído que mais afetam os atributos deficientes (mobilidade segura, verde e produtiva), são elencadas como possíveis fatores

causais para os problemas constatados na mobilidade local. Nota-se que nenhuma dimensão teve essa possibilidade descartada, o que nos leva a estudar todas elas.

a) Densidade urbana

A densidade demográfica desta zona TOD foi calculada em 5.043 habitantes/km², muito abaixo da estipulada como referência.

b) Diversidade do uso do solo

46% da área construída na zona TOD foi classificado com o uso “residencial”, ao passo que 54% o foi como “não residencial”. A entropia estimada a partir desses usos alcança o seu valor máximo, 1,0, indicando que esta área possui um bom equilíbrio em seu uso do solo.

c) Desenho urbano

Apenas 15 quadras alcançaram o critério estipulado para serem contabilizadas dentro da zona TOD, o que resulta em uma densidade de 19 quadras/km², bem abaixo das 84 quadras/km² definidas como referência. Como não foi identificada nenhuma infraestrutura ciclovária na estação, o indicador decorrente destas assume o valor de 0.

d) Disponibilidade de transporte público

Os tempos médios de acesso à estação de metrô Triagem, ao ônibus municipal e ao veículo individual são, respectivamente, 2,4 min, 3,6 min e 0 min. Observa-se que o tempo de acesso às duas opções de transporte público disponíveis na região são menores do que o valor desejável de 5 minutos.

e) Destinos acessíveis

A razão de empregos por moradores na região foi calculada em 2,46, muito superior à razão 0,5 estabelecida como referência.

f) Propostas

Quanto à mobilidade segura, a única dimensão dentre as três elencadas como possíveis fatores causais que foi má avaliada foi o desenho urbano. As quadras com longas dimensões e a ausência de infraestrutura para bicicletas na região explicaria a grande quantidade de viagens realizadas por automóveis na região.

Similarmente, o desenho urbano também seria o fator causal mais provável das deficiências encontradas na mobilidade verde, uma vez que fatores citados anteriormente, aliados à calçadas e ruas de má qualidade, desestimulam a caminhada e a pedalada no entorno da estação.

A densidade urbana, por sua vez, aparece como principal explicação para os problemas observados na mobilidade produtiva, a partir da qual constatou-se que a demanda na estação é muito maior na hora-pico do que em intervalos fora do pico.

Portanto, a zona TOD se beneficiaria de projetos que visam o adensamento populacional da área, nos quais também deve haver a preocupação de criar conexões eficientes para pedestres. Villada sugere o reaproveitamento da área militar a sudoeste da estação para uso residencial, caso se deseje de fato adensar a região (Villada, 2016).

Pensando em incentivar a mobilidade verde, a implantação de ciclovias conectando a região com polos geradores de viagem na cidade poderia aumentar a participação do transporte não motorizado na divisão modal local, caso a demanda por tal infraestrutura seja verificada a partir de estudos *in loco* (Villada, 2016).

II. Coelho Neto

A zona TOD de Coelho Neto apresentou seu índice de mobilidade quase igual ao da zona TOD Botafogo, embora marginalmente menor. Os dois atributos que apresentaram indicadores com valores menores do que o desejável foram a mobilidade verde e a justa socialmente, portanto levando ao estudo mais aprofundado de quase todas as dimensões, com exceção da densidade urbana.

a) Diversidade do uso do solo

Como 48% da área construída na zona TOD é classificada como “residencial” e 52% como “não residencial”, neste caso a entropia também alcança seu valor máximo de 1,0, o que indicaria uma boa mistura dos usos do solo na região.

No entanto, como já dito anteriormente, esses usos são separados pelos trilhos do metrô. Portanto, embora a entropia tenha sido calculada como 1,0 e a ocupação do solo seja equilibrada quanto aos usos existentes, estes usos não estão espacialmente integrados como deveriam.

b) Desenho urbano

A zona TOD apresentou uma densidade de quadras baixa, igual a 25,5 quadras/km², devido aos grandes quarteirões existentes na região, principalmente na região comercial. A área também não conta infraestrutura cicloviária, resultando no indicador corresponde igual a 0.

c) Disponibilidade de transporte público

Os tempos médios de acesso à estação de metrô Coelho Neto, ao ônibus municipal e ao veículo individual são, respectivamente, 1,8 min, 2,7 min e 0 min. Neste caso os tempos de acesso ao transporte público são menores do que o valor de referência.

d) Destinos acessíveis

A zona TOD conta com aproximadamente 2.366, o que equivale a uma razão de empregos por habitantes na região de 0,39. Este valor é considerado baixo, uma vez que se encontra abaixo de 0,50, estabelecido como referência.

e) Propostas

Ao se estudar os possíveis fatores causais para os problemas observados na mobilidade verde nesta zona TOD, percebe-se que mesma apresenta deficiências em seu

desenho urbano, exibindo quadras com grandes dimensões e nenhuma infraestrutura cicloviária.

Já os longos tempos de viagem apresentados na região parecem ser explicados pelos destinos acessíveis, na qual foi constatado que existem relativamente poucos empregos no local quando comparados à população local. Tal fato evidenciaria uma necessidade dos moradores da região de realizar longos deslocamentos para alcançar seus locais de trabalho.

Uma possível solução para a zona seria o beneficiamento da região a nordeste da mesma, na qual está localizada o CEASA-RJ. Esta ação buscaria o adensamento de empregos no local e um traçado urbano que permita o deslocamento a pé, servindo também como fomentadora do transporte ativo na zona (Villada, 2016).

III. Botafogo

A zona TOD da estação Botafogo apresenta características, ao menos no que tange à mobilidade e aos seus atributos, muito similares à da estação Coelho Neto. Seu N_{TOD} é apenas marginalmente maior do que o da outra estação, e os mesmos atributos se mostraram deficientes nas duas estações (mobilidade verde e justa socialmente), o que leva ao estudo das mesmas dimensões do ambiente construído.

a) Diversidade do uso do solo

Novamente, a entropia assume seu valor máximo nesta zona TOD. A ocupação do solo na zona é dividida em 53% de uso residencial e 47% de uso não residencial.

b) Desenho urbano

Aqui, os dois indicadores utilizados apresentaram resultados diferentes. A densidade de quadras, de 35,6 quadras/km², é considerada baixa, devido às grandes dimensões dos quarteirões inscritos pela zona TOD. O indicador de densidade de infraestrutura cicloviária, por sua vez, apresentou um valor alto, 1,77 km/km², maior do que o definido como de referência, dada a existência de duas ciclovias diferentes na região.

c) Disponibilidade de transporte público

Os tempos médios de acesso à estação de metrô Botafogo, ao ônibus municipal e ao veículo individual são, respectivamente, 4,9 min, 0,9 min e 0,8 min. Percebe-se que o tempo de acesso ao metrô, embora ainda seja menor do que os 5 minutos estabelecido como referência, o é por uma pequena margem. Dessa forma, diversos usuários desse modo de transporte levam mais tempo do que o desejável para chegar à estação.

Nota-se também que até então não havia sido observado um tempo de acesso ao automóvel maior do que 0,0. O valor observado, 0,8 min, destaca que para alguns indivíduos na zona TOD o acesso ao carro não é tão facilitado, provavelmente por falta de vagas em seus domicílios ou em locais próximos aos mesmos.

d) Destinos acessíveis

A zona conta com aproximadamente 19.759 empregos, o que resulta em uma razão de empregos por habitantes de cerca de 0,9, maior do que o valor desejado de 0,5.

e) Propostas

A zona TOD de Botafogo, assim como a de Coelho Neto, apresentou problema principalmente relacionados à mobilidade verde e justa socialmente. No entanto, nota-se que as situações das duas estações quanto aos seus ambientes construídos são bem diferentes.

Os modos não motorizados possuem pouca participação na divisão modal da região, resultando na má avaliação da mobilidade verde. Ao se estudarem as dimensões do ambiente urbano, observa-se um baixo indicador de densidade de quadras e um elevado tempo de acesso à estação do metrô. Uma vez que a zona já se encontra muito consolidada, permitindo poucas ou nenhuma alteração no traçado viário local, uma solução seria o investimento em ainda mais infraestrutura cicloviária, aliado a medidas que tornem o uso da bicicleta mais seguro na região, como a definição de Zonas 30 (Villada, 2016).

