



Universidade Federal do Rio de Janeiro
Escola Politécnica
Programa de Engenharia Urbana

Marcello Victorino Junqueira de Souza

PROCEDIMENTO METODOLÓGICO PARA HIERARQUIZAR O POTENCIAL DO
DOTS AO LONGO DE CORREDORES DE TRANSPORTE: Cenários possíveis para o BRT
TransCarioca

Rio de Janeiro

2016



UFRJ

Marcello Victorino Junqueira de Souza

PROCEDIMENTO METODOLÓGICO PARA HIERARQUIZAR O POTENCIAL DO
DOTS AO LONGO DE CORREDORES DE TRANSPORTE: Cenários possíveis para o BRT
TransCarioca

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Orientadores: Fernando Rodrigues Lima e Carlos David Nassi

Rio de Janeiro

2016

Souza, Marcello Victorino Junqueira de
Procedimento Metodológico para hierarquizar o potencial
do DOTS ao longo de Corredores de Transporte: Cenários
possíveis para o BRT TransCarioca / Marcello Victorino
Junqueira de Souza. – 2016.
96 f.: 21 il.; 30 cm.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) –
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica,
Programa de Engenharia Urbana, Rio de Janeiro, 2016.

Orientadores: Fernando Rodrigues Lima e Carlos David
Nassi

1. Análise espacial multicritério. 2. Desenvolvimento urbano
sustentável. 3. Desenvolvimento Orientado ao Transporte
Sustentável. 4. Países em desenvolvimento. I. Lima, Fernando
Rodrigues. Nassi, Carlos David. II. Universidade Federal do Rio
de Janeiro. Escola Politécnica. III. Título.



UFRJ

PROCEDIMENTO METODOLÓGICO PARA HIERARQUIZAR O POTENCIAL DO
DOTS AO LONGO DE CORREDORES DE TRANSPORTE: Cenários possíveis para o BRT
TransCarioca

Marcello Victorino Junqueira de Souza

Orientadores: Fernando Rodrigues Lima e Carlos David Nassi

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Aprovada pela Banca:

Presidente, Prof. Fernando Rodrigues Lima, D.Sc., PEU/Poli/UFRJ

Prof. Carlos David Nassi, Dr. Ing., PET/COPPE/UFRJ

Prof. Glaydston Mattos Ribeiro, D.Sc., PET/COPPE/UFRJ

Prof^ª. Rosane Martins Alves, D.Sc., PEU/Poli/UFRJ

Prof. Armando Carlos de Pina Filho, D.Sc., PEU/Poli/UFRJ

Rio de Janeiro

2016

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, por se dedicarem à minha felicidade e existência.

À minha irmã, pela cumplicidade incondicional do amor fraterno.

Ao meu amor, por tornar cada alegria e conquista ainda mais saborosa.

Aos meus amigos, por me acompanharem em qualquer jornada, independente do destino.

Aos pessimistas, por me darem forças para me reerguer e continuar tentando.

E, principalmente, aos meus erros, por serem parte integrante do que vivi, aprendi e, de maneira contínua, contribuírem para construir a pessoa que me tornei.

AGRADECIMENTOS

Me considero extremamente afortunado pelas experiências e acontecimentos na minha vida que me permitiram ser uma pessoa contente e motivada por estudar, aprender e colocar em prática aquilo que gosto.

Porém, me considero ainda mais afortunado por contar com diversas pessoas que contribuíram (e contribuem) diretamente para meu sucesso e felicidade:

Começo, assim, agradecendo aos meus pais, Seraphim Victorino e Terezinha Carvalho, que sempre acreditaram em mim - como quaisquer pais corujas - e sempre estiveram presentes nas minhas conquistas e vitórias.

À minha irmã, Alexandra Junqueira, por todas as "brigas" e alegrias que constituem a própria definição do Amor Fraternal!

À minha melhor amiga, namorada, noiva e esposa, Fernanda Matias, que teve papel fundamental nas etapas mais cruciais da vida acadêmica deste mestrando. A vontade de compartilhar alegrias com você me dá força e inspiração para puxar os limites cada vez mais longe e, obter assim, cada vez mais alegrias só para poder compartilhá-las! Sinceramente; muito obrigado por todas as dicas, paciência e apoio!

Aos professores do Programa de Engenharia Urbana que, cada um com sua especialidade, contribuíram para ampliar o conhecimento sobre tema tão interdisciplinar e que impacta diretamente a qualidade de vida da população. Quanto mais estudo, mais aprendo sobre novos assuntos a serem estudados e como são inter-relacionados!

Destaque especial ao professor orientador, Fernando Lima, que sempre acreditou em meu interesse e potencial, oferecendo suporte essencial para tornar possível a conclusão desta pesquisa de dissertação. Além, é claro, do amigo, professor e coorientador, Carlos Nassi, que sempre estimulou o melhor de seus alunos e me concedeu a oportunidade de atuar, na prática, em diversos projetos.

Não poderia deixar de destacar a importância dos amigos de Mestrado, Gabriel Stumpf, Gabriel Tenenbaum, Bernardo Serra e Fabrício Fiorito, por toda força, parceria e ideias trocadas; seja durante as discussões de almoço, nas importantíssimas pausas para o cafezinho ou na resenha pós treino de Jiu-Jitsu.

À secretária do Programa, Angela Cristina, que sempre prestativa e atenciosa tornou simples a resolução de situações que poderiam ser árduas e complexas.

Por último, mas não menos importante, agradeço encarecidamente aos membros da banca por dedicarem seu tempo e atenção à revisão dessa pesquisa de dissertação; sem dúvida alguma, contribuindo para seu aprimoramento.

A todos vocês, o meu muito e sincero obrigado.

Marcello Victorino Junqueira de Souza

“Os automóveis são, muitas vezes, convenientemente caracterizados como os vilões responsáveis pelos males urbanos [...]

Mas o efeito perverso dos automóveis é muito menos uma causa do que um sintoma de nossa própria incompetência em construir cidades. ”

– Jane Jacobs –

RESUMO

SOUZA, Marcello Victorino Junqueira de. **Procedimento Metodológico para Hierarquizar o Potencial do DOTS ao longo de Corredores de Transporte**: Cenários possíveis para o BRT TransCarioca. Rio de Janeiro, 2016. Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

Essa pesquisa de dissertação tem o objetivo de propor um procedimento metodológico para hierarquizar o potencial do Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável (DOTS) ao longo de corredores de transporte, permitindo apoiar o processo de tomada de decisão referente ao local de realização de intervenções urbanas que contribuam para promover um desenvolvimento urbano mais sustentável. A revisão bibliográfica estruturada permitiu identificar os principais parâmetros que contribuem para o sucesso do DOTS, com enfoque especial na realidade de países em desenvolvimento. Por meio da Análise Espacial Multicritério, verifica-se a presença e proximidade de elementos de interesse ao nível das estações de um corredor de transporte, atribuindo uma pontuação normalizada entre 0 e 1. O procedimento proposto configura-se como flexível, uma vez que cabe ao pesquisador a responsabilidade de selecionar os critérios e elementos a serem incorporados na análise, dentre os dados georreferenciados disponíveis. Tais critérios e elementos devem ser ponderados utilizando o método de Análise Hierárquica de Processo (AHP). Buscando ampliar a participação popular no planejamento urbano, recomenda-se que tal etapa de ponderação seja aplicada a especialistas, mas também a representantes da sociedade organizada. Ao final do procedimento, realiza-se a operação de álgebra de mapas, anulando a pontuação de regiões que atendam a critérios eliminatórios. Para exemplificar seu potencial, aplica-se a ferramenta proposta sobre o corredor do BRT TransCarioca, no Rio de Janeiro. Realiza-se uma análise de sensibilidade, comprovando-se que variações nos pesos dos critérios impactam o resultado final, destacando a importância da etapa de ponderação. Os resultados obtidos são consistentes com estudo similar recentemente realizado.

Palavras-chave: Análise Espacial Multicritério; Desenvolvimento Urbano Sustentável; Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável; Países em Desenvolvimento.

ABSTRACT

SOUZA, Marcello Victorino Junqueira de. **Procedimento Metodológico para Hierarquizar o Potencial do DOTS ao longo de Corredores de Transporte**: Cenários possíveis para o BRT TransCarioca. Rio de Janeiro, 2016. Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

The main objective of this research aims to develop a methodological procedure to rank the Transit-Oriented Development (TOD) potential along transit corridors, supporting the decision-making process regarding the location of urban interventions to be executed in order to promote a more sustainable urban development. After a structured literature review, it was possible to identify the main parameters contributing to TOD success, with special regard to developing countries. Applying Multi-Criteria Spatial Analysis on a station-level, it was possible to compute the presence and proximity of elements of interest in relation to the studied transportation corridor, attributing them a normalized score between 0 and 1. The proposed procedure is flexible, considering the selection of criteria and analysis elements falls under the researcher responsibility, which may freely choose from the available georeferenced data in the study region. Those criteria and analysis elements ought to be weighted by the Analytic Hierarchy Process (AHP). In order to increase public participation in the urban planning process, it is recommended interviewing not only multidisciplinary experts but also representatives from the organized civil society. As the final step, the Map Algebra operation allows to nullify the final score of a specific region whenever an elimination criterion is met. In order to exemplify its potential, the proposed framework is applied to the BRT TransCarioca corridor in Rio de Janeiro. A sensitivity analysis in the criteria weighting proved small variations being able to impact the final results, highlighting the relevance of the weighting step. The obtained results are consistent with a similar study recently developed.

Key-words: Multi-Criteria Spatial Analysis; Sustainable Urban Development; Transit-Oriented Development; Developing Countries.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Evolução de sistemas BRT no mundo (adaptado de BRT DATA, 2016).....	16
Figura 2: Fluxograma da estratégia de busca da revisão estruturada	30
Figura 3: Resultados encontrados em função da adição cumulativa dos Blocos	31
Figura 4: Evolução da produção acadêmica referente ao conceito DOTS, por tema.....	32
Figura 5: Procedimento esquemático da ferramenta proposta (adaptado de Singh <i>et al.</i> , 2014)	37
Figura 6: Diferença na determinação da área de estudo - Distância linear versus Tempo de Caminhada.....	39
Figura 7: Mapa dos Corredores de BRT Planejados (Prefeitura do Rio de Janeiro).....	51
Figura 8: Detalhe da definição da Área de Estudo (Tempo de caminhada de 5, 10, 15, 20 e 30 minutos).....	53
Figura 9: Distribuição dos Elementos de Análise do Critério Ambiental	55
Figura 10: Pontuação referente ao Aquecimento do Mercado Imobiliário	56
Figura 11: Distribuição espacial dos Elementos de Análise do Critério Social	57
Figura 12: Pontuação referente à regularidade do terreno (visualização parcial das curvas de nível).....	58
Figura 13: Pontuação referente ao Risco de Desabamento Médio e Alto	59
Figura 14: Pontuação referente à Densidade de Edificações (visualização de satélite)	60
Figura 15: Áreas de Proteção Integral	61
Figura 16: Resultado da Ponderação dos Critérios e seus respectivos Elementos de Análise .	63
Figura 17: Resultado Final: Potencial de Sucesso DOTS - Cenário Base.....	66
Figura 18: Análise de Sensibilidade frente ao Cenário Base	68
Figura 19: Mapa de Calor do Potencial DOTS resultante do Cenário 2 (Equilibrado).....	69
Figura 20: Mapa de Calor do Potencial DOTS resultante do Cenário 4 (Extrema Direita)	70
Figura 21: Mapa de Calor do Potencial DOTS resultante do Cenário 4 (Extrema Esquerda) .	71

LISTA DE SIGLAS

AHP	Analytic Hierarchy Process
BRT	Bus Rapid Transit
DOT	Desenvolvimento Orientado ao Transporte
DOTS	Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável
GIS	Geographical Information System
IPP	Instituto Pereira Passos
ITDP	Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento
MMC	Método Multicritério
OSM	Open Street Maps
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SMCA	Spatial Multi Criteria Analysis
TOD	Transit Oriented Development

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	PROBLEMA E MOTIVAÇÃO	17
1.2	RELEVÂNCIA DO PROBLEMA.....	18
1.3	OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS	19
1.4	JUSTIFICATIVA	20
1.5	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	21
2	DESENVOLVIMENTO ORIENTADO AO TRANSPORTE SUSTENTÁVEL .	23
2.1	CRÍTICAS	26
2.2	CASOS DE SUCESSO	26
2.3	COMPLEXIDADE DE ANTAGONISMOS.....	27
2.4	FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DOTS.....	28
2.5	POTENCIAL DO DOTS: PRINCIPAIS PARÂMETROS	29
2.5.1	Estratégia de Busca.....	29
2.5.2	Síntese da Revisão.....	32
2.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	35
3	PROCEDIMENTO METODOLÓGICO PROPOSTO	36
3.1	ETAPA I: DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	37
3.2	ETAPA II: DETERMINAÇÃO DOS ELEMENTOS DE ANÁLISE.....	39
3.2.1	Critério Ambiental.....	40
3.2.2	Critério Econômico.....	41
3.2.3	Critério Social	41
3.2.4	Critério Prático	41
3.2.5	Critério Eliminatório.....	43
3.3	ETAPA III: ANÁLISE ESPACIAL.....	43
3.3.1	Transformação em dado matricial (<i>Raster</i>)	45
3.4	ETAPA IV: PONDERAÇÃO DE CRITÉRIOS E ELEMENTOS.....	45
3.5	ETAPA V: ÁLGEBRA DE MAPAS	46
3.6	EXEQUIBILIDADE.....	47
3.7	PREMISSAS ADOTADAS	48
3.8	PRINCIPAIS LIMITAÇÕES.....	48
3.9	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	49

4	EXEMPLO ILUSTRATIVO – BRT TRANSCARIOCA	51
4.1	ETAPA I: DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	52
4.2	ETAPA II: DETERMINAÇÃO DOS ELEMENTOS DE ANÁLISE.....	54
4.2.1	Critério Ambiental.....	54
4.2.2	Critério Econômico.....	55
4.2.3	Critério Social	57
4.2.4	Critério Prático	58
4.2.5	Critério Eliminatório.....	60
4.3	ETAPA III: ANÁLISE ESPACIAL.....	62
4.4	ETAPA IV: PONDERAÇÃO DE CRITÉRIOS E ELEMENTOS.....	62
4.5	ETAPA V: ÁLGEBRA DE MAPAS	64
4.6	RESULTADOS E ANÁLISES	65
4.6.1	Mapa de Calor.....	65
4.6.2	Hierarquização do Potencial do DOTS.....	66
4.6.3	Análise de Sensibilidade	67
4.6.4	Comparação com resultados da Ferramenta ITDP (2016).....	72
4.7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	73
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FUTURAS.....	75
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
	APÊNDICE A – CÓDIGO EM PYTHON DA ROTINA DE ANÁLISE ESPACIAL.....	85
	APÊNDICE B – TUTORIAL DE PARTICIPAÇÃO DA PESQUISA AHP	86
	APÊNDICE C – RESULTADO INDIVIDUAL ANÔNIMO DA PESQUISA AHP	89

1 INTRODUÇÃO

De acordo com as Nações Unidas, acredita-se que até 2030 cerca de 60% da população mundial viverá em cidades (ONU, 2015). Essa tendência pode ser explicada pelos benefícios oferecidos pela vida na cidade, como maior oferta de trabalho, fácil acesso a opções de comércio, unidades de saúde, escolas, religião, lazer, moradia e serviços em geral.