Como já comentado anteriormente, os elevados tempos de viagem observados na região são provavelmente decorrência do fato de Botafogo ser uma zona com muita oferta de empregos, como pôde ser visto pelo indicador representativo da dimensão “destinos

acessíveis”. O alto tempo gasto em transporte público, portanto, refletiria, na verdade, a situação de moradores de outras regiões da cidade, e não de Botafogo. Dessa forma, propõe-se o aprimoramento e investimentos no transporte público metropolitano como um todo e o fomento a políticas de geração de empregos pelo território do estado (Villada, 2016).

IV. Afonso Pena

A zona TOD foi a que apresentou a mobilidade praticada no local mais condizente com a definição de mobilidade sustentável adotada neste trabalho. Seu índice N_{TOD} foi o maior dentre as estações estudadas, sendo o único considerado aceitável, expandindo o valor de 0,75 como o desejado para o índice também.

O atributo que mais merece atenção nesta análise é a mobilidade verde. A mobilidade produtiva, embora tenha apresentado um valor menor do que o desejado, o fez por 0,01 pontos. No entanto, as dimensões que são possíveis fatores causas para este atributo também serão analisadas.

a) Densidade urbana

A densidade demográfica desta zona TOD foi calculada em 28.436 habitantes/km², superior aos 19.400 habitantes/km² considerado como referência, desta forma beneficiando possíveis projetos de DOTS na região.

b) Diversidade do uso do solo

Esta zona apresenta 75% de sua área construída com uso residencial, enquanto 25% é de uso não residencial. Assim, a entropia assume um valor de 0,81, abaixo do valor máximo de 1,0, também considerado como desejado.

c) Desenho urbano

Foram contabilizados 24 quarteirões inscritos na zona, resultando numa densidade de 30,5 quadras/km², abaixo do valor de referência. Não há infraestrutura cicloviária na estação, implicando que seu indicador representativo é igual a 0.

d) Disponibilidade de transporte público

Os tempos médios de acesso à estação de metrô Afonso Pena, ao ônibus municipal e ao veículo individual são, respectivamente, 3,7 min, 2,0 min e 0,1 min. Novamente, ainda que o tempo de acesso ao metrô esteja abaixo de 5 minutos, seu valor relativamente alto significa que possivelmente determinados indivíduos levem um tempo maior no percurso até a estação.

e) Propostas

O principal atributo que requer atenção nesta zona é a mobilidade verde. Tanto o desenho urbano quanto a diversidade do uso do solo, dois dos três possíveis fatores causais para problemas neste atributo, apresentaram seus indicadores representativos com valores abaixo dos de referência.

Quanto ao desenho urbano, assim como na zona TOD de Botafogo, mudanças no traçado viário existente seriam de difícil execução e articulação, devido ao alto grau de consolidação do espaço urbano existente. Deve-se, portanto, promover o uso da bicicleta na região, através de investimentos em ciclovias e infraestrutura de suporte ao modo, como bicicletários e oficinas de manutenção (Villada, 2016).

Em se tratando da diversidade do uso do solo, pôde-se observar que os usos não residenciais na estação são minoria na zona TOD. Prover mais atividades na região seria positivo, pois diminuiria a necessidade de se realizar viagens motorizadas para alcançar serviços que estejam a maiores distâncias e fomentaria a economia local, criando mais empregos. A melhora desta dimensão também afetaria positivamente o atributo de mobilidade produtiva, que exibiu comportamento ligeiramente aquém do desejado.

5 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS

A primeira questão a ser investigada neste capítulo é a possível existência de uma correlação entre a pontuação conferida ao ambiente urbano de uma área de estação pela metodologia do ITDP e o índice de aderência à sustentabilidade da mobilidade local na zona TOD da metodologia de Villada, N_{TOD} .

Como já foi visto anteriormente, a correlação entre algumas dimensões do ambiente construído e a mobilidade sustentável não se mostra tão significativa em países em desenvolvimento quanto em países desenvolvidos (Cervero *et al.*, 2009). No entanto, é interessante avaliar se é possível estabelecer uma correlação significativa no contexto específico desta pesquisa, a partir das duas metodologias estudadas.

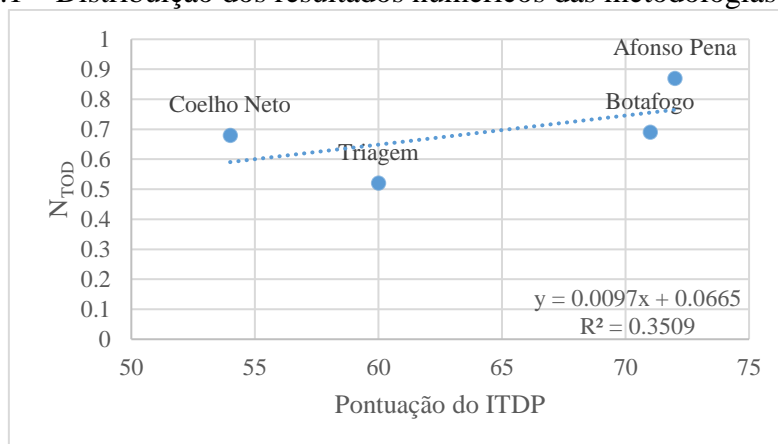
Para isso, os resultados numéricos das mesmas, apresentados na Tabela 5.1, foram utilizados para conceber a Figura 5.1. Uma linha de tendência foi traçada a partir da posição de cada ponto; a equação que define esta reta e seu coeficiente de determinação (R^2) podem ser observados no canto inferior direito da área do gráfico.

Tabela 5.1 – Resultados numéricos das metodologias estudadas

Estações	N_{TOD}	Pontuação ITDP
Afonso Pena	0,87	72
Botafogo	0,69	71
Triagem	0,52	60
Coelho Neto	0,68	54

Fonte: Elaboração própria

Figura 5.1 – Distribuição dos resultados numéricos das metodologias estudadas



Fonte: Elaboração própria

Como pode ser notado pelo baixo valor de R^2 , os resultados numéricos das metodologias possuem uma correlação fraca entre si, corroborando com as conclusões de Cervero *et al.* (2009).

Contudo, é importante ressaltar que o espaço amostral deste trabalho é muito reduzido: apenas 4 das 41 estações de metrô foram avaliadas. Um estudo mais aprofundado, abrangendo um maior número de estações, é necessário para se chegar a conclusões mais definitivas.

Dito isso, deve-se analisar também as soluções propostas por cada metodologia. Embora a metodologia de Villada introduza a etapa de avaliação da mobilidade local, buscando a intervenção sobre as dimensões que de fato se mostrem problemáticas para o padrão de viagens na região, essa complexidade adicional pode se mostrar desnecessária caso as soluções sugeridas por ambas as metodologias sejam as mesmas. Assim como as propostas foram elencadas anteriormente, elas serão analisadas por estação.

5.1 TRIAGEM

Na metodologia do ITDP, a área da estação Triagem foi má avaliada nos temas “conectividade do espaço urbano”, “condições de circulação para transportes ativos” e “diversidade socioeconômica”. Ademais, foi constatada também uma baixa densidade demográfica na região.

Foi considerado, nesta seção, que as métricas que obtiveram pontuação menores que ou igual a 3 (no caso das métricas de densidade demográfica e área não edificada ou subutilizada, maiores que ou igual a 2) refletem condições urbanas que necessitam de ações de intervenção. A Tabela 5.2 relaciona essas métricas com os princípios que as norteiam.

A metodologia de Villada, por sua vez, oferece o diagnóstico de que a zona TOD sofre de problemas no que tange aos atributos da mobilidade: “segura”, “verde” e “produtiva”. Ao se estudar as dimensões do ambiente construído que mais exercem influência sobre esses atributos, constatou-se que tanto a densidade urbana quanto o desenho urbano apresentam oportunidades de atuação. A Tabela 5.3 apresenta a relação dos indicadores com valores abaixo dos de referência e as dimensões que estes representam.

Tabela 5.2 – Métricas que evidenciam necessidade de ações de intervenção na área de estação Triagem

Métrica	Princípios norteadores
Densidade demográfica	Adensar; compactar
Densidade de quadras	Conectar
Conexão com linhas de transporte de média e alta capacidade	Conectar; compactar; transporte público
Existência de elementos indutores de segregação física	Conectar
Percentual de domicílios com calçada no entorno	Caminhar
Percentual de domicílios com iluminação pública no entorno	Caminhar; pedalar
Percentual de domicílios com arborização no entorno	Caminhar; pedalar
Distribuição de renda dos moradores da região	Misturar

Fonte: Elaboração própria

Tabela 5.3 – Indicadores que revelam oportunidades de atuação na zona TOD de Triagem

Indicador	Dimensão representada
Densidade demográfica	Densidade urbana
Densidade de quadras; densidade de infraestrutura ciclovária	Desenho urbano

Fonte: Elaboração própria

A Tabela 3.10 apresenta uma relação entre os princípios utilizados na metodologia do ITDP e as dimensões utilizadas na metodologia de Villada. Percebe-se, a partir dessas relações, que as dimensões equivalentes aos princípios “transporte público” e “misturar” não são vistas como problemáticas na análise feita por Villada.

A dimensão “disponibilidade de transporte público” foi bem avaliada na zona TOD de Triagem, com baixos tempos de acesso tanto para a estação de metrô (e imagina-se que, conseqüentemente, para o trem também, por sua estação estar localizada junta à de metrô) quanto para o ônibus municipal. Na verdade, a pontuação “baixa” da métrica “conexão com linhas de transporte de média e alta capacidade” se dá pela natureza da mesma, que pode apenas assumir as pontuações 0, 3 ou 5, não existindo valores intermediários.

Já a métrica “distribuição de renda dos moradores da região”, embora esteja relacionada ao princípio “misturar” e, conseqüentemente, às dimensões “diversidade do uso do solo” e “destinos acessíveis”, não possui um indicador correspondente na

metodologia de Villada, como discutido anteriormente. Dessa forma, embora as duas metodologias tenham avaliado positivamente o uso e a ocupação do solo na região, o princípio “misturar” ainda assim se apresenta como um potencial foco de intervenção.

É difícil comparar as soluções de fato propostas pelas duas metodologias, visto que as recomendações feitas a partir do resultado da metodologia do ITDP foram, na verdade, elaboradas pelo autor deste presente trabalho, ao passo que Villada elaborou propostas de ações a partir do resultado de sua metodologia. A proposição de ações é um ato dotado de certa subjetividade, e não é possível afirmar que Villada, por exemplo, proporia as mesmas intervenções que o autor aqui o fez.

Na prática, também, as intervenções, pela metodologia do ITDP, seriam formuladas apenas durante a fase 2 da metodologia e, preferencialmente, após um estudo aprofundado no qual também seria utilizado o “Padrão de Qualidade DOTS”.

No entanto, buscou-se diminuir esta subjetividade a partir das análises feitas nos capítulos e nas seções anteriores a partir das Tabelas 5.2, 5.3 e 3.10. Nota-se, dessa forma, que as proposições feitas por Villada tratam dos temas de adensamento populacional e conexão urbana, sendo similares às propostas feitas pelo autor com base nos resultados da metodologia do ITDP. Porém, contam com um nível de detalhamento maior (como a sugestão do uso da área militar para fins residenciais, por exemplo), que, como comentado anteriormente, não pode ser alcançado apenas com a fase 1 da metodologia do ITDP.

5.2 COELHO NETO

De forma parecida com a estação Triagem, a área da estação Coelho Neto, quando avaliada pela metodologia do ITDP, apresentou problemas nos temas “conectividade do espaço urbano”, “condições de circulação para transportes ativos” e “diversidade socioeconômica” e exibiu uma baixa densidade populacional. Adicionalmente, grande parcela de sua área total é ocupada por áreas não edificadas ou subutilizadas, abrindo outra possível frente de atuação no local. A Tabela 5.4 relaciona as métricas que obtiveram baixas pontuações e os princípios que as norteiam.

O diagnóstico da metodologia de Villada, por sua vez, aponta para a mobilidade verde e a justa socialmente como deficitárias na zona. A investigação mais a fundo das dimensões que podem atuar como fatores causais para isso indicou problemas no desenho urbano e nos destinos acessíveis. A Tabela 5.5 apresenta os indicadores relacionados a essas dimensões.

Tabela 5.4 – Métricas que evidenciam necessidade de ações de intervenção na área de estação Coelho Neto

Métrica	Princípios norteadores
Densidade demográfica	Adensar; compactar
Áreas não edificadas ou subutilizadas	Adensar; misturar; compactar; mudar
Densidade de quadras	Conectar
Conexão com linhas de transporte de média e alta capacidade	Conectar; compactar; transporte público
Existência de elementos indutores de segregação física	Conectar
Percentual de domicílios com calçada no entorno	Caminhar
Percentual de domicílios com iluminação pública no entorno	Caminhar; pedalar
Percentual de domicílios com arborização no entorno	Caminhar; pedalar
Distribuição de renda dos moradores da região	Misturar

Fonte: Elaboração própria

Tabela 5.5 – Indicadores que revelam oportunidades de atuação na zona TOD de Coelho Neto

Indicador	Dimensão representada
Densidade de quadras; densidade de infraestrutura ciclovária	Desenho urbano
Razão de empregos por habitantes	Destinos acessíveis

Fonte: Elaboração própria

A partir da equivalência entre os princípios e dimensões traçados anteriormente, nota-se que o foco das ações propostas pelas duas metodologias para a região seria diferente. Enquanto as de Villada focariam nas dimensões mencionadas acima, as do ITDP também se atentariam à densidade demográfica e aos princípios “transporte público” e “mudar” (este que não possui uma dimensão correspondente dentre as 5 aqui utilizadas).

A dimensão “destinos acessíveis” surge, aparentemente, como o principal fator causal dos longos tempos de viagem em transportes públicos observados na zona: a baixa oferta de empregos no local obriga os moradores a realizar demorados deslocamentos para chegarem aos seus trabalhos. O fomento à economia local e o investimento em novos empreendimentos poderia resolver este problema.

Deve-se notar que, assim como a metodologia de Villada não estuda a diversidade socioeconômica da região, a do ITDP não entra em detalhes na questão de quantidade de

postos de trabalho na área de estação. A pontuação nula da métrica relacionada à quantidade de linhas de transporte de média e alta capacidade poderia ser um indicativo de que a população da região sofre com o transporte público, e a inauguração de outros corredores de transportes na zona poderia de fato resolver os problemas da população local relacionados à duração das viagens no transporte público, porém por vias diferentes e mais onerosas.

A classificação de grandes áreas de estacionamento observadas como subutilizadas também diferencia a metodologia do ITDP da de Villada. Embora este comente sobre áreas com baixo aproveitamento que poderiam ser utilizadas em parcerias público-privadas (PPPs), em uma proposta de nível mais tático, não menciona as áreas utilizadas como estacionamento na região.

De forma geral, os demais problemas observados por ambas as metodologias se assemelham, com exceção da diversidade socioeconômica, estudada apenas na metodologia do ITDP, que novamente apresentou valores considerados baixos. As duas apontam o desenho urbano e a quantidade de elementos segregadores (embora Villada comente sobre o segundo apenas de forma complementar, uma vez que este ponto não consta formalmente no procedimento elaborado por ele) como fatores que desencorajam o transporte ativo na região.

Percebe-se, portanto, que, embora existam pontos em comum recomendados por ambas as metodologias, como a melhoria da conectividade do espaço urbano, muitas das ações derivadas das propostas de Villada focariam na consolidação de mais serviços na região, ao passo que a análise dos resultados da metodologia do ITDP levaria a iniciativas de adensamento populacional.