Porém, se a expansão da cidade não for devidamente planejada para comportar o aumento de habitantes e frequentadores, podem ocorrer externalidades com significativo impacto na qualidade de vida da população, como dissonância entre a oferta e a necessidade por infraestrutura básica (energia, abastecimento de água, coleta de lixo e esgoto etc.). Como resultado do descompasso entre o aumento da necessidade de movimentação de pessoas e mercadorias em relação aos investimentos em mobilidade urbana, formam-se constantes e extensos congestionamentos.

Além de prejudicar o desenvolvimento econômico local, as externalidades dos congestionamentos provocam ainda o “alargamento de distâncias” que dificultam o acesso aos benefícios promovidos pela vida na cidade (trabalho, educação, lazer etc.); além de afetarem significativamente o meio ambiente. Diversos estudos comprovam o impacto do setor de transportes sobre a poluição sonora e atmosférica, assim como o elevado consumo de combustível fóssil, configurando-se como uma das principais setores que agravam as mudanças climáticas (CARVALHO, 2011; COLVILE *et al.*, 2001; FAIZ, 1993; KRZYŻANOWSKI; KUNA-DIBBERT; SCHNEIDER, 2005).

De fato, reconhecendo a importância do setor de transportes sobre o desenvolvimento sustentável das cidades, foi estabelecida em 2012 a Lei Nº 12.587, denominada Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU), com o objetivo de aproximar o planejamento dos transportes ao do uso do solo, quebrando o paradigma do modelo de cidade dependente do uso do automóvel.

De acordo com a PNMU, os princípios essenciais para quebrar o paradigma do desenvolvimento “carrocêntrico” devem ser a priorização ao transporte coletivo público e o estímulo ao uso de transporte ativo, como caminhada ou bicicleta, ampliando as alternativas à utilização do automóvel. No entanto, as recomendações extrapolam a infraestrutura e tecnologia do sistema de transportes: são destacados mecanismos para garantir o direito do acesso aos serviços disponibilizados na cidade (equidade social), como acessibilidade

universal e modicidade tarifária; além do empoderamento das comunidades locais, por meio da participação popular na elaboração dos planos urbanos.

Tais princípios estão alinhados ao conceito urbanístico do Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável (DOTS), já aplicado com sucesso em diversos locais no mundo, particularmente nos Estados Unidos da América, como medida para conter o espraiamento urbano e o decorrente desenvolvimento dependente do uso do automóvel (subúrbios).

Assim, o modelo do DOTS se configura como interessante alternativa para promover o desenvolvimento de forma mais sustentável. Com o objetivo de promover a redução da dependência do automóvel, este modelo urbanístico reduz a necessidade de longos deslocamentos por meio do uso misto do solo; enquanto estimula o uso de Transporte Não Motorizado (TNM), garantindo maior conforto e segurança para pedestres e ciclistas, e amplia a acessibilidade do sistema de transporte coletivo. Este último fator se deve à localização de suas aplicações, restritas a intervenções realizadas ao redor de estações de transporte de média-alta capacidade, como metrô, trem, VLT, ou mesmo o *Bus Rapid Transit* (BRT).



Figura 1: Evolução de sistemas BRT no mundo

Fonte: BRT DATA, 2016 (adaptado pelo autor)

De fato, como pode ser observado na Figura 1, destaca-se o acelerado ritmo de construção de sistemas BRT no mundo, notadamente sua evolução a partir de 2003. Segundo dados do BRT Data (2016), a tecnologia de transporte BRT está presente em mais de 200

idades no mundo, com extensão total de cerca de 5.500 quilômetros e responsável por transportar mais de 34 bilhões de passageiros por dia.

Esta rápida expansão do BRT pode ser explicada por sua ampla adoção por países em desenvolvimento, justificada pelos reduzidos custo de construção e tempo de conclusão quando comparados ao de sistemas ferroviários (TIRACHINI; HENSHER e JARA-DÍAZ, 2010). Tal tendência foi corroborada pelos recentes investimentos realizados no Brasil em função da realização da Copa do Mundo e, particularmente a cidade do Rio de Janeiro, sede das Olimpíadas 2016.

Dessa forma, as regiões no entorno de estações de transporte de média-alta capacidade se configuram como propensas oportunidades para a realização de intervenções urbanas a fim de promover um desenvolvimento mais sustentável e equitativo.

1.1 PROBLEMA E MOTIVAÇÃO

As intervenções urbanas, sejam a construção de novos empreendimentos, pontos de interesse, ou mesmo a demolição de viadutos, têm a finalidade de promover o desenvolvimento urbano de determinada região. À parte de suspeitas de corrupção e conflitos de interesse, a definição do local de realização, assim como suas características de projeto, deve ser embasada em estudos e conceitos que visam maximizar os benefícios sociais, econômicos e ambientais para a população de uma cidade (BRASIL, 2001).

O conceito do DOTS já vem sendo amplamente pesquisado e aplicado com sucesso desde a década de 1990, principalmente nos EUA (BEIMBORN *et al.*, 1992; BERNICK; CERVERO, 1997; CERVERO, 1994) e China (CHANG; CHENG; DU, 2000 e FENG; CHANG, 1993 apud LIN; GAU, 2006).

No entanto, Cervero (2013) chama atenção para o fato de que o mesmo êxito não foi observado em países em desenvolvimento. Assim, além de características intrínsecas da distinta realidade econômica e social entre países desenvolvidos e em desenvolvimento, conforme abordado nos trabalhos de Oliveira *et al.* (2014) e Simas e Bodmer (2013), o sucesso de projetos baseados no conceito DOTS depende também da distribuição de fatores espaciais específicos.

Dessa forma, sem um procedimento metodológico para apoiar a tomada de decisão, que leve em consideração atributos espaciais importantes para o sucesso de DOTS em países em desenvolvimento, coloca-se a seguinte questão: Aonde promover intervenções urbanas para maximizar os benefícios do desenvolvimento urbano sustentável?

Para responder essa pergunta, o problema principal que será estudado neste trabalho é justamente a lacuna metodológica referente à análise espacial ao longo de um corredor de transporte, no nível de estação, que permita identificar as regiões com maior potencial de sucesso para o desenvolvimento urbano sustentável – de acordo com o conceito DOTS.

Tal conhecimento permitirá apoiar a etapa de seleção de regiões para a realização de intervenções urbanas com a finalidade de promover o desenvolvimento urbano de forma sustentável. Isto é, garantindo o crescimento econômico de determinada região aliado a ganhos nos campos ambiental e social, como a melhoria da mobilidade urbana e acessibilidade, uso misto do solo e diversificada oferta de habitações, contribuindo ainda para mitigar as externalidades dos congestionamentos e ampliar a equidade e justiça social – principais motivações dessa pesquisa.

1.2 RELEVÂNCIA DO PROBLEMA

Caso o processo de desenvolvimento urbano ocorra de forma “natural”, sem ser orientado por um modelo sustentável como o DOTS, se fortalece a tendência de concentração de investimentos públicos em regiões já favorecidas, culminando na gentrificação e ampliação do espraiamento urbano (MARICATO, 2001; MARICATO e FERREIRA, 2002; VASCONCELLOS, 2013). Além disso, constata-se também a segregação entre zonas residências e oportunidades de trabalho (*Spatial Mismatch*), o que contribui para ampliar as distâncias e reduzir o acesso a oportunidades e serviços da cidade (RIBEIRO, RODRIGUES e CORRÊA, 2010).

Por outro lado, é importante ter em mente que os resultados do planejamento integrado do uso do solo e de transportes são observados em médio a longo prazo. Logo, a realização de intervenções em locais inadequados se configura como uma má aplicação de recursos: perde-se a oportunidade de investir em uma região com maior potencial de sucesso para o desenvolvimento urbano sustentável, enquanto agravam-se os problemas referentes ao congestionamento e inequidade social. Além de denegrir a imagem do conceito e da própria

capacidade da administração pública, perdendo o apoio popular, o que pode vir a comprometer o sucesso de futuras intervenções.

Sobre esse aspecto, ressalta-se a manifestação de diferentes interesses que exercem influência sobre a localização e características das intervenções a serem realizadas (BRITO e SOUZA, 2005; HARVEY, 2014; MARICATO, 2015). Destaca-se então a importância da “defensabilidade” das decisões tomadas pelo Governo, que devem ser transparentes e com a finalidade de desenvolver e melhorar a qualidade de vida da população.

Assim, destaca-se a relevância da utilização de um procedimento metodológico quantitativo para dar suporte à tomada de decisão, que leve em consideração aspectos espaciais e permita capturar a opinião de representantes da sociedade; agregando transparência e apoio da população, fundamental para o sucesso de qualquer intervenção urbana.

1.3 OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS

O objetivo geral desta pesquisa consiste em propor um procedimento metodológico para hierarquizar o potencial de desenvolvimento urbano sustentável embasado no conceito do DOTS, avaliando regiões ao longo de um corredor de transporte de média ou alta capacidade. Este procedimento permitirá apoiar a tomada de decisão sobre a localização de intervenções urbanas para promover um desenvolvimento urbano mais sustentável.

Para tal, alguns objetivos específicos se fazem necessários, sendo:

- ❖ Identificar os principais parâmetros que influenciam o sucesso de intervenções urbanas embasadas no conceito urbanístico do DOTS, atentando também para a realidade de países em desenvolvimento;
- ❖ Propor um procedimento metodológico que permita avaliar espacialmente a contribuição destes principais parâmetros identificados, levando em consideração sua proximidade em relação às estações de transporte do corredor estudado. Ainda, deve ser replicável para outros modos e locais, além de flexível, possibilitando capturar as particularidades de cada região a ser estudada; e
- ❖ Exemplificar o potencial do procedimento metodológico proposto no suporte à tomada de decisão, aplicando-o a um exemplo ilustrativo para identificar as

localizações mais indicadas para a realização de intervenções urbana embasadas no DOTS.

1.4 JUSTIFICATIVA

Estudos de localização são amplamente empregados desde a década de 1970, permitindo identificar locais mais adequados em relação à otimização de determinados parâmetros. Como por exemplo, estudos para determinar o local de instalação de uma fábrica – ou unidade de emergência – buscando minimizar a função objetivo do custo/tempo de transporte para destinos específicos (CURRENT; MIN e SCHILLING, 1990; MELO; NICKEL e SALDANHA-DA-GAMA, 2009; TOREGAS *et al.*, 1971).

Com a expansão e facilidade do uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), as heurísticas e algoritmos de otimização, tipicamente adotados em pesquisa operacional, ganharam ainda mais destaque quando aliadas à facilidade de processamento de maior quantidade de dados espaciais (KUO; CHI; KAO, 2002; MURRAY, 2010; VAN ECK; DE JONG, 1999). No entanto, verifica-se pouco avanço em sua aplicação na análise do ambiente construído e desenvolvimento urbano.

Em seu estudo, Cervero (2002) empregou o método de escolha discreta para investigar a influência de características do ambiente construído sobre o comportamento do indivíduo quanto a escolha do modo de transporte. O autor comprova que atributos referentes à densidade, diversidade do uso do solo e desenho/características da infraestrutura urbana, particularmente a disponibilidade e qualidade de calçadas, aumentam a tendência de utilização do transporte público. Consolida-se então como um importante trabalho ao destacar a contribuição do uso de informações espaciais, aliada a dados demográficos, para avaliar o comportamento de indivíduos (escolha modal).

De forma similar, Müller, Tsharaktschiew e Haase (2008) realizaram um estudo para modelar a escolha modal referente a deslocamentos casa-escola. Porém, promovem avanço metodológico ao incluir em sua abordagem a distância relativa a cada escola, buscando identificar padrões espaciais que influenciam em sua seleção. Embora utilizem dados sobre a condição climática e características dos indivíduos, sua metodologia ainda não abordava o potencial de desenvolvimento urbano de cada região.

Recentemente desenvolvido pelo ITDP (2016), destaca-se a “Ferramenta para avaliação do potencial de DOTS em corredores de transporte” como o trabalho que mais se assemelha a esta pesquisa de dissertação. Embora o objetivo geral seja similar, suas metodologias divergem. A ferramenta proposta pelo Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento (ITDP), especificamente sua primeira parte, adota uma abordagem estruturada e com peso dos critérios previamente definidos. Sua construção consiste basicamente na normalização de dados espaciais em relação à área de cobertura ao redor das estações de transporte, definidas por um raio de 400 metros (distância linear) – equivalente a uma caminhada de 5 minutos –; prosseguindo então para a classificação qualitativa em três níveis (baixo, médio e alto) de acordo com critérios específicos.

Embora essa metodologia contemple um amplo espectro temático em sua avaliação preliminar (considerando densidade de quadras e acesso a saneamento básico, por exemplo), a simplificação na determinação da área de estudo, adotando distância linear, se configura como uma limitação da ferramenta pelos seguintes motivos: 1) trata a distância equivalente a uma caminhada de 10 a 15 minutos de forma igual entre todas as estações, independente das características da rede de calçadas no entorno de cada uma; além de tornar-se rígido por 2) não ser capaz de capturar a contribuição de possíveis fatores significativos na avaliação que estejam localizados próximo à fronteira das áreas de estudo; e 3) não bonificar elementos mais próximos.

Assim, apresenta-se como oportunidade de pesquisa o desenvolvimento de procedimento metodológico capaz de analisar dados e indicadores espaciais relevantes ao DOTS, porém que seja capaz de agregar maior flexibilidade quanto a área de estudo. Como por exemplo, capaz de levar em consideração uma estação de metrô que esteja localizada a apenas poucos metros além da fronteira da área de estudo; e atribuir pesos diferentes em função de sua proximidade em relação à estação de transporte, tratando de forma diferenciada elementos de análise localizados a 5, 10 ou 15 minutos de distância de caminhada.

1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Este Capítulo 1 apresenta a contextualização do problema que motivou a pesquisa e sua relevância, além dos objetivos geral e específicos definidos para a dissertação, assim como os argumentos que o justificam.

O Capítulo 2 trata sobre o conceito do DOTS, comentando sua origem, principais méritos, críticas e casos de sucesso. Apresentam-se ainda os critérios empregados na estratégia de busca da revisão bibliográfica estruturada, realizada para identificar os principais parâmetros que influenciam o êxito deste modelo urbanístico.

O Capítulo 3 descreve a construção do procedimento metodológico proposto, detalhando cada uma de suas cinco etapas, sendo: I) Definição da área de estudo; II) Determinação dos elementos espaciais disponíveis e que podem ser usados na análise; III) Processamento dos dados por meio da rotina de análise espacial; IV) Ponderação dos critérios e seus respectivos elementos, por meio de entrevista a especialistas e representantes da sociedade organizada; e V) Álgebra de mapas, consolidando a pontuação obtida e ponderada em um único mapa de calor, referente ao potencial de sucesso para o DOTS. Por último, apresenta ainda importantes informações, como a exequibilidade do método, as premissas adotadas em sua construção e suas principais limitações.