5.3 BOTAFOGO

A área da estação Botafogo apenas foi mal avaliada no tema “conectividade do espaço urbano”, mais especificamente nas métricas relacionadas à existência de elementos que induzem a segregação espacial e de outras linhas de transporte de média e alta capacidade na região. Ela também obteve pontuação nula nas métricas de densidade demográfica e áreas subutilizadas, embora isso não represente um problema, como mencionado anteriormente. A Tabela 5.6 mostra os princípios que orientam as métricas mal avaliadas da estação.

Tabela 5.6 – Métricas que evidenciam necessidade de ações de intervenção na área de estação Botafogo

Métrica	Princípios norteadores
Conexão com linhas de transporte de média e alta capacidade	Conectar; compactar; transporte público
Existência de elementos indutores de segregação física	Conectar

Fonte: Elaboração própria

A análise da mobilidade praticada no local, por sua vez, revelou problemas na mobilidade verde e justa socialmente. Ao se investigar os possíveis fatores causais dessa situação, observam-se oportunidades de ação no que tange às dimensões “desenho urbano” e “disponibilidade de transporte público” (que, mesmo que seu indicador apresente um valor considerado bom, evidencia uma situação problemática para um grupo de indivíduos). A Tabela 5.7 exhibe os indicadores relacionados a estas dimensões.

Tabela 5.7 – Indicadores que revelam oportunidades de atuação na zona TOD de Botafogo

Indicador	Dimensão representada
Densidade de quadras; densidade de infraestrutura cicloviária	Desenho urbano
Tempo de acesso médio ao transporte público	Disponibilidade de transporte público

Fonte: Elaboração própria

Os resultados das duas metodologias, portanto, tem como ponto em comum uma má avaliação da conectividade do espaço urbano na região em torno da estação de Botafogo, embora discordem do porquê disto. Nota-se que a métrica de densidade de quadras na metodologia do ITDP obteve 4 dos 5 pontos possíveis, o que se considerou uma pontuação satisfatória. No entanto, esta mesma métrica foi apontada por Villada como problemática, e este sugeriu que o traçado viário na região também pode ser o responsável pelos grandes tempos de acesso ao transporte público observados.

Primeiro, nota-se que os valores de densidade de quadras encontrados em cada metodologia foram diferentes. Villada calculou a mesma em 35,6 quadras/km², enquanto que a partir da metodologia do ITDP esta foi calculada em 47,1 quadras/km². Ainda que alguma variação fosse esperada, devido às diferenças entre os tamanhos e formatos das áreas estudadas, a diferença observada é bastante significativa (de forma geral, as densidades calculadas por Villada foram menores do que as calculadas pelo método do ITDP). Isto se dá pelo fato de que Villada apenas contabilizou as quadras com mais da

metade de sua área inscritas na zona TOD, enquanto o método do ITDP não emprega nenhum critério parecido com este.

Segundo, os valores de referências estabelecidos pelas metodologias para este indicador são diferentes. A pontuação máxima desta métrica é concedida pela metodologia do ITDP para densidades maiores que 55 quadras/km², enquanto Villada estabeleceu a densidade desejada como 84 quadras/km². Essa diferença deriva dos comprimentos das quadras desejados pelas metodologias: a do ITDP utiliza o valor definido pelo “Padrão de Qualidade DOTS” (2017), 110 metros, e a de Villada usa 90 metros.

Percebe-se, portanto, que não apenas a metodologia de Villada é mais rígida quanto à contabilização de quadras no interior das áreas estudadas como também estabelece um valor de referência mais alto. Deriva destes dois pontos a diferença no parecer dado quanto à densidade de quadras no entorno da estação.

Pode-se notar que o resultado de ambas as metodologias dá pouca margem à elaboração de propostas para a área estudada. O ponto que poderia se abordar a partir do resultado da metodologia do ITDP concerne à implementação de um novo corredor de transporte de média e alta capacidade na região ou à articulação dos sistemas existentes para aumentar a demanda do sistema de metrô, o que requereria estudos muito mais aprofundados do que os feitos aqui. Villada, por sua vez, faz propostas que ou se mostram vagas, como a priorização e o aprimoramento do serviço de transporte público na região metropolitana, ou necessitam de diversas outras análises para terem sua viabilidade avaliada, como a implantação de Zonas 30 e a eliminação do estacionamento lateral para a implantação de ciclofaixas (Villada, 2016).

5.4 AFONSO PENA

Como comentado anteriormente, a área da estação Afonso Pena foi avaliada de forma quase idêntica à de Botafogo pela metodologia do ITDP, obtendo pontuações baixas nas métricas relacionadas de elementos que induzem a segregação física, de outras linhas de transporte de média e alta capacidade na região, de densidade demográfica e de áreas não edificadas subutilizadas. A Tabela 5.7 mostra os princípios que orientam as métricas mal avaliadas da estação (não inclusas aqui as que pertencem ao tema “uso e ocupação do solo”).

Tabela 5.7 – Métricas que evidenciam necessidade de ações de intervenção na área de estação Afonso Pena

Métrica	Princípios norteadores
Conexão com linhas de transporte de média e alta capacidade	Conectar; compactar; transporte público
Existência de elementos indutores de segregação física	Conectar

Fonte: Elaboração própria

Já a mobilidade praticada no local apresenta problemas em seus atributos “verde” e “produtiva” (ainda que, este segundo, apenas marginalmente). O estudo das dimensões que podem atuar como fatores causais dos padrões de viagem observados evidenciou deficiências nas dimensões “desenho urbano” e “diversidade do uso do solo”. A Tabela 5.8 exibe os indicadores relacionados a estas dimensões.

Tabela 5.8 – Indicadores que revelam oportunidades de atuação na zona TOD de Afonso Pena

Indicador	Dimensão representada
Densidade de quadras; densidade de infraestrutura cicloviária	Desenho urbano
Entropia das classes de uso do solo	Diversidade do uso do solo

Fonte: Elaboração própria

Constata-se que, novamente, ambas as metodologias classificam o desenho urbano negativamente, embora apresentem a mesma discrepância quanto à avaliação da densidade de quadras.

Outro ponto de divergência está relacionado à diversidade do uso do solo, que seria o provável fator causal dos problemas constatados na mobilidade produtiva. Enquanto a metodologia do ITDP avalia este item positivamente, a partir da métrica “área residencial com atividades complementares” (cerca de 80% da área de estação corresponde a este uso), a de Villada o faz negativamente, visto que a entropia das classes de uso do solo na região foi menor do que 1.

Esta divergência é consequência de diferenças nas bases de dados utilizadas no cálculo desses indicadores. A metodologia do ITDP utiliza um mapa de classificação de uso do solo; para que o uso seja considerado residencial com atividades complementares deve haver uma mistura vertical de usos em um mesmo prédio (por exemplo, atividades comerciais no térreo de um edifício residencial) ou uma mistura horizontal na quadra (definida como a existência de pelo menos uma atividade complementar por lado da

quadra considerada). Já a de Villada utiliza uma base disponibilizada pela Prefeitura do Rio que classifica os imóveis quanto ao seu uso, divulgando também a área construída para cada uso. Um quarteirão, portanto, composto majoritariamente por prédios residenciais que apresenta alguns serviços como bares e mercados, pode ser classificado como “residencial com atividades complementares” e apresentar entropia menor do que 1, dependendo do tamanho das edificações.

O próprio Villada sugere a revisão da utilização da entropia como indicador de diversidade do uso do solo, visto que não necessariamente uma zona com porcentagem igual de área construída de diferentes usos é equilibrada ou desejada (Villada, 2016).

Dessa forma, as propostas elencadas por Villada se concentram em torno da implementação de infraestrutura cicloviária e da promoção de mais atividades na região, o que beneficiaria o acesso às mesmas para os próprios moradores da zona e atrairia indivíduos de outros locais, melhorando o balanceamento da demanda da estação. Assim como no caso da estação Botafogo, a metodologia do ITDP pouco oferece à proposta de soluções, visto que a melhora das métricas que obtiveram baixa pontuação só seria possível de forma muito custosa e requereria um planejamento mais robusto.