Já o Capítulo 4 consiste na aplicação do procedimento proposto em um exemplo ilustrativo referente ao corredor de transporte BRT TransCarioca. Os resultados obtidos são avaliados e comparados com estudo similar, realizado em 2016 pelo ITDP. Realiza-se ainda a hierarquização do potencial DOTS de cada estação, além de uma análise de sensibilidade, que avalia o impacto da variação dos pesos dos critérios sobre os resultados obtidos.

Por último, no Capítulo 5, destacam-se as principais conclusões obtidas pelo desenvolvimento da pesquisa de dissertação, apresentando ainda recomendações para estudos futuros.

2 DESENVOLVIMENTO ORIENTADO AO TRANSPORTE SUSTENTÁVEL

De acordo com Gonçalves, Portugal e Nassi (2009), o conceito do DOTS pode ser entendido como um modelo de ordenamento territorial baseado na promoção de deslocamentos sustentáveis e uso misto do solo, resultando na menor dependência do uso do automóvel.

Em um dos principais trabalhos na literatura acadêmica sobre o assunto, Cervero e Kockelman (1997) resumem as estratégias para o sucesso do DOTS em um esquema de “três dimensões”, conhecido como 3D: Densidade, Diversidade e Desenho urbano.

A maior Densidade próxima a estações de transporte de média-alta capacidade amplia virtualmente a cobertura do sistema, aumentando a quantidade de potenciais usuários para o sistema de transporte público. A Diversidade do uso do solo promove equilíbrio entre moradia, comércio e lazer, promovendo maior conveniência para pequenos deslocamentos complementares que podem ser realizados com mais eficiência sem o automóvel. Por último, está o Desenho urbano, uma vez que um ambiente amigável para a circulação de pedestres e ciclistas incentiva o transporte ativo e facilita a integração com o transporte público.

Complementado posteriormente por Ewing e Cervero (2001; 2010), foram incorporadas duas novas dimensões, consolidando os 5D's do ambiente construído para o sucesso de DOTS: Destino (especificamente, seu nível de acessibilidade) e Distância em relação ao sistema de transporte público de alta capacidade.

A acessibilidade do Destino representa a facilidade com que atrações podem ser alcançadas, tipicamente medido em função da quantidade de postos de emprego ou atividades comerciais dentro de determinada distância de caminhada a partir de uma estação de transporte. No entanto, esta dimensão – que se sobrepõem à própria dimensão de Diversidade – não deve ser confundida com a acessibilidade local, que enfoca a facilidade “média” de acesso a atrações a partir do domicílio (HANDY, 1993). Já a Distância até o transporte representa a facilidade de acessar o sistema de transporte público, sendo tipicamente medido pela densidade de estações.

A sexta dimensão pode ser considerada como Demanda, mais especificamente medidas de gerenciamento da demanda de transporte, conforme abordado em Guo, Agrawal e Dill (2011). Ainda apresentada no trabalho de Ewing e Cervero (2010), embora não esteja

diretamente relacionada ao ambiente construído, a Demografia representaria a sétima dimensão de influência para o sucesso do DOTS.

De fato, alguns trabalhos recentes reforçam a importância da demografia ao se buscar promover o desenvolvimento urbano sustentável. Isto é, incluindo na avaliação as características da população das regiões estudadas. Um bom exemplo é a evolução do indicador de acessibilidade Pessoas Próximas ao Transporte Público (do inglês, *People Near Transit* - PNT), proposto pelo ITDP.

Em sua versão inicial, ITDP (2015) define o indicador PNT como a proporção populacional compreendida em um raio de até 1 quilômetro a partir de estações de transporte de média-alta capacidade, como metrô, trem, VLT ou BRT. Porém, sua evolução é apresentada como “PNT Social”, estratificando a proporção populacional próxima a estações de transporte em função da faixa de renda *per capita* (OLIVEIRA *et al.*, 2016). Assim, este novo indicador permite avaliar a dispersão da acessibilidade em função da faixa de renda, analisando os impactos decorrentes de novos investimentos em mobilidade sobre a equidade.

Solidifica-se, assim, uma relevante vertente de estudos sobre acessibilidade e mobilidade urbana, porém com enfoque em grupos economicamente desfavorecidos e minorias, ambos historicamente marginalizados (LITMAN, 2010; PEREIRA, 2016).

Diversos materiais disponibilizados gratuitamente servem como guias para apresentar os elementos do conceito DOTS, seus benefícios, estratégias e casos de sucesso; todos com abordagem similar (EMBARQ, 2015; ITDP, 2014; METRO, 2016; SGA, 2016; SOUND TRANSIT, 2014; WPPD, 2011).

A organização *Smart Growth America* (SGA), por exemplo, pesquisa e promove a disseminação de estratégias para o crescimento sustentável nos Estados Unidos. Como pode ser visto em seu recente relatório (SGA, 2016), o conceito do DOTS exerce significativa influência em suas recomendações para promover a recuperação da economia americana. Aliado a reivindicação por Calçadas Completas (*Complete Streets*), maior quantidade e diversidade na oferta de habitação e empoderamento de pequenas comunidades (*Place Making*), esta organização acredita ser possível estimular o desenvolvimento urbano sustentável por meio da integração entre planejamento do uso do solo e dos transportes.

Outra organização que merece destaque por seu papel em pesquisar e disseminar boas práticas para o desenvolvimento urbano, melhoria nas condições de mobilidade e qualidade de

vida da população é o ITDP. Em seu reconhecido guia, intitulado “Padrão de Qualidade TOD” – que serve como base de referência para diversos outros estudos –, o conceito do DOTS é apresentado em sua forma mais ampla, sendo traduzido em oito princípios fundamentais (ITDP, 2014):

1. Ambientes que estimulem a caminhada, tendo atrativos como sombra de árvores e diversidade de serviços, tornando o saudável ato de caminhar ainda mais agradável;
2. Redes que priorizem o transporte não motorizado, garantindo segurança e conforto para o uso de modos de transporte à propulsão humana, como a bicicleta;
3. Malhas urbanas conexas, que formem uma rede integrada pela abundância de ruas e caminhos que se conectam, aliado a quadras mais curtas, “encurtando” as distâncias e favorecendo modos de transporte ativo e público;
4. Transporte público de qualidade, operando com adequada frequência, regularidade e modicidade tarifária, reduzindo custos e tempo de deslocamento, o que contribui para “capturar” usuários dos automóveis;
5. Uso misto do solo, promovendo equilíbrio entre opções de moradia, trabalho e lazer, promovem ambientes mais animados e com diversificada oferta de serviços, reduzindo a necessidade de longos deslocamentos;
6. Adensar as malhas urbanas, permitindo maximizar o aproveitamento da infraestrutura disponível. Além disso, regiões de maior densidade concentram a circulação de pessoas, resultando em maior sensação de segurança e estimulando o desenvolvimento da economia local;
7. Compactar o espaço urbano, permitindo que as pessoas residam próximas das atividades e serviços desejados, contrapondo-se ao modelo de espraiamento; e
8. Mudar o paradigma carrocêntrico, contribuindo para capturar usuários do automóvel para o sistema de transporte público. Tal mudança comportamental é resultante da aplicação combinada dos demais princípios, apoiada por políticas de gestão de estacionamento e redução dos espaços destinados exclusivamente aos automóveis (sua circulação e estacionamento).

Tipicamente, este conceito se concentra na região definida por um raio de 800 metros a partir de uma estação de transporte de média ou alta capacidade; ou seja, equivalente a uma caminhada de 10 minutos, conforme experiência compartilhada pelo Departamento de

Transporte de Seattle (SDOT, 1999). No entanto, considerando que um sistema de transporte opere com adequado nível de serviço, admite-se um ligeiro incremento na distância aceitável de caminhada. Assim, o ITDP (2014) sugere a adoção de raio de um quilômetro de distância, o que representaria uma caminhada entre 10 a 15 minutos.

2.1 CRÍTICAS

É importante destacar que alguns estudos apontam críticas sobre a real efetividade do conceito DOTS, particularmente em relação ao fenômeno de *Self-Selection*. Tais estudos questionam se o ambiente construído exerce de fato influência na mudança comportamental das pessoas que nele residem e trabalham; levantando a hipótese de que pessoas com comportamentos específicos (hábitos mais sustentáveis) tendem a optar por residir em locais que reproduzam os princípios do DOTS (BOARNET e CRANE, 2001; HANDY, 1996; CERVERO e DUNCAN, 2002; SERMONS e SEREDICH, 2001; VAN WEE, 2009).

Entretanto, à parte da questão filosófica deste dilema do “Ovo-Galinha” – discutindo sobre uma possível relação de causalidade entre o DOTS e o fenômeno de auto seleção (*Self-Selection*) –, diversos estudos comprovam os benefícios da implantação deste modelo de ordenamento territorial (CERVERO, 1994; CERVERO; FERREL; MURPHY, 2002; CITY OF WINNIPEG, 2011; HANDY, 1996; KAY; NOLAND; DIPETRILLO, 2014; MU; DE JONG, 2012; NOLAND; DIPETRILLO; TULACH, 2013; PUGET SOUND REGIONAL COUNCIL, 1999).

Uma vez observadas as críticas ao modelo, faz-se necessário buscar casos de sucesso que suportem sua capacidade em orientar um desenvolvimento urbano de forma mais sustentável.

2.2 CASOS DE SUCESSO

Sendo amplamente empregado com sucesso em países desenvolvidos, Hendericks e Goodwill (2002) afirmam que o DOTS se consolidou como um dos principais modelos de planejamento urbano nos EUA, contribuindo para mitigar o acelerado ritmo de espraiamento, típico de cidades norte-americanas.

Já no contexto Europeu, tal conceito e nomenclatura não apresentaram expressivo impacto, uma vez que o modelo de ordenamento tradicional de suas cidades se desenvolveu, historicamente, com base justamente no sistema de transporte público. No entanto, conforme ressaltado em amplo estudo de revisão elaborado por Rayle (2008), os princípios do DOTS influenciaram a implantação de diversas medidas, como a restrição ao acesso de veículos em determinadas ruas e a redução de vagas de estacionamento. Destaca-se ainda importantes alterações na regulação do uso do solo para novos empreendimentos, impondo um limite máximo de vagas (ao invés de exigir uma quantidade mínima) e possibilitando maior adensamento (construção de prédios altos) em regiões atendidas por transporte público de alta capacidade.

Também na China foram comprovados o sucesso do DOTS, corroborando a eficácia de seus princípios para mitigar o acelerado fenômeno de espraiamento urbano visto nas cidades chinesas, orientando seu desenvolvimento de forma mais sustentável (CERVERO; DAY, 2008; MU; DE JONG, 2012).

Porém, Cervero (2013) ressalta que o mesmo nível de sucesso ainda não foi observado em países em desenvolvimento, propondo a tecnologia de transporte BRT – de reduzido custo e tempo de construção – como potencial solução para reduzir a dependência ao uso do automóvel e tornar suas cidades mais equitativas, orientando a realização de novas intervenções urbanas ao longo de suas estações.

Considerando este potencial imobiliário, destaca-se o aspecto econômico proporcionado pela realização de intervenções embasadas no DOTS. As melhorias resultantes, como acessibilidade e mobilidade, tendem a valorizar os imóveis, além de estimularem a economia local, ampliando assim a arrecadação fiscal dos municípios. De fato, esta estratégia de captura da mais valia é recomendada por Suzuki, Cervero e Iuchi (2013), sendo empiricamente comprovada em estudo de caso em Seul, maior metrópole da Coreia do Sul (CERVERO; KANG, 2011).

2.3 COMPLEXIDADE DE ANTAGONISMOS

Justamente este processo de valorização imobiliária, caso não seja devidamente monitorado, pode provocar o perverso efeito da gentrificação. Isto é, a expulsão de indivíduos

de menor poder aquisitivo em função do aumento do custo de vida decorrente das intervenções e investimentos realizados para desenvolver determinada região.

O cuidado para garantir a equidade e justiça social se faz ressonante na realidade brasileira, na qual o fenômeno da gentrificação desempenhou expressiva influência em seu processo de suburbanização (MARICATO, 2001), além de ampliar desigualdades e reforçar a segregação social (SOUZA, 2003). Assim, Oliveira *et al.* (2014) alertam para a necessidade de colocar em prática ações capazes de mitigar tal fenômeno, garantindo que o princípio do uso misto do solo se aplique também a diversidade de renda; e não apenas a sua finalidade de ocupação.

Configura-se então como um tema que apresenta complexidade de antagonismos, uma vez que suas próprias vantagens podem resultar em externalidades negativas – especificamente quanto à equidade social. Logo, considerando sua característica de injustiça e desigualdades sociais, é importante que as ferramentas desenvolvidas para avaliar o potencial do DOTS sejam construídas sob a ótica específica de países em desenvolvimento, buscando promover um desenvolvimento urbano que seja equitativo.

2.4 FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DOTS

Atentando para o alerta e recomendações de Cervero (2013), o ITDP desenvolveu recentemente um estudo com objetivo similar ao desta dissertação, construindo uma metodologia para classificar o potencial de sucesso do DOTS ao longo de corredores de transporte. Tal ferramenta leva em consideração particularidades do contexto de países ainda em estágio de desenvolvimento, como as características do sistema de transportes, do uso do solo e da infraestrutura urbana. O método, minuciosamente detalhado por ITDP (2016), aplica critérios pré-estabelecidos e padroniza métricas para avaliar a influência de diversos aspectos no entorno de estações de transporte de média-alta capacidade, classificando o potencial do DOTS como Alto, Médio ou Baixo.

No entanto, os critérios aplicados possuem pesos já estabelecidos, sendo padronizados em relação a demais estudos e metodologias previamente desenvolvidos por tal Instituição. Os elementos a serem analisados no entorno das estações também são fixados, tendo sido arbitrados em função de sua disponibilidade em escala federal.

Reconhecendo que a maior quantidade de variáveis tende a contribuir para o melhor resultado da avaliação, esta pesquisa emprega uma abordagem diferenciada da recente ferramenta desenvolvida pelo ITDP, sendo significativamente mais flexível.

Essa maior flexibilidade possibilita que eventuais elementos espaciais, disponibilizados na região de estudo, possam ser incorporados na análise, tornando a avaliação mais robusta e, conseqüentemente, melhorando seu resultado.

Assim, para orientar o processo de escolha dos elementos a serem analisados, faz-se necessário consultar a literatura acadêmica a fim de identificar os principais parâmetros que influenciam o sucesso do DOTS. Especificamente estudos que tenham enfoque sobre países em desenvolvimento e que discriminem os parâmetros que contribuem para o sucesso de intervenções urbanas embasadas em tal modelo de ordenamento territorial.

2.5 POTENCIAL DO DOTS: PRINCIPAIS PARÂMETROS

Buscando atender ao primeiro dos objetivos específicos, realizou-se uma revisão bibliográfica estruturada para identificar os principais parâmetros que influenciam no sucesso de empreendimentos embasados no conceito DOTS.

A seguir, são apresentadas a estratégia de busca, síntese dos trabalhos selecionados e uma breve avaliação referente a tendências de publicação sobre o tema.

2.5.1 Estratégia de Busca

Para realizar a revisão bibliográfica de forma estruturada, é necessário definir diversos critérios de procura. A consolidação de uma estratégia de busca, de forma clara e objetiva, promove maior qualidade na pesquisa, contribuindo para minimizar a influência de “auto viés” do pesquisador e garantindo sua posterior replicabilidade.

Consultou-se então a base de dados da *Scopus*, buscando somente dentre artigos científicos avaliados por pares (*peer-reviewed*) e em inglês, sem restrição de data. A opção por esse idioma e tipo de documento assegura maior controle de qualidade, tendo em vista que o aceite de publicação em periódicos internacionais requer rigorosa etapa de revisão anônima por pares.

Refinou-se ainda o universo de busca ao excluir áreas de conhecimento irrelevantes ao objetivo da dissertação, como veterinária, biologia, agricultura, artes e outros.

Como pode ser visto na Figura 2, a lógica de busca foi aplicada ao título, resumo e palavras-chave dos artigos, procurando de forma sequencial e acumulada pela presença de pelo menos um dos termos de cada bloco.

Tendo em vista que a finalidade da revisão consiste em identificar os principais parâmetros que influenciam no êxito do DOTS, excluíram-se os artigos que não discriminavam parâmetros ou que fossem relacionados ao transporte de cargas.

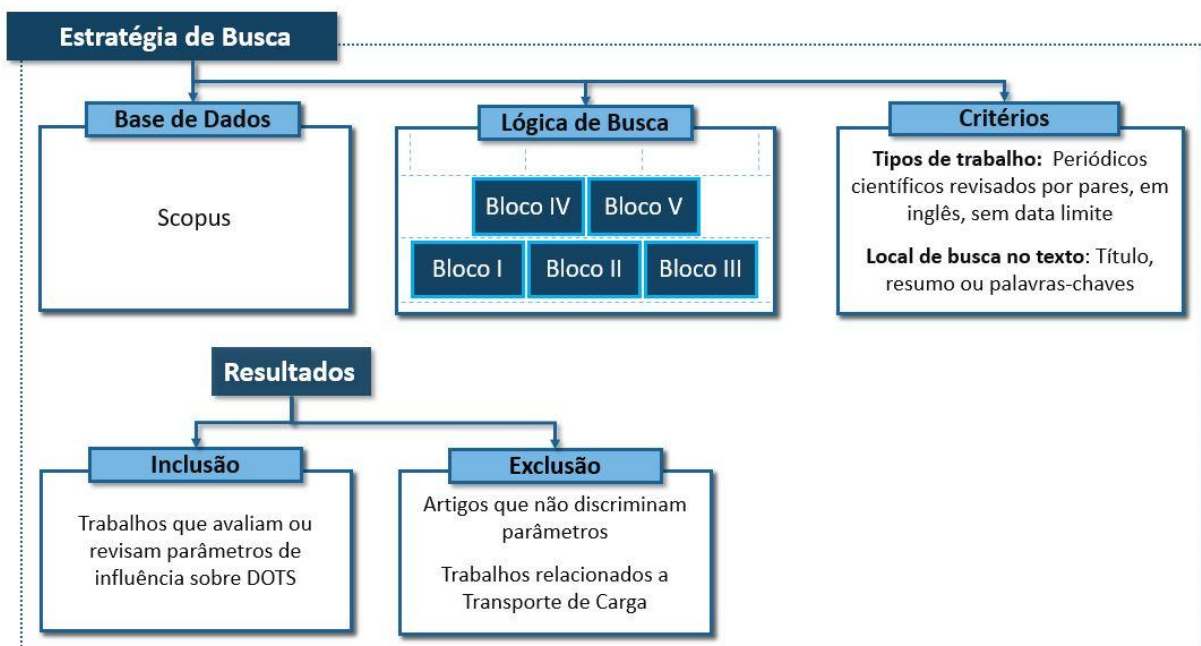


Figura 2: Fluxograma da estratégia de busca da revisão estruturada

Fonte: Elaboração própria

O conteúdo dos Blocos é detalhado na Figura 3, ilustrando ainda a quantidade de artigos encontrados em função de sua adição sequencial e cumulativa. O Bloco I representa o tema principal a ser pesquisado, contendo exatamente a combinação de variações referentes ao DOTS (em seu acrônimo em inglês, TOD) e ao Desenvolvimento Urbano Sustentável.

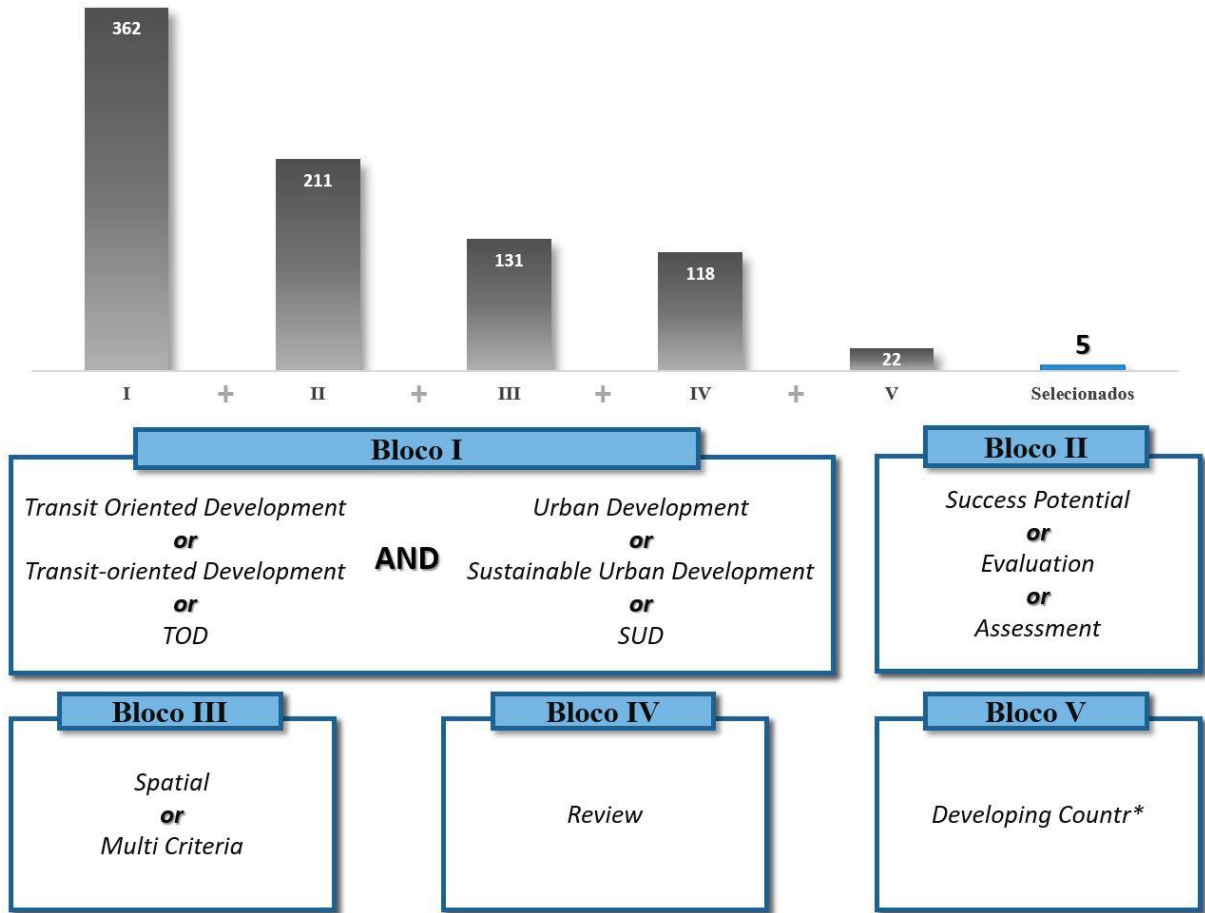


Figura 3: Resultados encontrados em função da adição cumulativa dos Blocos

Fonte: Elaboração própria

O Bloco II tenta capturar, dentre esses artigos, os que possuem abordagem analítica, tentando quantificar de alguma forma o desempenho ou potencial de sucesso do conceito DOTS. O Bloco III limita um pouco mais a gama de resultados, concentrando em artigos que, além dos quesitos anteriores, apresentem também abordagem de análise espacial ou multicritério. O Bloco IV, no entanto, pouco contribui para reduzir a quantidade total de resultados a serem avaliados, indicando que a grande maioria dos artigos filtrados até então se embasam ou realizam alguma forma de revisão. Por último, e crucial para reduzir a quantidade de artigos, o Bloco V restringe a temática dos resultados sobre os que abordem países em desenvolvimento, utilizando o recurso de “caractere coringa” no final da palavra (representado por um asterisco) para buscar sua forma escrita tanto no singular quanto no plural.

Assim, executando o processo de revisão, foi possível identificar 22 (vinte e dois) artigos que atendiam à lógica de busca. Excluíram-se 17 (dezessete) trabalhos que não obedeciam aos critérios de seleção. Logo, a revisão estruturada permitiu selecionar 5 (cinco) artigos, sintetizados no próximo subitem.

Ainda, a Figura 4 apresenta a evolução de artigos científicos referentes ao DOTS e Desenvolvimento Urbano Sustentável, ao longo do tempo. Destaca-se que o assunto (representado pelo Bloco I) apresenta significativo ganho de popularidade a partir de 2008 e, apesar de pequena queda de produção em 2014, confirma-se a tendência de crescimento da relevância do assunto. Embora uma tendência de crescimento – mais moderado – também possa ser observada sobre artigos que enfoquem a realidade de países em desenvolvimento, sua produção ainda é muito pequena; cerca de 10 vezes menor, conforme dados de 2013.

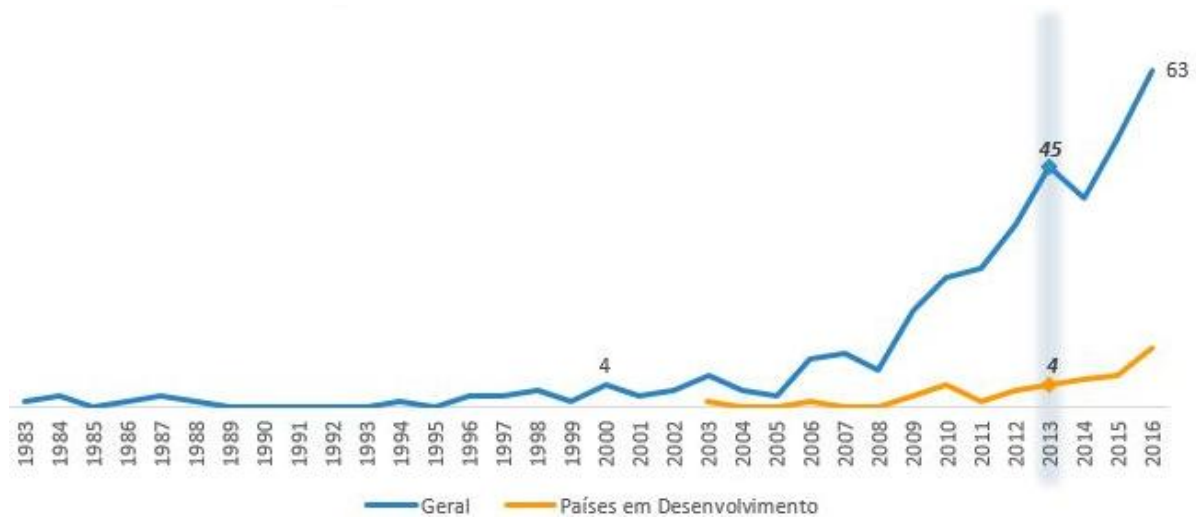


Figura 4: Evolução da produção acadêmica referente ao conceito DOTS, por tema

Fonte: Elaboração própria

2.5.2 Síntese da revisão

A Tabela 1 sumariza o resultado da revisão estruturada feita com o objetivo de identificar os principais parâmetros que influenciam o sucesso do DOTS, destacando critérios e elementos de análise adotados em cada artigo, assim como sua fonte e contexto de abordagem (realidade de país desenvolvido ou em desenvolvimento), em ordem cronológica.

Tabela 1: Principais parâmetros de influência sobre o Potencial do DOTS

#	Fonte	Crítérios	Elementos	Contexto
1	Mu e de Jong (2012)	Desenho Urbano	Espaço Público Caminhabilidade	País em Desenvolvimento (China)
		Uso do Solo	Diversidade de finalidades Densidade Diversidade tipos de residência	
		Transporte Público	Integração Modal Acessibilidade Frequência Regularidade Pontualidade	
		Desenvolvimento Econômico	Mercado imobiliário	
2	Cervero (2013)	-	Qualidade de calçadas (caminhar) Qualidade de calçadas (bicicleta) Equilíbrio entre residência e emprego Moradia social (para mais pobres) Proximidade de escola Proximidade de unidades de saúde Segurança	Revisão Países em Desenvolvimento (Índia, China, Brasil, Colômbia e África)
3	Singh <i>et al.</i> (2014)	Densidade	Densidade residencial Densidade comercial	País Desenvolvido (Holanda)
		Diversidade	Diversidade de finalidades Diversidade tipos de residência	
		Desenho Urbano	Qualidade de calçadas (caminhar) Qualidade de calçadas (bicicleta) Densidade de interseções semaforizadas	
		Desenvolvimento Econômico	Investimentos privados Quantidade de estabelecimentos comerciais Arrecadação fiscal Nível de desemprego	
4	Yigitcanlar, Kamruzzaman e Teriman (2015)	Ambiental	Diversidade do uso do solo Densidade residencial Áreas verdes Malha de calçadas e ciclovias	País em Desenvolvimento (Malásia)
		Social	Integração Modal Proximidade de escola Proximidade de unidades de saúde Segurança	
		Econômico	Quantidade de estabelecimentos comerciais Diversidade tipos de residência	
5	Mitra e Saphores (2016)	Social	Proximidade de escola Proximidade de unidades de saúde	País em Desenvolvimento (Índia)

Fonte: Elaboração própria

O trabalho de Mu e de Jong (2012) se baseia no caso específico da cidade chinesa de Dalian, que embora tradicionalmente considerada como a mais sustentável do país, apresenta acelerada tendência de espraiamento urbano nos últimos anos, acompanhada de significativa queda do uso de transporte público. Os autores realizam revisão na literatura para identificar as principais condições que precisam ser atendidas para que o DOTS possa ocorrer de forma

efetiva. Além disso, critérios adicionais são propostos, considerados importantes sobre o ponto de vista da realidade local de um país em desenvolvimento. Dentre os parâmetros típicos que embasam o DOTS, o artigo destaca a qualidade do sistema de transporte público, notadamente sua integração modal; além da importância do desenvolvimento econômico da região, como a taxa de valorização do mercado imobiliário. Por fim, para que a avaliação possa ser expandida para demais cidades, os autores propõem uma classificação especial em função de sua relevância, definindo cada uma das condições identificadas como “Crítica” ou “Importante”.