5.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Buscou-se, neste capítulo, comparar os resultados das aplicações das metodologias e as possíveis propostas derivadas das mesmas. Para isso, realizou-se tanto uma avaliação quantitativa, dos índices produzidos pelas metodologias, quanto uma qualitativa, baseada nos princípios e dimensões nos quais as métricas e indicadores se baseiam. Foram também avaliadas as propostas oferecidas por Villada e elaboradas pelo autor deste trabalho com base na metodologia do ITDP.

Pôde-se constatar o que foi teorizado ao longo do capítulo 3: a metodologia do ITDP, por contar com mais métricas representativas do ambiente construído, oferece um diagnóstico mais amplo das condições do ambiente construído nas regiões estudadas. Por sua vez, quanto melhor o desempenho das áreas na metodologia, mais complicada se tornava a análise dos resultados e, conseqüentemente, mais difícil se tornava a proposição de ações para enfrentar os problemas (possivelmente, não) observados.

As propostas de Villada para as duas estações que obtiveram bom desempenho na fase 1 da metodologia do ITDP, Botafogo e Afonso Pena, também não foram muito elucidativas. No entanto, percebe-se que uma avaliação anterior dos padrões de viagem

das regiões confere ao pesquisador ou tomador de decisão maior robustez no embasamento das ações a serem implementadas.

É difícil chegar a conclusões quanto à efetividade das proposições feitas com base nas duas diferentes metodologias. Villada, entretanto, propõe soluções que abordam os problemas observados na mobilidade, mesmo que essas pareçam de difícil execução e generalistas. As propostas feitas a partir dos resultados da metodologia do ITDP, por sua vez, são mais detalhadas, por abrangerem um maior número de variáveis do ambiente construído, porém não necessariamente abordam os problemas de mobilidade observados nas áreas estudadas.

Devido ao reduzido espaço amostral, também é difícil concluir que a avaliação da mobilidade levaria a medidas e soluções diferentes do que aquelas propostas no caso de se analisar apenas a acessibilidade. Em duas das quatro estações os resultados das aplicações foram similares: para Triagem, as recomendações foram parecidas e abordaram os mesmos princípios; para Botafogo, poucas propostas concretas e viáveis puderam elaboradas. Para a estação Afonso Pena, a diferença nos resultados se dá pelos critérios utilizados (como no caso da densidade de quadras) e pela escolha de indicadores e bases de dados, não sendo decorrente da avaliação preliminar da mobilidade. Apenas para uma das estações, Coelho Neto, há uma diferença notável entre as propostas (embora também haja diversos pontos comuns nelas), visto que a densidade urbana não foi considerada um fator causal para os problemas de mobilidade observados próximos a estação na metodologia de Villada.

Notou-se uma tendência no trabalho de Villada de justificar a situação observada da mobilidade com base em interpretações aparentemente subjetivas dos dados disponíveis, o que poderia enfraquecer as propostas feitas. Por exemplo, no caso dos grandes tempos de viagem observados em Botafogo, justificou-se o observado pelo fato de que os entrevistados não necessariamente eram moradores da região, embora não se tenha argumentado o mesmo para os também grandes tempos observados para Coelho Neto. Ainda em relação a isso, outro fator explicativo utilizado foi a grande razão de empregos por habitantes, o que requereria que muitos indivíduos de outras zonas se deslocassem para Botafogo, embora não se tenha observado tempos de viagem grandes no caso de Triagem, que apresenta uma razão empregos/habitantes ainda maior. As curtas viagens de Triagem foram explicadas com base na sua aparente proximidade com o centro da cidade, embora, na verdade, o acesso às estações do Centro seja mais rápido a partir da estação de Botafogo (como teste, foi utilizado o *Google Maps* para calcular o tempo

de acesso à estação Uruguaiana – foi verificado que entre Botafogo e Uruguaiana o percurso levaria 11 minutos, e entre Triagem e Uruguaiana levaria 15 minutos).

Dessa forma, deve-se buscar uma relação mais assertiva entre as dimensões do ambiente construído e os atributos da mobilidade sustentável. Se sugere também a utilização de mais indicadores na avaliação do ambiente construído, assim como faz a metodologia do ITDP, o que tornaria a avaliação mais robusta.

Por parte da metodologia do ITDP, nota-se que a mesma não oferece subsídios adequados para a formulação de propostas a partir de um certo nível de pontuação (por exemplo, o caso das estações Botafogo e Afonso Pena, que foram avaliadas de forma quase idêntica). De fato, a ferramenta não se propõe a isso, e o ITDP recomenda a utilização do “Padrão de Qualidade DOTS” para estes fins. No entanto, o “Padrão de Qualidade DOTS” também não realiza um diagnóstico da mobilidade local, analisando apenas a acessibilidade, o que poderia levar a investimentos realizados em pontos que não afetariam a mobilidade como o necessário. Esta pesquisa, entretanto, não se mostrou conclusiva quanto à existência de uma diferença nas soluções decorrente da avaliação preliminar da mobilidade, o que necessitaria de um espaço amostral maior.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A busca por padrões de viagens mais sustentáveis é um dos grandes objetivos de planejadores de transporte desde que o conceito de sustentabilidade foi estabelecido como nós o conhecemos hoje em dia.

Para que esses padrões sejam alcançados, no entanto, é necessário investir não apenas em sistemas de transportes mais modernos, eficientes, velozes e menos poluentes. Como visto ao longo do capítulo 2, é imprescindível que haja a articulação entre transportes e uso do solo para que as condições de acessibilidade promovam uma mobilidade mais sustentável. Densidades populacionais e de oportunidades significativas, condições adequadas de caminhabilidade e de uso da bicicleta, uma mistura eficiente de diferentes usos do solo são algumas das características que afetam a maneira pela qual os cidadãos se deslocam nos ambientes urbanos.

Surge daí o conceito de desenvolvimento orientado ao transporte sustentável. Originalmente cunhado no final dos anos 1980 e difundido ao longo dos anos 1990 e 2000, a implementação de projetos norteados sobre os princípios e as diretrizes do DOTS é algo razoavelmente recente, principalmente no Brasil.

Foram então elaboradas metodologias que estudam e avaliam o ambiente construído sob a luz do conceito de DOTS. Neste trabalho foram estudadas de forma mais aprofundada duas dessas ferramentas: a “Ferramenta para Avaliação do Potencial de DOTS em Corredores de Transportes”, do ITDP Brasil, e o “Procedimento Metodológico para a Aplicação do TOD em Países em Desenvolvimento”, de César Villada.

Como comentado ao longo do trabalho, as metodologias, embora possuam diversas semelhanças, se apoiam sobre premissas distintas: a do ITDP segue uma abordagem que foi chamada de tradicional, assumindo que benefícios na acessibilidade implicarão em uma mobilidade mais sustentável. A de Villada segue um caminho diferente. Primeiro são avaliados os padrões de viagem observados na região para que depois sejam propostas ações que hajam sobre problemas observados na mobilidade.

Essa diferença de abordagem, no entanto, não foi responsável por grandes diferenças nos resultados das metodologias. A isso pode ser atribuído diversos fatores causais. Como o próprio Villada comenta em seu trabalho, a pesquisa O/D que compõe PDTU da Região Metropolitana do Rio de Janeiro possui limitações que impossibilitam a aplicação do procedimento como proposto.

Por exemplo, não são divulgadas as taxas de imobilidade, indicador representativo do atributo “mobilidade inclusiva”. Como esse atributo havia sido eleito como o segundo mais importante dentre os cinco estabelecidos por Mello (2015), o índice N_{TOD} já perde com isso grande representatividade. Os tempos dispendidos em viagens de transporte público divulgados também não são adequados para utilização na metodologia, uma vez que não necessariamente dizem respeito aos tempos de viagem dos moradores das zonas de análise de tráfego estudadas, e sim a de qualquer pessoa que pudesse estar apenas de passagem pela mesma.

Outro problema observado na metodologia de Villada foi a utilização de poucos indicadores na representação das dimensões que caracterizam o ambiente construído, segundo Cervero *et al.* (2009). Enquanto a metodologia utiliza 13 métricas para representar 5 temas, a de Villada utiliza apenas 5 indicadores na representação das 5 dimensões. Quaisquer problemas observados em relação a um desses indicadores, como Villada, por exemplo, comenta em relação ao uso da entropia como expressão da diversidade do uso do solo, são exacerbados devido à baixa diversificação dos indicadores utilizados, podendo comprometer a qualidade dos resultados obtidos pela metodologia.

Já em relação à metodologia do ITDP, o principal problema observado foi na caracterização da ferramenta em si. O título “Ferramenta para Avaliação do Potencial de DOTS em Corredores de Transportes” e a descrição da metodologia não deixam claro o significado do potencial a que se refere. Seriam áreas já orientadas ao transporte sustentável dotadas de grande potencial para projetos do tipo, ou áreas desenvolvidas a partir de um modelo mais tradicional de desenvolvimento possuem maior potencial, exatamente por não serem orientadas ao transporte sustentável (nesse caso o potencial faria referência a uma possível grande transformação na região).

Embora esta pareça apenas uma discussão sobre a semântica de uma palavra utilizada no título, a mesma se faz importante para entender a ferramenta de maneira completa. Como comentado anteriormente no capítulo 3, as métricas de densidade populacional e de áreas não edificadas ou subutilizadas são as únicas que concedem maior pontuação para áreas que não estejam em consonância com os conceitos de DOTS (ou seja, locais menos densos ganham mais pontos, assim como os locais que apresentam mais áreas subutilizadas). Seria isto porque se julga que áreas menos densas possuem maior potencial por exigirem menor esforço de demolições e deslocamentos de indivíduos de suas residências para a implementação de projetos de DOTS? Neste caso, não poderia também se avaliar positivamente, por exemplo, áreas que apresentam uma

grande concentração de um determinado uso, como o residencial, por exemplo, uma vez que existiria uma grande demanda por serviços, comércio e atividades de lazer na área, facilitando a implantação desses usos na região? Indo ainda um pouco mais fundo nessa discussão, não seriam essas perguntas respondidas apenas durante a fase 2, quando atores relevantes das áreas estudadas seriam consultados quanto à viabilidade financeira, política, social e técnicas dos projetos? Estes são alguns dos questionamentos que podem surgir em decorrência de uma definição não muito clara do escopo da metodologia.

Também se sugere alterar a forma de avaliação do tema diversidade socioeconômica. Como mostrado no Gráfico 4.1, o valor normalizado desse indicador possui uma correlação positiva com a renda média das áreas analisadas: quanto maior a renda média, maior o valor do indicador. O uso desse indicador atualmente favorece áreas com populações de classes socioeconômicas mais altas.

Outro ponto que merece possível destaque na metodologia do ITDP é o controle de validação que faz referência às redes de abastecimento de água e de coleta de esgoto. Áreas que apresentam menos de 70% de seus domicílios conectados a essas redes automaticamente tem seu desempenho classificado como baixo, independente das outras métricas.

Isso se justifica, na ferramenta, pelo fato de que intervenções nessa área acabariam por promover maior espalhamento da forma urbana e seriam responsáveis por grandes custos para os órgãos responsáveis. No entanto, embora esse investimento possa não se justificar do ponto de vista do DOTS, entende-se que é importante garantir uma boa qualidade de vida em torno de todas as estações dos corredores de transportes avaliados, o que também permitiria uma implementação futura de projetos de DOTS nesses locais. Propõe-se, portanto, que estas métricas deixem de ser eliminatórias, passando a assinalar áreas prioritárias para sofrerem intervenções.

Parece também haver espaço para o desenvolvimento de mais pesquisas que buscam relacionar a acessibilidade com a mobilidade no contexto de cidades brasileiras. Uma primeira, por exemplo, buscaria compreender mais a fundo as relações entre os indicadores de acessibilidade e os da mobilidade sustentável, contribuindo para o processo de seleção de indicadores em metodologias, como as estudadas aqui. Outra seria entender se existe uma correlação entre a demanda de estações de corredores de transporte de média e alta capacidade com as condições do ambiente urbano em seu entorno.

Por fim, esse trabalho apresentou algumas limitações que podem ser eventualmente sanadas em trabalhos futuros. A principal delas, e talvez mais evidente, é

o pequeno espaço amostral utilizado. Apenas 4 das 41 estações do sistema de metrô do Rio de Janeiro foram estudadas. Isso se deu principalmente devido a inadequações na base de usos do solo disponibilizadas pela Prefeitura do Rio em seu portal data.rio, classificando áreas de forma errônea (como mostrado no capítulo 4). Como resultado, é necessário mapear os usos do solo de todas as áreas de estação analisadas, o que demanda muito tempo (o mapeamento dos usos no entorno de cada área de estação levou entre 3h e 6h ao autor).

As recomendações feitas às metodologias, comentadas ao longo desse capítulo, também podem ser implementadas por futuros trabalhos. Pode-se, por exemplo, concentrar em complementar a metodologia de Villada para esta conte com mais indicadores na representação do ambiente construído, ou também trabalhar em conjunto com o ITDP Brasil para realizar as alterações sugeridas à ferramenta.

REFERÊNCIAS

ALVES, P.; RAIJA JR., A. A. Mobilidade e Acessibilidade Urbanas Sustentáveis: A Gestão da Mobilidade no Brasil. VI Congresso de Meio Ambiente da AUGM, 2009, São Carlos.

AZEVEDO FILHO, M. A. N. **Análise do processo de planejamento dos transportes como contribuição para a mobilidade urbana sustentável**. 2012. 190 Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Universidade de São Paulo, São Carlos.

BANISTER, D. The sustainable mobility paradigm. **Transport Policy**, v. 15, n. 2, p. 73-80, 2008.

BERTOLINI, L.; LE CLERCQ, F.; KAPOEN, L. Sustainable accessibility: a conceptual framework to integrate transport and land use plan-making. Two test-applications in the Netherlands and a reflection on the way forward. **Transport Policy**, v. 12, n. 3, p. 207-220, 2005.

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

BRASIL. Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2012. Disponível em: <
http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/ Ato2011-2014/2012/Lei/L12587.htm >.
Acesso em: 09 jan. 2019.

CALTHORPE, P. **The Next American Metropolis: Ecology, Community and the American Dream**. New York: Princeton Architectural Press, 1993.

CARLTON, I. **Histories of Transit-Oriented Development: Perspectives on the Development of the TOD Concept**. University of California Berkeley, Institute of Urban and Regional Development (IURD). Berkeley, CA. 2009

CERVERO, R. Built environments and mode choice: toward a normative framework. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 7, n. 4, p. 265-284, 2002.

_____. Linking urban transport and land use in developing countries. **Journal of Transport and Land Use**, v. 6, n. 1, p. 7-24, 2013.

CERVERO, R.; SARMIENTO, O. L.; JACOBY, E.; GOMEZ, L. F.; NEIMAN, A. Influences of Built Environments on Walking and Cycling: Lessons from Bogotá. **International Journal of Sustainable Transportation**, v. 3, n. 4, p. 203-226, 2009.

CNT. Lei que trata da Política Nacional de Mobilidade Urbana completa cinco anos. 2017. Disponível em: < <http://www.cnt.org.br/Imprensa/noticia/lei-que-trata-da-politica-nacional-de-mobilidade-urbana-completa-cinco-anos> >. Acesso em: 09 jan. 2019.

CURTIS, C. Planning for sustainable accessibility: The implementation challenge. **Transport Policy**, v. 15, n. 2, p. 104-112, 2008.

DA SILVA, A. N. R.; DA SILVA COSTA, M.; MACEDO, M. H. Multiple views of sustainable urban mobility: The case of Brazil. **Transport Policy**, v. 15, n. 6, p. 350-360, 2008.

EWING, R.; CERVERO, R. Travel and the Built Environment: A Meta-Analysis. **Journal of the American Planning Association**, v. 76, n. 3, p. 265-294, 2010.

FORTALEZA. **Plano Fortaleza 2040: Cidade conectada, acessível e justa - Plano Mestre Urbanístico e de Mobilidade Urbana - Parte 1**. Instituto de Planejamento de Fortaleza (Iplanfor). Fortaleza. 2017a Disponível em: < http://fortaleza2040.fortaleza.ce.gov.br/site/assets/files/publications/fortaleza2040_volu-me-3-parte-1-urbanismo-e-mobilidade-urbana_06-03-2017.pdf >.