Cervero (2013b) desenvolve uma revisão sobre casos de aplicação do DOTS ao longo de corredores de transporte em diversos países em desenvolvimento, comentando seus principais méritos e falhas, assim como desafios a serem superados. Além do tradicional enfoque nas 5 Dimensões do ambiente construído, o autor destaca alguns novos fatores, considerando-os até mesmo mais importantes do que as condições de Densidade e Diversidade do uso do solo – que são tipicamente elevadas em países em estágio de desenvolvimento. Dentre estes fatores, pode-se mencionar a qualidade das calçadas no entorno das estações, facilitando a circulação de pedestres e ciclistas (ampliando acessibilidade para ambos os gêneros e diferentes idades); maior equilíbrio entre oferta de residência e emprego (do termo em inglês, *Spatial Mismatch*); segurança, promovida justamente pela maior circulação de pessoas; proximidade de escolas e unidades de saúde em relação às estações; e principalmente, programas de moradia social orientados aos mais pobres e que sejam localizados em regiões com boa acessibilidade, buscando assegurar a equidade social.

Em um dos trabalhos que se assemelham ao objetivo desta pesquisa de dissertação, Singh *et al.* (2014) propõem uma ferramenta de Análise Espacial Multicritério para avaliar o potencial de DOTS. No entanto, adotam uma abordagem invertida: ao invés de avaliar elementos espaciais ao redor de estações de corredores de transporte de média-alta capacidade já existentes, a metodologia desenvolvida pelos autores considera a cidade inteira como área de estudo, propondo levar corredores de transporte até as regiões que apresentam potencial de sucesso para o DOTS. Assim, o artigo desenvolve-se a partir da aplicação do método para calcular o indicador (denominado “*TOD Potential*”) sobre a região das cidades de Arnhem e Nijmegen, na Holanda. Embora tal ferramenta seja aplicada em um contexto de país desenvolvido, ressalta-se a consideração de parâmetros como nível de desemprego, variedade do tipo de residências ofertadas e a importância da qualidade das calçadas.

Já Yigitcanlar, Kamruzzaman e Teriman (2015) se concentram em diferentes estudos de caso na Malásia, desenvolvendo uma metodologia alternativa para avaliar o potencial do desenvolvimento sustentável por meio de intervenções urbanas. Após ampla revisão bibliográfica que identificou 128 indicadores, diversas rodadas de avaliação com grupo multidisciplinar de especialistas foram realizadas, reduzindo tal número para 18 indicadores principais. Distribuídos entre critérios ambiental, econômico e social, destacam-se: presença de áreas verdes; proximidade de escolas e unidades de saúde; e segurança. De acordo com sua metodologia de ponderação dos critérios, o Ambiental foi considerado o mais importante (39,3%), seguido do Social (33,0%) e Econômico (27.7%).

Por último, com o objetivo de quantificar a importância da acessibilidade de transportes em países em desenvolvimento, Mitra e Saphores (2016) utilizam um modelo hedônico para avaliar a influência de características do ambiente construído sobre o valor do mercado imobiliário (aluguéis residenciais) na cidade de Rajshahi, em Bangladesh. Surpreendentemente, a proximidade de centros comerciais não apresentou relevância significativa na valorização de imóveis. O mesmo ocorre em relação a integração modal, representada pela proximidade de diferentes estações de transporte – embora os autores a justifiquem por uma peculiaridade do local de estudo, no qual o sistema de trens e ônibus não atendem aos deslocamentos locais, servindo apenas conexões inter-regionais. Já a presença de escolas e unidades de saúde (como hospitais e farmácias) apresentou influência significativa, indicando que os indivíduos estão dispostos a pagar mais caro em função de sua proximidade.

2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio da revisão bibliográfica estruturada foi possível identificar cinco artigos científicos que especificam os principais parâmetros que influenciam no potencial de sucesso para o DOTS, tanto sobre a ótica de países desenvolvidos, como em desenvolvimento.

Assim, contribuindo para atender ao primeiro objetivo específico desta pesquisa, os principais parâmetros sumarizados na Tabela 1 (p. 33) permitem orientar a escolha dos elementos espaciais a serem utilizados no procedimento proposto. Dessa forma, mantém-se a flexibilidade do método, porém apoia-se a determinação dos critérios e elementos a serem analisados, que devem ser arbitrados pelo pesquisador.

3 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO PROPOSTO

O procedimento metodológico proposto tem a finalidade de apoiar o processo de tomada de decisão referente à determinação do local a serem concentrados esforços e investimentos para implantar intervenções que promovam o desenvolvimento urbano de forma sustentável, conforme detalhado no conceito do Desenvolvimento Orientado ao Transporte.

Vale ressaltar seu caráter complementar e de suporte à decisão, servindo mais como um instrumento para guiar o processo de escolha de forma transparente (método quantitativo) do que uma solução rígida. Assim, consiste, basicamente, de cinco etapas:

- I. **Definição da Área de Estudo:** obtenção dos anéis de cobertura em função da distância máxima de caminhada que possa ser percorrida, considerando a malha viária no entorno de cada estação, admitindo diferentes intervalos de tempo (5, 10, 15, 20 e 30 minutos);
- II. **Determinação dos Elementos de Análise:** dentre os dados georreferenciados disponíveis para determinada região, cabe ao pesquisador a responsabilidade de escolher os elementos espaciais a serem analisados, orientando-se pelos principais parâmetros identificados na literatura – sumarizados na Tabela 1 (p. 33) – e adicionando os que julgar pertinente. Por ser construído com foco no desenvolvimento sustentável, recomenda-se no mínimo que sejam incorporados critérios referentes à esfera Ambiental, Social e Econômica;
- III. **Análise Espacial:** correlação dos elementos selecionados para compor a análise e sua proximidade com a estação. Após normalizados para que a pontuação final assuma valores entre 0 e 1, as camadas são convertidas em formato matricial (*Raster*), permitindo que posteriormente possam ser somadas para obter um mapa de calor do potencial de sucesso DOTS;
- IV. **Ponderação:** utilização do método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) para obter o peso dos critérios e elementos de análise, definidos na Etapa 2, consultando especialistas e representantes da sociedade organizada;
- V. **Álgebra de Mapas:** etapa final, que consiste na obtenção de um mapa de calor referente ao potencial de sucesso do DOTS, resultante do somatório dos diferentes *Rasters* (obtidos na terceira etapa), devidamente ponderados e corrigidos frente a critérios eliminatórios.

A Figura 5 apresenta o procedimento esquemático da ferramenta proposta, indicando que cada nível hierárquico pode ser composto por diversos fatores, sendo Critérios C_i e Elementos de Análise E_{ij} , a serem determinados pelo pesquisador. Assim, o índice i representa determinado Critério, enquanto na hierarquia inferior os Elementos de Análise são representados pelo índice i, j , estabelecendo seu vínculo com a hierarquia superior. O mesmo vale para seus respectivos Pesos P_{ij} , obtidos na etapa de Ponderação. Por fim, os elementos de análise são convertidos em seu formato matricial (*Raster*), no qual cada *pixel* representa a pontuação final de sua respectiva camada, possibilitando obter um mapa de calor em função de seu somatório ponderado (Álgebra de Mapas).

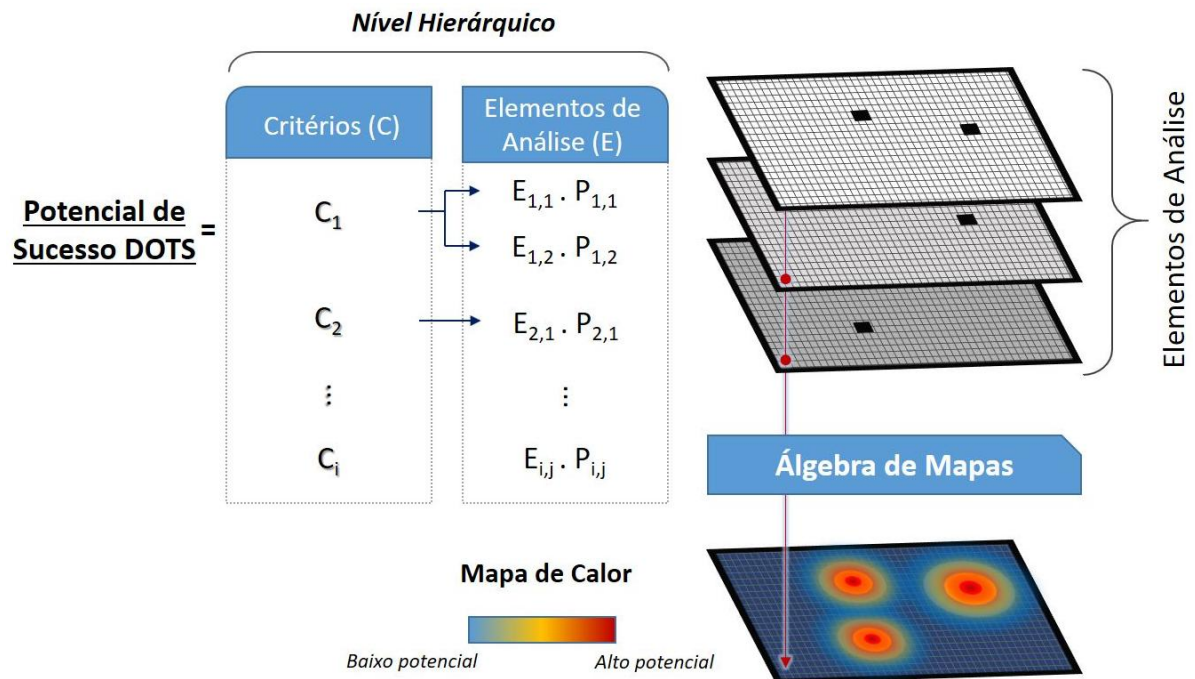


Figura 5: Procedimento esquemático da ferramenta proposta

Fonte: Singh *et al.*, 2014 (adaptado pelo autor)

3.1 ETAPA I: DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Ao invés da tradicional definição da área de estudo por meio de distância linear – adotando um raio de 800 metros a partir de cada estação de transporte – o procedimento proposto nesta dissertação utiliza uma abordagem diferenciada: os anéis de cobertura. Isto é,

considerando a rede de calçadas no entorno de cada estação, estima-se a área de cobertura equivalente a diferentes tempos de caminhada (5, 10, 15, 20 e 30 minutos).

Como tais áreas de alcance não se sobrepõem, justifica-se a escolha da nomenclatura de “anéis de cobertura”. Os anéis representam uma relação de proximidade a cada estação estudada, tendo um fator específico de multiplicação que atua beneficiando os elementos mais próximos, enquanto penaliza os mais afastados, como exemplificado na Tabela 2.

Tabela 2: Fator de multiplicação em função da proximidade à estação

	Tempo de Caminhada (minutos)				
Anel de Cobertura	5	10	15	20	30
<i>Fator de Multiplicação</i>	<i>150%</i>	<i>100%</i>	<i>75%</i>	<i>50%</i>	<i>25%</i>

Fonte: Elaboração própria

Diferentemente do cálculo tradicional utilizando raios fixos de cobertura, esta alternativa agrega maior precisão ao procedimento proposto, tendo em vista que leva em consideração as características da rede de deslocamento ao redor de cada estação de transporte, resultando em diferentes áreas de cobertura. O alcance dos anéis é diretamente proporcional à densidade e disponibilidade de calçadas.

Vale destacar ainda que esta abordagem menos rígida permite capturar a influência de elementos espaciais situados além da fronteira usual de avaliação. Ou seja, um elemento de interesse localizado poucos metros além de determinada área de cobertura (por exemplo, a área equivalente a 10 minutos de caminhada, comumente representada pelo raio fixo de 800 metros), não será descartado. Tal elemento será levado em consideração, tendo apenas sua pontuação afetada pelo fator de proximidade.

Como pode ser visto na Figura 6, a imagem do canto superior esquerdo foi extraída de (ITDP, 2016) e representa a área de estudo delimitada por distância linear em um raio de 400 metros. Já no canto superior direito, apresenta-se os anéis de cobertura para diferentes tempos de caminhada a partir de cada estação, variando entre 5, 10, 15, 20 e 30 minutos. Observa-se que o alcance é dinâmico, variando em função da malha viária existente ao redor das estações. As demais imagens ilustram a diferença entre ambos os métodos: (b) adota distância fixa de 800 metros, comumente utilizado para representar 10 minutos de caminhada; enquanto (c) o

sobrepõem aos anéis de cobertura de (a), revelando possíveis falhas do uso de Distância Linear fixa, que deveria englobar apenas as áreas demarcadas pela cor verde claro.

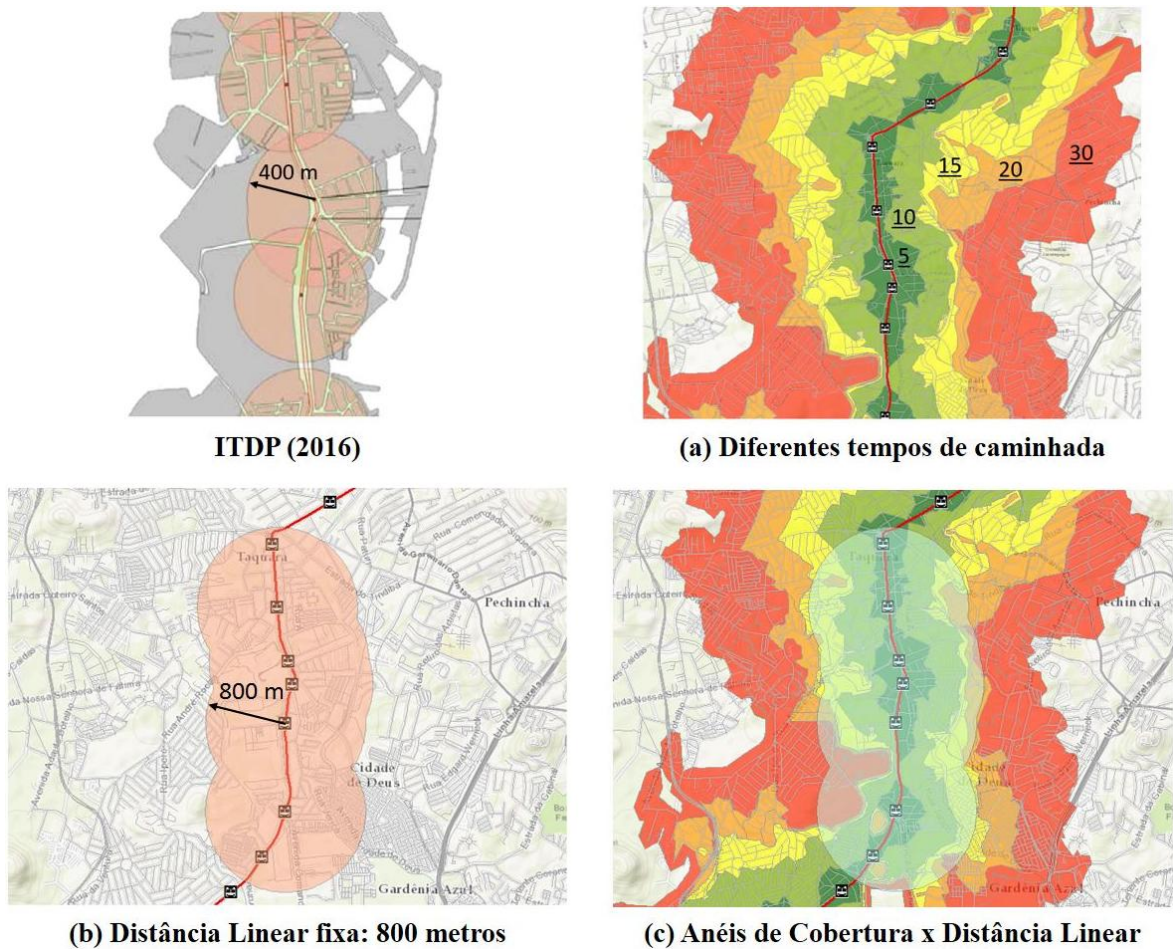


Figura 6: Diferença na determinação da área de estudo - Distância linear versus Tempo de Caminhada

Fonte: Elaboração própria (exceto onde indicado)

3.2 ETAPA II: DETERMINAÇÃO DOS ELEMENTOS DE ANÁLISE

Conforme mencionado anteriormente, a determinação dos elementos a serem considerados na análise fica a critério do pesquisador. Isto é, dentre os elementos georreferenciados disponíveis para determinada região – e que se tenha acesso –, cabe ao pesquisador a responsabilidade de determinar quais serão analisados.