_____. **Plano Fortaleza 2040: Plano Fortaleza 2040**. Instituto de Planejamento de Fortaleza (Iplanfor). Fortaleza. 2017b Disponível em: <

http://fortaleza2040.fortaleza.ce.gov.br/site/assets/files/publications/fortaleza2040_volu-me-1-plano-fortaleza-2040_06-03-2017.pdf >.

FRUMKIN, H. Urban sprawl and public health. **Public Health Reports**, v. 117, n. 3, p. 201-217, 2002.

GRIECO, E. P. **Índice do ambiente construído orientado à mobilidade sustentável**. 2015. 154 Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Programa de Engenharia Urbana, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

GRIECO, E. P.; VILLADA, C. A. G.; BARROS, A. P. B. G.; SANCHES, S.; FERREIRA, M.; PORTUGAL, L. S. Microacessibilidade orientada ao transporte não motorizado. In: PORTUGAL, L. S. (Ed.). **Transporte, mobilidade e desenvolvimento urbano**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017. cap. 8,

HANDY, S. L. Highway Blues: Nothing a Little Accessibility Can't Cure. **ACCESS Magazine**, v. 1, n. 5, p. 3-7, 1994.

_____. Accessibility- vs. Mobility-Enhancing Strategies for Addressing Automobile Dependence in the U.S. **UC Davis: Institute of Transportation Studies (UCD)**, 2002.

HANDY, S. L.; BOARNET, M. G.; EWING, R.; KILLINGSWORTH, R. E. How the Built Environment Affects Physical Activity: Views from Urban Planning. **American Journal of Preventive Medicine**, v. 23, n. 2, p. 64-73, 2002.

HOUSTON, D.; BOARNET, M. G.; FERGUSON, G.; SPEARS, S. Can compact rail transit corridors transform the automobile city? Planning for more sustainable travel in Los Angeles. **Urban Studies**, v. 52, n. 5, p. 938-959, 2014.

ITDP. **TOD Standard 3.0**. New York. 2017

ITDP BRASIL. **Ferramenta para avaliação do potencial de DOTS em corredores de transportes**. Rio de Janeiro. 2016

_____. **Avaliação do Potencial de Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável (DOTS)**. Rio de Janeiro. 2017a

_____. **Guia de Implementação de Políticas e Projetos de DOTS**. Rio de Janeiro. 2017b

_____. **Avaliação do Potencial de DOTS no corredor de BHLS TransOceânica (Niterói-RJ)**. Rio de Janeiro. 2018

JACOBSON, J.; FORSYTH, A. Seven American TODs: Good practices for urban design in Transit-Oriented Development projects. **Journal of Transport and Land Use**, v. 1, n. 2, p. 51-88, 2008.

JEON, C. M.; AMEKUDZI, A. Addressing Sustainability in Transportation Systems: Definitions, Indicators, and Metrics. **Journal of Infrastructure Systems**, v. 11, n. 1, p. 31-50, 2005.

KNEIB, E. C.; PORTUGAL, L. S. Caracterização da acessibilidade e suas relações com a mobilidade e o desenvolvimento. In: PORTUGAL, L. S. (Ed.). **Transporte, mobilidade e desenvolvimento urbano**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017. cap. 4,

LEVINE, J.; GRENGS, J.; SHEN, Q.; SHEN, Q. Does Accessibility Require Density or Speed? **Journal of the American Planning Association**, v. 78, n. 2, p. 157-172, 2012.

LI, F.; FISHER, K. J.; BROWNSON, R. C.; BOSWORTH, M. Multilevel modelling of built environment characteristics related to neighbourhood walking activity in older adults. **J Epidemiol Community Health**, v. 59, n. 7, p. 558-64, 2005.

LITMAN, T. **Evaluating Accessibility for Transport Planning: Measuring People's Ability to Reach Desired Goods and Activities**. Victoria Transport Policy Institute. Victoria. 2018

LITMAN, T.; BURWELL, D. Issues in sustainable transportation. **International Journal of Global Environmental Issues**, v. 6, n. 4, p. 331-347, 2006.

MAGALHÃES, M. T. Q. **Fundamentos para a Pesquisa em Transporte: Reflexões filosóficas e a contribuição da ontologia de Bunge**. 2010. Tese (Doutorado). Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília.

MELLO, A. J. R. **A acessibilidade ao emprego e sua relação com a mobilidade e o desenvolvimento sustentáveis: O caso da região metropolitana do Rio de Janeiro**. 2015. Programa de Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Rio de Janeiro

MELLO, A. J. R.; PORTUGAL, L. S. Um procedimento baseado na acessibilidade para a concepção de Planos Estratégicos de Mobilidade Urbana: o caso do Brasil. **Revista EURE - Revista Latinoamericana de Estudios Urbano Regionales**, v. 43, n. 128, p. 99-125, 2017.

MINISTÉRIO DAS CIDADES; ITDP BRASIL. **Caderno 2 - Parâmetros referenciais para qualificação da inserção urbana**. 2017

MORRIS, J. M.; DUMBLE, P. L.; WIGAN, M. R. Accessibility indicators for transport planning. **Transportation Research Part A: General**, v. 13, n. 2, p. 91-109, 1979.

MOURA, I. B.; OLIVEIRA, G. T.; FIGUEIREDO, A. C. Plano diretor estratégico de São Paulo (PDE-SP): Análise das estratégias sob a perspectiva do desenvolvimento orientado ao transporte sustentável. In: BALBIM, R.; KRAUSE, C. e LINKE, C. C. (Ed.). **Cidade e Movimento - Mobilidade e Interações no Desenvolvimento Urbano**. Brasília: Ipea, ITDP, 2016. cap. 7, p.143-180.

NEWMAN, P. W. G. **Transit Oriented Development: An Australian Overview**. Curtin University. Perth, Australia. 2005

PEDRO, L. M.; SILVA, M. A. V.; PORTUGAL, L. S. Desenvolvimento e mobilidade sustentáveis. In: PORTUGAL, L. S. (Ed.). **Transporte, Mobilidade e Desenvolvimento Urbano**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017. cap. 2,

PORTUGAL, L. S.; MELLO, A. J. R. Um panorama inicial sobre transporte, mobilidade, acessibilidade e desenvolvimento urbano. In: PORTUGAL, L. S. (Ed.). **Transporte, mobilidade e desenvolvimento urbano**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017. cap. 1,

PORTUGAL, L. S.; SILVA, M. A. V. Índices de desenvolvimento e mobilidade sustentáveis. In: PORTUGAL, L. S. (Ed.). **Transporte, Mobilidade e Desenvolvimento Urbano**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017. cap. 3,

SALAT, S.; OLLIVIER, G. **Transforming the Urban Space through Transit-Oriented Development : The 3V Approach**. World Bank. Washington, DC. 2017. Disponível em: < <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/26405> >.

SANFORD, R. S. **Os desafios da implementação do corredor de urbanização da Praia do Futuro em Fortaleza-CE**. 2018. 132 Dissertação (Mestrado Profissional). Programa de Mestrado Profissional em Ciências da Cidade, Universidade de Fortaleza, Fortaleza.

SÃO PAULO. Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo: Lei nº 16.050, de 31 de julho de 2014. **Diário Oficial da Cidade de São Paulo**, São Paulo, 2014. Disponível em: < https://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/arquivos/PDE-Suplemento-DOC/PDE_SUPLEMENTO-DOC.pdf >. Acesso em: 07 fev. 2019.

SARKAR, C.; WEBSTER, C.; PRYOR, M.; TANG, D.; MELBOURNE, S.; ZHANG, X.; JIANZHENG, L. Exploring associations between urban green, street design and walking: Results from the Greater London boroughs. **Landscape and Urban Planning**, v. 143, p. 112-125, 2015.

SINGH, Y. J.; FARD, P.; ZUIDGEEST, M.; BRUSSEL, M.; MAARSEVEEN, M. V. Measuring transit oriented development: a spatial multi criteria assessment

approach for the City Region Arnhem and Nijmegen. **Journal of Transport Geography**, v. 35, p. 130-143, 2014.