Essa maior flexibilidade de escolha permite que a aplicação da ferramenta possa ser ajustada para a realidade de cada região de estudo. Dessa forma, busca-se evitar penalizar

locais que tenham maior variedade de dados espaciais disponibilizados, permitindo que possa ser buscada a maior precisão possível no processo de avaliação.

No entanto, é importante ressaltar que o maior nível de liberdade neste processo de escolha está diretamente relacionado à maior responsabilidade imposta sobre o pesquisador. Dessa forma, para melhor orientar a aplicação da ferramenta, recomenda-se que a determinação dos elementos de análise seja embasada nos critérios e elementos exemplificados a seguir, resultantes da consolidação dos principais parâmetros de influência sobre o DOTS – expostos na Tabela 1 (p. 33) – e complementados pelo critério Prático, considerado como relevante para a avaliação do potencial deste modelo urbanístico.

Vale ressaltar que os próximos subitens apresentam apenas alguns exemplos para melhor orientar a determinação dos Elementos de Análise; não tendo a pretensão de esgotar todas suas possibilidades.

3.2.1 *Critério Ambiental*

Sobre este critério, alguns parâmetros podem ser avaliados. A seguir, exemplificam-se alguns Elementos de Análise que podem ser utilizados na tentativa de capturar a influência de determinado parâmetro:

- ❖ **Áreas Verdes:** presença de parques e praças; áreas de integração social, espaço de convivência, proporção de áreas impermeabilizadas *etc.*;
- ❖ **Transporte Não Motorizado:** qualidade de calçadas e/ou de ciclovias, presença/proximidade/densidade de estações de sistema compartilhado de bicicletas (*Bike-Sharing*), presença/proximidade/densidade da malha de calçadas e/ou ciclovias, e outros; e
- ❖ **Integração Modal:** presença/proximidade/densidade de estações de outras linhas ou de outros modos de transporte, presença/proximidade de estacionamento exclusivo para usuários de transporte público (*Park-and-Ride*), existência de estações de compartilhamento de carro (*Car-Sharing*), dentre outros.

3.2.2 Critério Econômico

Referente a este critério, alguns parâmetros podem ser avaliados. A seguir, exemplificam-se alguns Elementos de Análise que podem ser utilizados na tentativa de capturar sua influência:

- ❖ **Valorização Local:** tendência da variação na arrecadação fiscal local, quantidade de investimentos privados em desenvolvimento e tendência natural da situação do mercado imobiliário (independente da intervenção proposta) – podendo ser capturado pela variação média de preços de imóveis anunciados nos últimos 12 meses ou índice FipeZAP; e
- ❖ **Estabilidade:** nível de desemprego, quantidade e diversidade de estabelecimentos comerciais, quantidade e diversidade de empregos.

3.2.3 Critério Social

A seguir, exemplificam-se alguns Elementos de Análise que podem ser utilizados na tentativa de capturar a influência deste critério sobre o potencial de sucesso do DOTS, sendo:

- ❖ **Segurança:** índices de segurança pública (avaliados de forma classificativa), como quantidade de assaltos, roubo de veículos, homicídios, tráfico de drogas, presença/proximidade de delegacias ou corpo de bombeiros, dentre outros;
- ❖ **Educação:** presença/proximidade de escolas municipais, estaduais, federais, particulares ou técnicas, Naves de Conhecimento, bibliotecas e outros;
- ❖ **Unidades de Saúde:** presença/proximidade de postos de saúde, clínicas, hospitais, centro de vacinação, farmácia *etc.*; e
- ❖ **Comunidades Desfavorecidas:** presença e proximidade de aglomerados subnormais (favelas) ou comunidades desfavorecidas que podem ser beneficiadas pela realização de determinada intervenção urbana.

3.2.4 Critério Prático

Além dos principais elementos identificados na revisão bibliográfica, acredita-se que a viabilidade prática para a realização de intervenções também se configura como um

importante fator a ser considerado na avaliação do potencial de sucesso do DOTS. Assim, sugere-se que seja ainda incorporado na análise o critério denominado “Prático”. A seguir, exemplificam-se alguns Elementos de Análise que podem ser utilizados na tentativa de capturar sua influência:

- ❖ **Densidade:** definido pela quantidade de determinado fator por unidade de área, pode ser aplicado ao número de habitantes, residências, edifícios *etc.* Promover melhorias que beneficiem reduzida quantidade de habitantes é considerado ineficiente e deve ser penalizado. Por outro lado, regiões com demasiada concentração de edificações impõem significativas dificuldades quanto a realização de intervenções urbanas (desapropriações, dentre outros);
- ❖ **Risco:** presença e proximidade de áreas identificadas pela Prefeitura com suscetibilidade de desabamentos, regiões com histórico de alagamentos ou inundações, ou ainda próximas a indústrias perigosas (energia nuclear, fabricação de explosivos, subestação de transmissão de energia);
- ❖ **Característica do Terreno:** avaliando o perfil do terreno para penalizar regiões irregulares/acidentadas, montanhosas, que tendem a prejudicar a estabilidade do solo, além de impor dificuldades de engenharia civil; e
- ❖ **Acessibilidade:** definido pela facilidade de acesso a determinada finalidade, pode ser aplicada pela cobertura dos sistemas de transportes, cobertura do sistema viário, extensão média dos quarteirões dentre outros.

Sobre este último parâmetro, o ITDP propôs um indicador para avaliar a acessibilidade ao transporte público, denominado *People Near Transit* (PNT), que pode ser traduzido como “Quantidade de pessoas situadas próximas ao sistema de Transporte Público”.

Para seu cálculo, admite-se como aceitável a distância de um quilometro (equivalente ao tempo de caminhada entre 10 a 15 minutos) para acessar um sistema de transporte público que opere com adequado nível de qualidade.

Assim, o indicador PNT representa o percentual de pessoas que residem no entorno das estações de transportes de média e alta capacidade, delimitado por um raio de 1 quilômetro de distância a partir das estações, dividido pelo total da população da cidade ou município (ITDP, 2015).

3.2.5 Critério Eliminatório

Por último e também complementar aos parâmetros identificados na revisão, existe a possibilidade de que alguns critérios possam inviabilizar completamente a realização de intervenções urbanas, sendo necessário descartar toda a pontuação proveniente dos demais elementos de análise. Tais critérios eliminatórios (ou impeditivos) podem ser facilmente incorporados no procedimento proposto, assumindo fator multiplicativo 0 ou 1, aplicado ao somatório ponderado dos demais Critérios e Elementos – a ser realizado na Etapa V.

Alguns Elementos que podem ser considerados como eliminatórios: Presença de áreas protegidas; reservas ambientais, florestais; proteção de fauna ou flora; sítio de interesse histórico ou arqueológico, dentre outros.

3.3 ETAPA III: ANÁLISE ESPACIAL

A rotina de análise espacial consiste basicamente no cruzamento entre a presença de Elementos de Análise e sua proximidade em relação a cada estação de transporte. A pontuação inicial é binária, assumindo valor 1 ou 0, em função de sua presença nas regiões delimitadas pelos anéis de cobertura. Então, para considerar sua proximidade, esta pontuação é multiplicada pelo fator de cada anel, que decai em função do aumento do tempo de caminhada, como visto na Tabela 2 (p. 38).

No ambiente do programa SIG, tal rotina é representada pelo seguinte algoritmo, que se aplica para cada elemento vetorial a ser analisado (como pode ser visto no Código em Python, apresentado no Apêndice A):

- 1) Criar um novo campo (coluna de dado) na camada “Anéis de Cobertura”, atribuindo nome representado pela concatenação do elemento de análise e a letra “F” (simbolizando *Field*);
- 2) Selecionar somente os anéis que contenham pelo menos um dos elementos de interesse (função “Selecionar por Localização”);
- 3) Preencher o campo criado com a multiplicação do campo [PesoNorm] vezes 1. Vale lembrar que o campo [Peso] faz parte da camada “Anéis de Cobertura”, assumindo fatores diferentes em relação ao tempo de caminhada considerado (5, 10, 15, 20 ou 30 minutos). A obtenção de [PesoNorm] se dá pela expressão

$\frac{x-\min}{\max-\min}$, que normaliza a pontuação inicial para assumir valor entre 0 e 1 (função “Calcular Campo”); e

- 4) Por último, converte-se tal informação para seu formato matricial, com base na pontuação devidamente normalizada (função “Polígono para *Raster*”), utilizando-a ainda como indicador de prioridade. Tal dado matricial é armazenado para posterior uso na Etapa V, adicionando a letra “K” na concatenação de seu nome (representando um *Raster* normalizado).

O indicador de prioridade utilizado na conversão para o formato matricial garante que, onde houver sobreposição dos anéis de cobertura (e conseqüentemente, diferente pontuação para o mesmo pixel), prevaleça somente o maior valor. Dessa forma, cada região analisada será representada por sua maior pontuação obtida na análise dos diferentes tempos de caminhada a partir de cada estação.

Essa rotina permite que todos os elementos básicos sejam devidamente processados e armazenados; prontos para serem aplicados posteriormente na etapa final de Álgebra de Mapas.

No entanto, nem todos os Elementos de Análise podem ser avaliados de forma básica, computando apenas uma pontuação em função de sua presença e proximidade. Alguns casos podem requerer uma avaliação mais complexa e devem ser tratados isoladamente, de forma classificativa, levando em consideração que o valor final deve sempre ser contido entre 0 e 1.

Por exemplo, ao avaliar a regularidade do terreno, densidade ou taxa de variação do preço de imóveis (aquecimento do mercado imobiliário), os dados espaciais apresentam significativa flutuação. Nesses casos, recomenda-se utilizar o método estatístico de “Quebras Naturais” para apoiar a identificação dos intervalos a serem classificados, adotando pelo menos 5 (cinco) intervalos. A partir desta distribuição, pode-se arbitrar um novo critério de classificação, indicando a pontuação final de cada classe (função condicional do valor do *Raster*, “CON”).

Vale notar que a função de Reclassificação (*Reclassify*) não pode ser utilizada para esta tarefa, uma vez que funciona apenas com a atribuição de número inteiros.

3.3.1 Transformação em dado matricial (*Raster*)

Uma vez que a rotina de análise espacial para determinar a pontuação ponderada de cada Elementos de Análise seja concluída, procede-se então sua conversão do formato vetorial (polígono) para matricial (*Raster*). Assim, cada *Raster* pode ser entendido como uma camada que contém, em cada pixel, o valor da pontuação ponderada ($E_{i,j}$).

A principal vantagem em trabalhar com dados matriciais é a possibilidade de executar a operação de álgebra de mapas, na qual o resultado final representa o somatório dos demais *Rasters* sobrepostos, pixel a pixel. Além disso, esta operação permite que a soma seja ponderada, aplicando os pesos dos respectivos Critérios e Elementos de Análise, a serem determinados na etapa de Ponderação.

3.4 ETAPA IV: PONDERAÇÃO DE CRITÉRIOS E ELEMENTOS

Uma vez que os critérios e elementos de análise tenham sido definidos na Etapa II, pode-se prosseguir para sua ponderação, isto é, a definição de seus respectivos pesos. Para tal, utiliza-se um método de análise multicritério que leve em consideração os diferentes níveis hierárquicos, conhecido como AHP – traduzido como Processo de Análise Hierárquica.

A principal característica deste método consiste em permitir transformar a avaliação de assuntos complexos e tipicamente subjetivos (qualitativos) em um procedimento quantitativo. Com enfoque na determinação do peso dos diferentes critérios e elementos a serem analisados, o método AHP é apenas parcialmente utilizado, obtendo-se o vetor de prioridades.

Tabela 3: Escala Fundamental de avaliação pareada

Escala Fundamental	
1	Igual importância
3	Importância pequena de um sobre o outro
5	Importância grande de um sobre outro
7	Importância muito grande de um sobre o outro
9	Importância extrema de um sobre o outro
2, 4, 6, 8	Valores intermediários

Fonte: Saaty, 1980 (adaptado pelo autor)

Para tal, os critérios e elementos devem ser organizados em diferentes níveis hierárquicos, na qual determinado critério pode conter um ou mais elementos. Procede-se então a avaliação pareada dentre os membros de cada hierarquia, adotando-se a Escala Fundamental de Saaty, que varia de 1 a 9, conforme apresentado na Tabela 3 (SAATY, 1980).

No entanto, o método é construído a partir do pressuposto de que o participante é racional e, portanto, suas escolhas são coerentes entre si. Isto é, se o fator hipotético A é preferido a B e B é preferido a C, espera-se que A seja preferido a C. Por isso, existe uma etapa de verificação de coerência, conhecido como Razão de Consistência, que deve ser inferior a 10%. Tendo em vista que o desenvolvimento matemático do método e sua etapa de verificação fogem ao escopo desta pesquisa de dissertação, recomenda-se que leitores interessados consultem Saaty (1980) ou Teknomo (2006) para informações detalhadas sobre o desenvolvimento do método.

Vale citar ainda que tal pesquisa pareada pode ser aplicada em grupos, sendo recomendado ao final consolidar a matriz de comparação utilizando a média geométrica de todos participantes (TEKNOMO, 2006). Por ser mais complexa, esta pesquisa é tradicionalmente aplicada sobre uma reduzida quantidade de pessoas, consideradas especialistas sobre o assunto a ser avaliado.

No entanto, motivado pela importância da participação popular no processo de planejamento urbano, recomenda-se que também sejam entrevistados representantes da sociedade organizada na Etapa de Ponderação deste procedimento proposto. Preferencialmente, pessoas oriundas das diferentes regiões afetadas pelo corredor de transporte em estudo, buscando captar as particularidades locais.

3.5 ETAPA V: ÁLGEBRA DE MAPAS

A etapa final do procedimento metodológico proposto consiste na operação da álgebra de mapas. Isto é, consolidar todos os dados matriciais (*Raster*) calculando seu somatório ponderado, como representado na seguinte equação:

$$Potencial\ de\ Sucesso = \sum_{i=1}^l \left(C_i \times \sum_{j=1}^{m_i} E_{i,j} \times P_{i,j} \right) \times \prod_{k=1}^n Z_k \quad (1)$$

O peso dos critérios, obtido na etapa de ponderação, é representado por C_i , composto por l itens. Já os elementos de análise são representados pelo produto de dois fatores: o valor da pontuação resultante da etapa de análise espacial (já devidamente normalizado) $E_{i,j}$; e seu respectivo peso $P_{i,j}$ (obtido também pela etapa de ponderação), ambos compostos por m itens. Vale notar que determinado critério (C_i) pode conter um ou mais elementos de análise ($E_{i,j}$) e seu respectivo peso ($P_{i,j}$); justificando assim a utilização do índice composto i, j para estabelecer uma relação de hierarquia. Ainda, m_i representa a quantidade de elementos de análise de cada critério C_i . Destaca-se que a quantidade de Elementos não influencia no resultado final, tendo em vista que os pesos de cada hierarquia (tanto C_i , quanto $P_{i,j}$) devem ser positivos e seu respectivo somatório deve totalizar 100%.

Assim, para a obtenção do mapa de calor, a pontuação final de cada *pixel* é calculada, de fato, pela parcela do somatório (Σ) do produto de cada Critério e seus Elementos de Análise, considerando seus respectivos pesos ponderados na etapa anterior.

Por último, os critérios eliminatórios são representados por Z_k , que podem ser compostos por n itens. Ao adotar o produtório (Π), garante-se que caso pelo menos um dos critérios de eliminação sejam atendidos, o *pixel* final recebe valor 0 (zero), uma vez que o somatório da pontuação dos demais elementos seria anulada.

3.6 EXEQUIBILIDADE

Por trabalhar com dados georreferenciados, o procedimento proposto requer a utilização de programa SIG que seja capaz de realizar análises espaciais e em rede, como o ArcGIS, amplamente utilizado de forma comercial, ou mesmo uma alternativa de licença aberta, como o QuantumGIS (QGIS).

Ainda, vale ressaltar que a integração destes programas com a linguagem de programação Python facilita a construção de códigos (*Scripts*) que permitem automatizar tarefas repetitivas, viabilizando assim a aplicação do método proposto em casos reais, conforme demonstrado no exemplo ilustrativo que avalia a região no entorno das estações do corredor BRT TransCarioca, no Rio de Janeiro, apresentado no Capítulo 4.

3.7 PREMISSAS ADOTADAS

É importante ressaltar que o procedimento proposto adota como premissa o traçado do corredor de transporte estudado, desenvolvendo sua aplicação e análise a partir das estações já previamente definidas. Sendo assim, não se discute o traçado nem a determinação da quantidade e localização das estações.

Embora alguns estudos apontem críticas sobre a efetividade do DOTS, particularmente quanto ao fenômeno de *Self Selection*, o desenvolvimento desta dissertação se baseia no estado da prática, conforme defendido por instituições de renome como o ITDP e o *World Resource Institute* (WRI Ross). Logo, adota-se também a premissa de que o ambiente construído é capaz de exercer influência sobre o comportamento individual das pessoas que nele residem e trabalham; e que os conceitos que embasam o DOTS são capazes de promover um desenvolvimento de forma mais sustentável.

3.8 PRINCIPAIS LIMITAÇÕES

Embora o conceito urbanístico do DOTS se aplique a qualquer região no entorno de estações de transporte de média-alta capacidade (metrô, trem, VLT ou BRT), este trabalho se limita a analisar, apenas como exemplo ilustrativo, um corredor de BRT.

No entanto, vale ressaltar que o procedimento proposto pode ser replicado para outros corredores, modos ou regiões. A utilização do Método AHP permite que sejam entrevistados especialistas e representantes da sociedade para definir os pesos de influência de cada um dos critérios e subcritérios considerados na aplicação da ferramenta proposta, buscando capturar assim as características da realidade do local de estudo.

Ou seja, o procedimento possui flexibilidade suficiente para ser adotado tanto em países desenvolvidos como em desenvolvimento, que apresentam significativas diferenças socioeconômicas e culturais. Flexibilidade que se aplica também a diferentes escalas de tempo, levando em consideração a disponibilidade de novas tecnologias ou mesmo mudanças comportamentais da população ao longo do tempo.

Por ser desenvolvido a partir de análise espacial, a disponibilidade de informações georreferenciadas se torna fundamental para a aplicação da ferramenta. Particularmente, a

disponibilidade de parâmetros identificados na pesquisa como relevantes para o sucesso de intervenções embasadas no DOTS.

Embora a diversidade e facilidade de acesso a tais dados georreferenciados nem sempre estejam próximas do ideal, ressalta-se que o procedimento metodológico é capaz de superar algumas dessas barreiras ao permitir que os atributos relevantes para o sucesso do DOTS sejam representados direta ou indiretamente, por meio de *proxies*. Configura-se então uma situação de “perde-e-ganha”, na qual se imputa maior responsabilidade sobre o pesquisador em função da maior liberdade de escolha sobre os elementos a serem analisados.

3.9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Buscando atender ao segundo objetivo específico desta dissertação, desenvolveu-se a construção de um procedimento metodológico, detalhando cada uma das cinco etapas que o compõem, sendo: I) Definição da área de estudo; II) Determinação dos elementos de análise; III) Rotina de análise espacial; IV) Ponderação; e IV) Álgebra de mapas.

Conforme destacado na Equação 1 (página 46), o procedimento para o cálculo do “Potencial de Sucesso” se baseia no somatório ponderado da pontuação obtida para cada Elementos de Análise, que leva em consideração a presença e proximidade de determinados elementos espaciais em relação às estações do corredor de transporte estudado.

O procedimento de cálculo é flexível, permitindo que o pesquisador arbitre a quantidade l de Critérios a serem utilizados, assim como a quantidade m de Elementos de Análise. A composição dos critérios não é restrita, podendo conter um ou mais elementos.

Os pesos de cada Critério (C_i) e Elemento ($P_{i,j}$) são determinados na etapa de Ponderação, por meio de pesquisa pareada adotando a Escala Fundamental de Saaty. Com o objetivo de ampliar a participação popular no processo de planejamento urbano, recomenda-se que tal pesquisa seja aplicada também a representantes da sociedade organizada, além de especialistas – tipicamente consultados de acordo com o método AHP.

A principal vantagem de se trabalhar com o formato de dados matriciais é a possibilidade de realizar a operação de álgebra de mapas, obtendo como resultado final um

mapa de calor do potencial de sucesso, sobrepondo a contribuição de cada um dos elementos analisados.

Por fim, são apresentadas as condições de exequibilidade para a utilização do procedimento proposto, as premissas adotadas em sua construção e suas principais limitações.

4 EXEMPLO ILUSTRATIVO – BRT TRANSCARIOCA

Buscando atender ao último objetivo específico, este capítulo consiste na aplicação do procedimento proposto em um exemplo ilustrativo, estudando as regiões com maior potencial de sucesso para o desenvolvimento urbano sustentável ao longo do corredor de transporte BRT TransCarioca, no Rio de Janeiro, de acordo com intervenções baseadas no conceito urbanístico do DOTS.

A tecnologia de transporte BRT foi amplamente adotada na cidade do Rio de Janeiro. No contexto da realização da Copa do Mundo 2014 e Olimpíadas 2016, idealizou-se a construção de quatro corredores de BRT para atender as exigências de ligação rápida e direta entre os locais de competição. Com o total de 150 quilômetros de extensão e 165 estações planejadas, servindo como um dos principais legados para melhorar a mobilidade urbana, os quatro corredores são apresentados na Figura 7, sendo: TransOeste; TransCarioca; TransOlímpica; e TransBrasil.

Os três primeiros já estão construídos e em operação (mesmo que parcial), enquanto o TransBrasil, até novembro de 2016, continuava em construção.

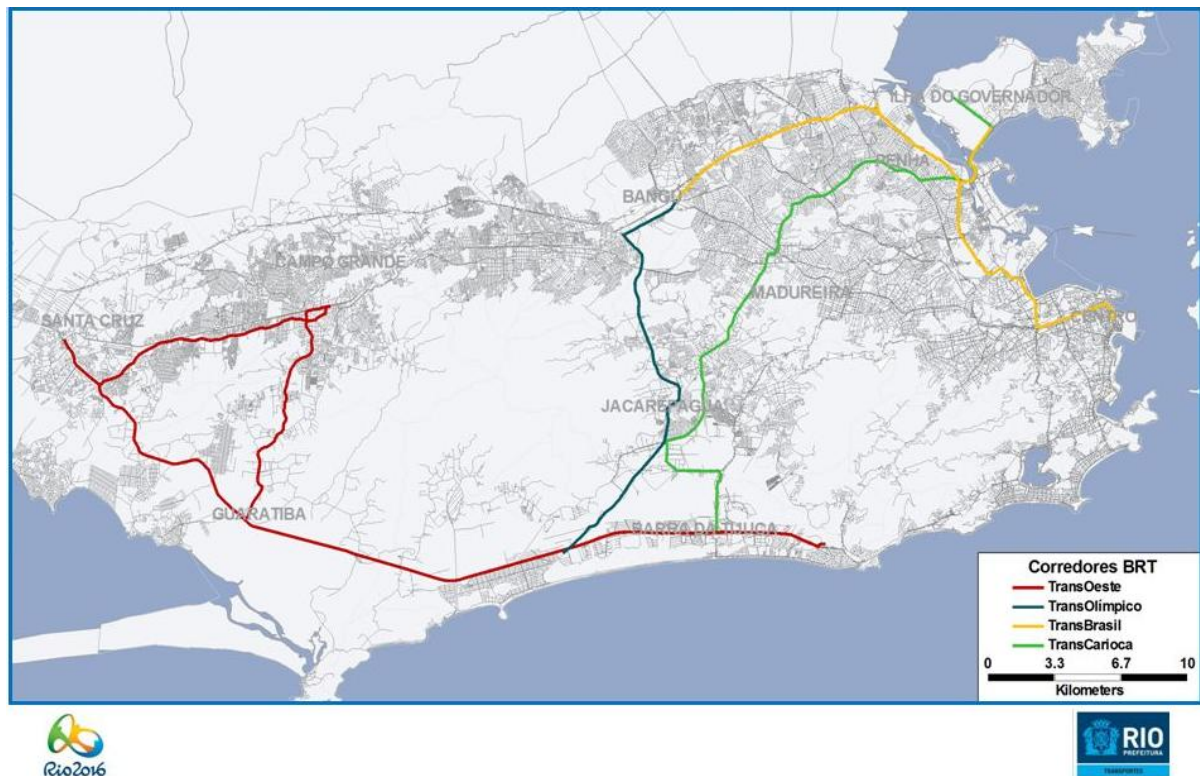


Figura 7: Mapa dos Corredores de BRT Planejados

Fonte: Prefeitura do Rio de Janeiro, 2015

O corredor TransCarioca conecta a Barra da Tijuca até ao Aeroporto Internacional Tom Jobim (Galeão), integrando-se ao Terminal Alvorada, TransOlímpica, TransBrasil e o sistema de trens. Quando totalmente pronto e operando de forma integral, será composto por 39 quilômetros de extensão e 47 estações, além de 5 terminais: Alvorada, Taquara, Tanque, Madureira e Fundão (BRT-RIO, 2016).

Passando por 27 bairros com significativas diferenças demográficas, este corredor se configura como uma interessante oportunidade para orientar a realização de intervenções urbanas localizadas próximas a suas estações, de acordo com o conceito do DOTS.

No entanto, justamente em função de sua longa extensão e por cruzar regiões tão distintas, coloca-se a seguinte questão: aonde incentivar a realização de tais intervenções para promover – com maior eficácia possível – um desenvolvimento urbano mais sustentável?

Dessa forma, tentando responder a esta questão e exemplificando o potencial do procedimento proposto para dar suporte à tomada de decisão, aplica-se a ferramenta proposta ao exemplo ilustrativo de análise ao corredor BRT TransCarioca, detalhado a seguir.

4.1 ETAPA I: DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Para definir a área de estudo, utilizou-se o assistente de criação para “Análise de Redes” do ArcGIS, aplicado sobre o arquivo que representa a rede a ser construída, que deve ser exportado para um Conjunto de Dados (*Feature Dataset*).

A partir do Conjunto de Dados criado, denominado “Rede Peatonal”, inseriu-se a malha viária extraída da base de mapas abertos, *Open Street Maps* (OSM), representada por um arquivo vetorial de linhas. O processo de extração de dados do OSM pode ser feito pelo *website* www.bbbike.com, o qual permite, dentre outros, selecionar o recorte espacial desejado e seu sistema de coordenada geográfica.

Ao modelar os “Giros” (*Turns*), definiu-se que sua conectividade se dá em qualquer interseção (*Any Vertex*), sem impor nenhuma Restrição. Diferentemente de veículos automotores que precisam respeitar regras de conversão, os deslocamentos a pé são livres, permitindo livre circulação por sua malha, independente do sentido. Por questões de simplificação, não foram utilizados dados referentes à elevação da Rede, que são

recomendados para malhas que envolvam a sobreposição de vias de circulação (como pontes, elevados e túneis).

Por último, devem ser especificados pelo menos dois critérios de “Custo” (Impedância). Então, foram definidos os atributos 1) Distância (em metros), com base na extensão do arquivo de linhas utilizado, devidamente projetado; e 2) Tempo de Percurso (em minutos), sendo calculado pela extensão dividida pela velocidade média de caminhada, 4,8km/h (de acordo com Vuchic (2005), sendo 800 metros percorridos em 10 minutos,).

Uma vez que a Rede Digital tenha sido criada, pode-se realizar funções específicas, como cálculo da menor Rota entre pontos, otimização de Itinerários (em função de parâmetros de restrição) e Áreas de Serviço (com base nos atributos de custo definidos). Utilizou-se então a Área de Serviço para obter a região de cobertura, a partir de cada estação do corredor estudado, referente a diferentes intervalos de tempo de caminhada (5, 10, 15, 20 e 30 minutos).