SONG, Y.; MERLIN, L.; RODRIGUEZ, D. Comparing measures of urban land use mix. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 42, p. 1-13, 2013.

SOUZA, M. V. J. D. **Procedimento metodológico para hierarquizar o potencial do DOTS ao longo de corredores de transporte: Cenários possíveis para o BRT TransCarioca**. 2016. Programa de Engenharia Urbana, Universidade Federal do Rio de Janeiro

SUZUKI, H.; CERVERO, R.; IUCHI, K. **Transforming Cities with Transit : Transit and Land-Use Integration for Sustainable Urban Development**. World Bank. Washington, DC. 2013 Disponível em: <
<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/12233> >.

UN-HABITAT. Urbanization and development emerging futures. **World cities report**, 2016.

VILLADA, C. A. G. **Procedimento metodológico para a aplicação do TOD em países em desenvolvimento**. 2016. 179 Dissertação (Mestrado). Programa de Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

WANG, D.; CHAI, Y.; LI, F. Built environment diversities and activity–travel behaviour variations in Beijing, China. **Journal of Transport Geography**, v. 19, n. 6, p. 1173-1186, 2011.

WRI BRASIL. **Sete Passos - Como construir um plano de mobilidade urbana**. 2017

ANEXOS

ANEXO 1 – Métricas de densidade demográfica, infraestrutura de saneamento básico, condições de circulação para transportes ativos e diversidade socioeconômica para todas as estações do Metrô Rio

Estação	Densidade demográfica (hab/km²)	Domicílios com calçadas no entorno	Domicílios com iluminação pública no entorno	Domicílios com arborização no entorno	Domicílios com acesso à rede de abastecimento de água	Domicílios com acesso à rede de esgoto	Diversidade socioeconômica
Acari / Fazenda Botafogo	13,228.9	73.7%	81.9%	70.0%	99.8%	93.0%	0.80
Afonso Pena	32,045.8	99.7%	99.7%	99.7%	99.9%	100.0%	0.93
Antero de Quental	29,288.1	99.9%	99.9%	98.2%	100.0%	99.8%	0.95
Botafogo	30,094.0	99.4%	99.5%	92.5%	100.0%	100.0%	0.95
Cantagalo	43,784.8	90.2%	90.1%	84.4%	99.9%	99.9%	0.96
Cardeal Arcoverde	44,319.0	97.0%	99.0%	98.4%	100.0%	99.9%	0.94
Carioca	951.5	92.0%	92.0%	61.1%	99.0%	99.0%	0.90
Catete	40,976.9	96.8%	96.7%	74.2%	99.9%	99.7%	0.94
Central	4,415.7	88.3%	89.1%	31.3%	99.7%	99.6%	0.84
Cidade Nova	3,923.8	74.7%	90.2%	61.2%	100.0%	97.8%	0.90
Cinelândia	2,019.4	91.4%	91.4%	48.8%	99.9%	99.9%	0.92
Coelho Neto	7,577.9	75.2%	77.1%	73.0%	99.5%	98.9%	0.83
Colégio	12,011.1	58.5%	59.2%	53.3%	99.9%	97.1%	0.83
Engenheiro Rubens Paiva	14,108.8	81.1%	95.4%	51.2%	99.7%	98.6%	0.82
Engenho da Rainha	24,639.1	94.3%	94.3%	86.0%	99.2%	98.5%	0.83
Estácio	11,242.7	96.4%	97.3%	84.3%	100.0%	99.8%	0.91
Flamengo	51,909.3	96.8%	96.8%	94.8%	100.0%	100.0%	0.94
General Osório	32,671.7	81.5%	81.5%	79.5%	99.8%	99.8%	0.97
Glória	22,091.0	92.2%	92.1%	81.7%	99.8%	99.9%	0.94
Inhaúma	5,846.6	91.6%	95.2%	64.6%	99.8%	96.1%	0.84
Irajá	14,934.9	65.5%	67.7%	57.4%	100.0%	99.4%	0.85
Jardim de Alah	22,714.1	99.9%	99.9%	99.4%	100.0%	99.9%	0.97
Jardim Oceânico	6,789.5	95.9%	95.9%	95.9%	99.0%	85.9%	0.95
Largo do Machado	52,095.7	99.4%	99.4%	96.5%	100.0%	99.8%	0.94
Maracanã	8,980.5	38.1%	37.8%	35.7%	99.6%	99.6%	0.88
Maria da Graça	9,056.3	83.7%	84.8%	58.4%	99.8%	98.6%	0.89
Nossa Senhora da Paz	23,598.1	99.7%	99.7%	99.7%	99.8%	99.9%	0.96
Nova América / Del Castilho	8,389.4	76.6%	76.6%	75.5%	99.9%	99.6%	0.86
Pavuna	9,584.6	90.8%	92.6%	58.9%	99.9%	92.4%	0.84
Praça Onze	7,004.7	91.6%	91.9%	56.2%	99.9%	93.5%	0.83
Presidente Vargas	1,929.7	94.0%	92.8%	5.2%	98.9%	99.8%	0.76
Saens Peña	27,059.9	99.4%	99.4%	87.9%	100.0%	99.9%	0.93
São Conrado	21,308.8	29.4%	52.2%	18.3%	98.8%	94.7%	0.84

São Cristovão	6,055.6	97.2%	97.2%	78.9%	99.5%	99.9%	0.94
São Francisco Xavier	27,996.3	99.7%	99.7%	99.0%	100.0%	99.9%	0.93
Siqueira Campos	48,399.7	97.1%	98.6%	98.6%	99.9%	99.9%	0.95
Thomaz Coelho	18,318.2	61.4%	61.3%	35.5%	99.6%	93.7%	0.82
Triagem	6,086.4	83.7%	83.7%	52.2%	99.7%	98.0%	0.85
Uruguai	30,698.2	98.9%	99.5%	98.4%	99.9%	100.0%	0.94
Uruguiana	1,292.4	94.6%	86.4%	32.7%	98.1%	98.7%	0.84
Vicente de Carvalho	10,781.3	94.9%	98.3%	95.5%	99.1%	97.1%	0.87

Fonte: Elaboração própria

ANEXO 2 – Métricas de conectividade do espaço urbano para todas as estações do Metrô Rio

Estação	Quadras/km²	Elementos de indução de segregação	Integração com sistemas de transportes de média e alta capacidade
Acari / Fazenda Botafogo	83,53	3	0
Afonso Pena	47,17	1	0
Antero de Quental	92,27	0	0
Botafogo	47,08	1	0
Cantagalo	46,84	2	0
Cardeal Arcoverde	46,05	1	0
Carioca	116,70	0	1
Catete	36,70	1	0
Central	46,54	2	2
Cidade Nova	44,24	4	0
Cinelândia	93,91	1	1
Coelho Neto	36,75	5	0
Colégio	52,72	4	0
Engenheiro Rubens Paiva	132,17	1	0
Engenho da Rainha	60,44	4	0
Estácio	58,09	2	0
Flamengo	43,11	1	0
General Osório	32,51	2	0
Glória	52,23	2	0
Inhaúma	58,10	2	0
Irajá	78,75	2	0
Jardim de Alah	64,68	2	0
Jardim Oceânico	57,93	2	1
Largo do Machado	51,41	0	0
Maracanã	36,15	4	1
Maria da Graça	64,12	2	0
Nossa Senhora da Paz	54,70	0	0
Nova América / Del Castilho	42,85	4	1
Pavuna	75,66	6	1
Praça Onze	67,68	3	1
Presidente Vargas	93,84	1	0
Saens Peña	75,59	0	0
São Conrado	42,06	3	0
São Cristovão	44,35	4	1
São Francisco Xavier	60,11	0	0
Siqueira Campos	58,31	1	0

Thomaz Coelho	27,18	5	0
Triagem	40,07	5	1
Uruguai	40,75	1	0
Uruguiana	146,62	1	1
Vicente de Carvalho	67,83	2	0

Fonte: Elaboração própria