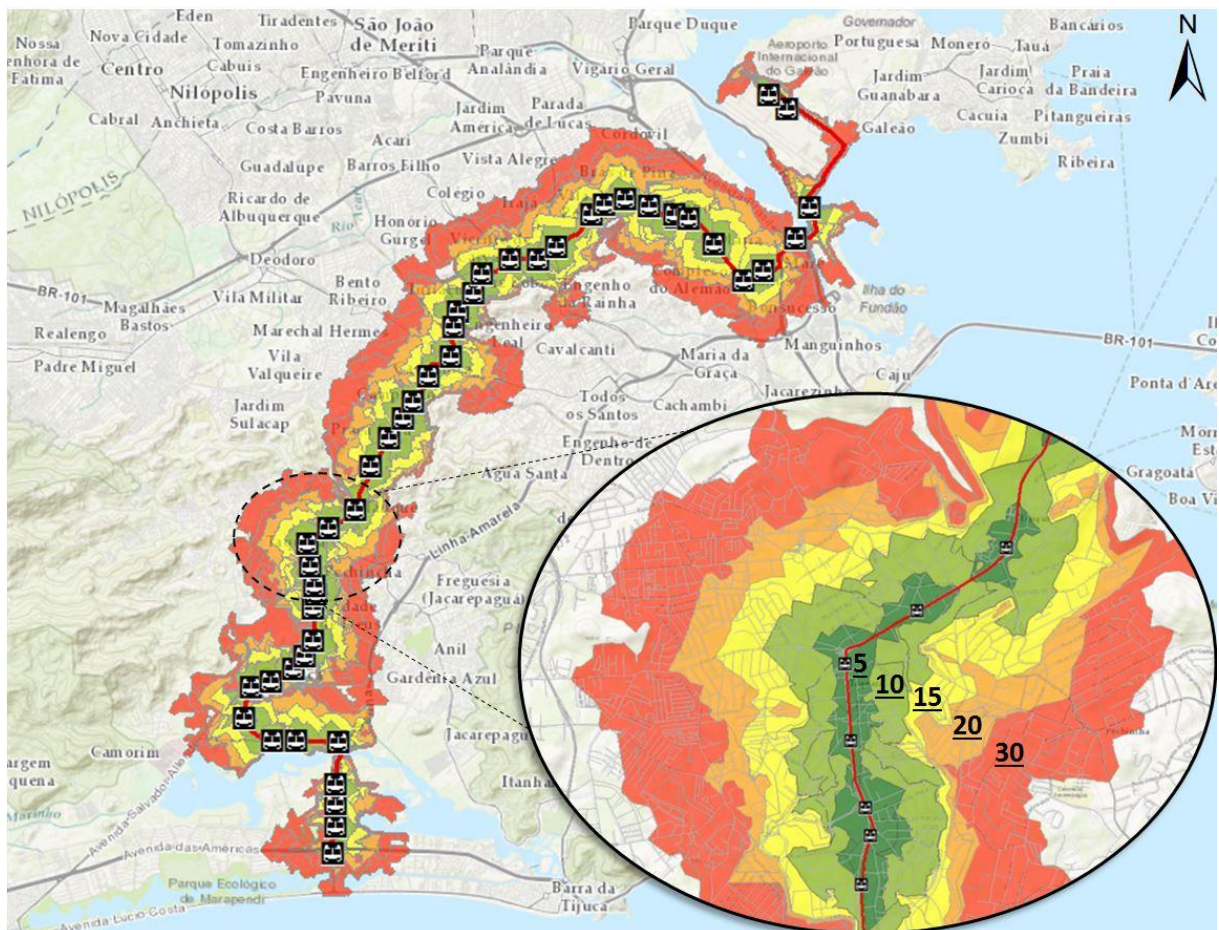


Figura 8: Detalhe da definição da Área de Estudo (Tempo de caminhada de 5, 10, 15, 20 e 30 minutos)

Fonte: Elaboração Própria

Cada uma dessas áreas foi exportada para um polígono denominado “Anéis de Cobertura”, sem sobreposição e sem dissolver nenhum dado. A Tabela 2 (p. 38) apresenta o fator multiplicativo adotado para cada anel, representando a avaliação da proximidade.

Como pode ser visto na Figura 8, cada estação possui sua própria área de cobertura para os diferentes intervalos de tempo considerados, sendo diretamente influenciadas por características da malha viária existente, como densidade e conectividade.

4.2 ETAPA II: DETERMINAÇÃO DOS ELEMENTOS DE ANÁLISE

Consiste em arbitrar, com base nos dados georreferenciados disponíveis, os elementos espaciais a serem considerados na análise, assim como seus respectivos critérios. Os dados utilizados nesta etapa foram obtidos pelo *website* da Prefeitura do Rio de Janeiro, que em parceria com o Instituto Pereira Passos (IPP) disponibiliza o BaseGeo Web: um mapa digital que permite analisar, selecionar e extrair os elementos georreferenciados disponíveis.

Além deste serviço, outros dados relevantes foram extraídos do *website* GeoOpenData – Cidade do Rio de Janeiro, criado para disseminar dados geográficos abertos da cidade. Por exemplo, dados sobre edificações, escolas estaduais e federais e Naves do Conhecimento.

Destaca-se ainda que, para uniformizar a análise de dados georreferenciados de diferentes sistemas de coordenadas geográficas, arbitrou-se o sistema WGS84 como padrão, tendo as projeções “Transverse Mercator” realizadas sobre o fuso 23S, específico da região estudada (Rio de Janeiro). Assim, os dados obtidos em SIRGAS2000 e SAD69 foram convertidos adotando o método de conversão adequado (ESRI, 2015).

4.2.1 Critério Ambiental

Para avaliar o critério ambiental, foram arbitrados os seguintes elementos de análise e sua forma de verificação (cuja distribuição espacial é apresentada na Figura 9):

- ❖ **Transporte Não Motorizado:** presença e proximidade de bicicletários de uso público, em ambientes públicos ou privados;
- ❖ **Integração Modal:** presença e proximidade de estações de outros modos de transporte, avaliando o Metrô, Trem, BRT, Teleférico e Aeroportos; e

❖ **Áreas Verdes:** presença de parques e praças.

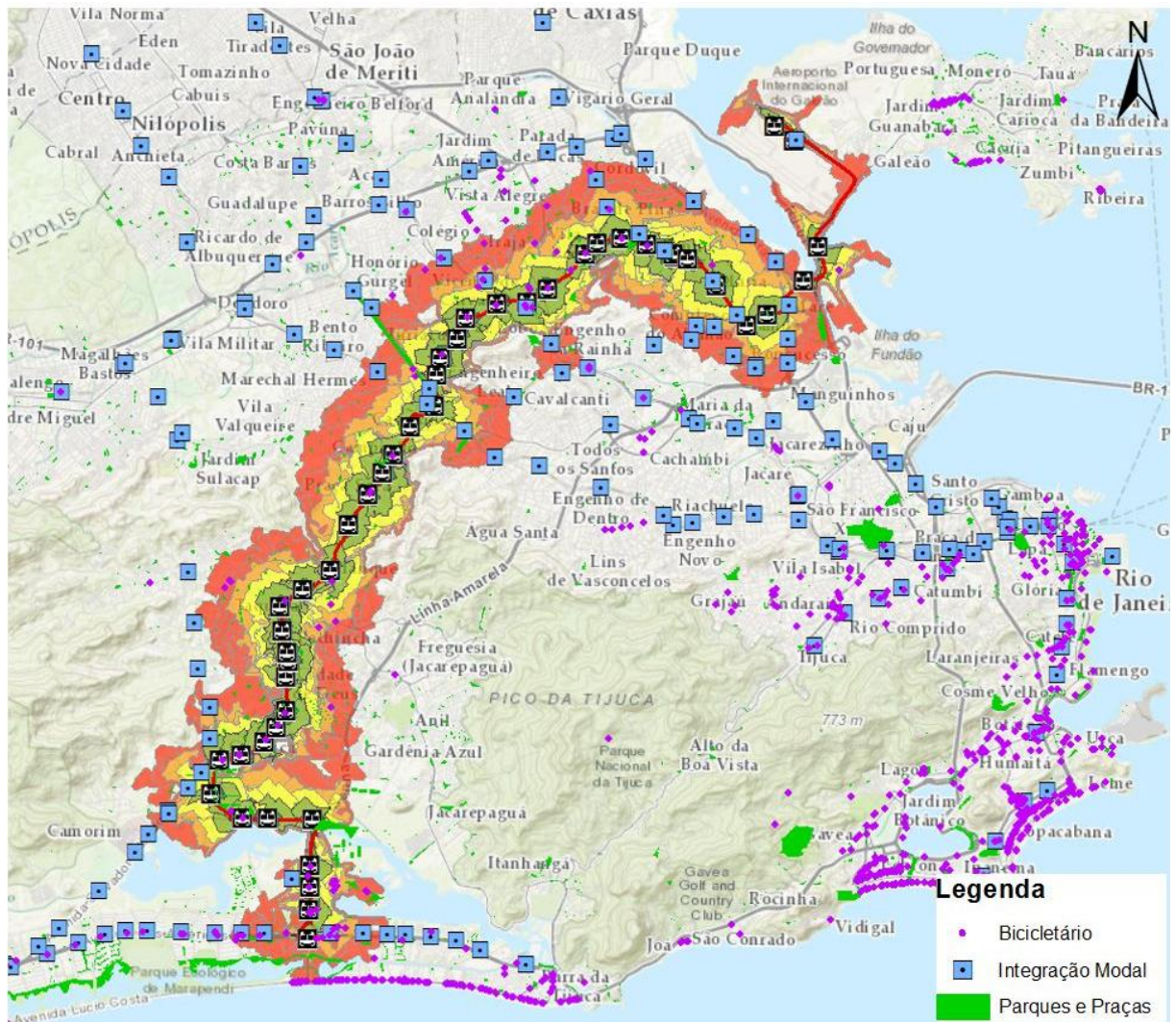


Figura 9: Distribuição dos Elementos de Análise do Critério Ambiental

Fonte: Elaboração Própria

4.2.2 Critério Econômico

Para avaliar o desenvolvimento econômico de cada região, adotou-se um indicador para capturar a tendência de aquecimento do mercado imobiliário.

Como o Índice FipeZAP não discrimina seus dados por bairros, adotou-se um procedimento alternativo, porém similar. Consultou-se a base de dados do *website* Agente Imóvel, que monitora a variação do preço médio por metro quadrado de unidades residenciais anunciadas online (tanto de venda, como de locação), para cada bairro da cidade do Rio de Janeiro.

Janeiro. Tais dados são armazenados em relação a intervalos específicos de tempo, sendo: mês atual; último mês, último trimestre e últimos 12 meses.

Para mensurar o aquecimento do mercado imobiliário, analisou-se então a taxa mensal de variação percentual dos preços anunciados em relação ao preço do mês atual”, conforme apresentado na Equação 2.

$$\text{Taxa de Variação Mensal (\%)} = \left[\left(\frac{\text{Preço}_{\text{mês atual}}}{\text{Preço}_t} \right)^{1/t} - 1 \right] \times 100 \quad (2)$$

Como nem todos os bairros possuíam anúncios registrados em todos intervalos de tempo, tal cálculo foi feito em relação ao dado disponível, preferencialmente o intervalo de tempo t mais distante. Ou seja, analisando a relação do preço do “mês atual” em relação aos “últimos 12 meses”; caso não disponível, em relação ao “último trimestre” e; se também não disponível, em relação ao “último mês”. A quantidade de meses é dada por t .

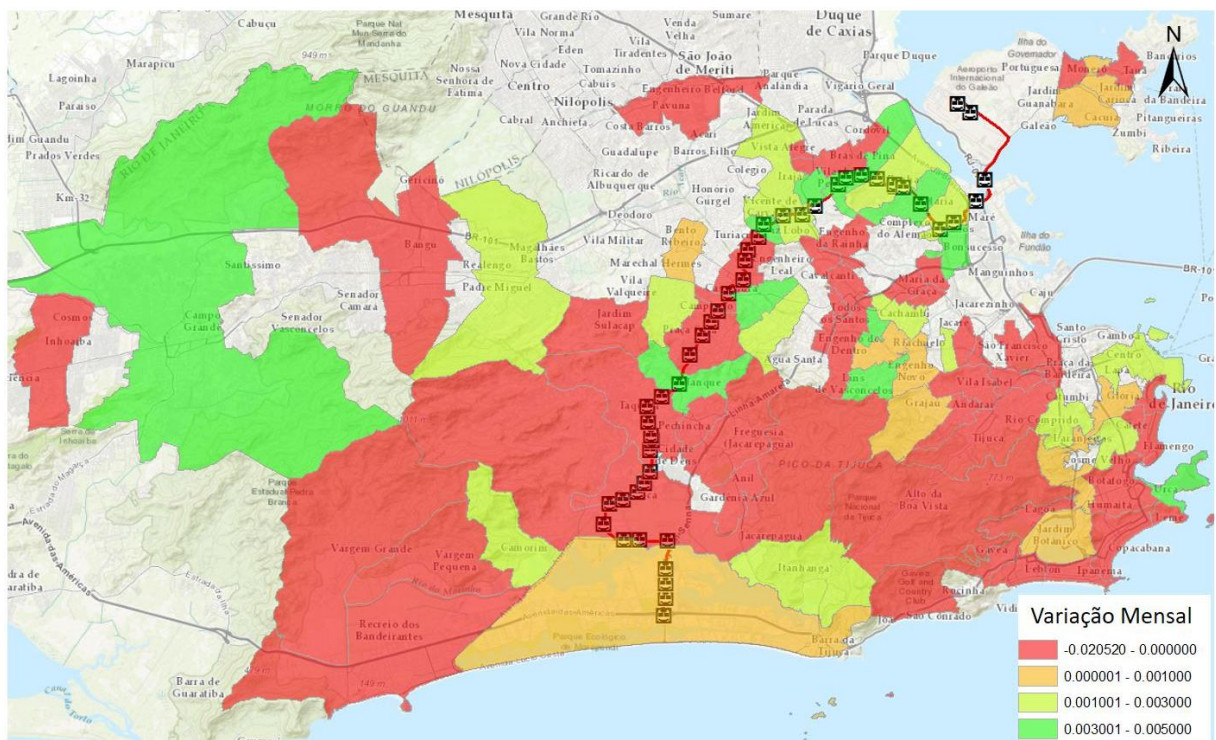


Figura 10: Pontuação referente ao Aquecimento do Mercado Imobiliário

Fonte: Elaboração Própria

Atribuiu-se valor 0 para variações mensais negativas, indicando depreciação do mercado imobiliário. As demais taxas de variação mensal positivas apresentam a seguinte

atribuição de pontuação normalizada: até 0,1%, atribuiu-se 0,25; de 0,1 a 0,3%, pontuou-se 0,5; de 0,3 a 0,5%, valor igual a 0,75; atribuindo 1 para variações superiores a 0,5%. A pontuação deste Critério é apresentada na Figura 10.

4.2.3 Critério Social

Para avaliar o critério social, foram arbitrados os seguintes elementos de análise e sua forma de verificação (cujas distribuição espacial pode ser vista na Figura 11):

- ❖ **Educação:** Presença e proximidade de escolas, tanto municipais, estaduais ou federais, além de Naves de Conhecimento;
- ❖ **Segurança:** Presença e proximidade de delegacias ou corpo de bombeiros; e
- ❖ **Aglomerados Subnormais:** Presença e proximidade de favelas.

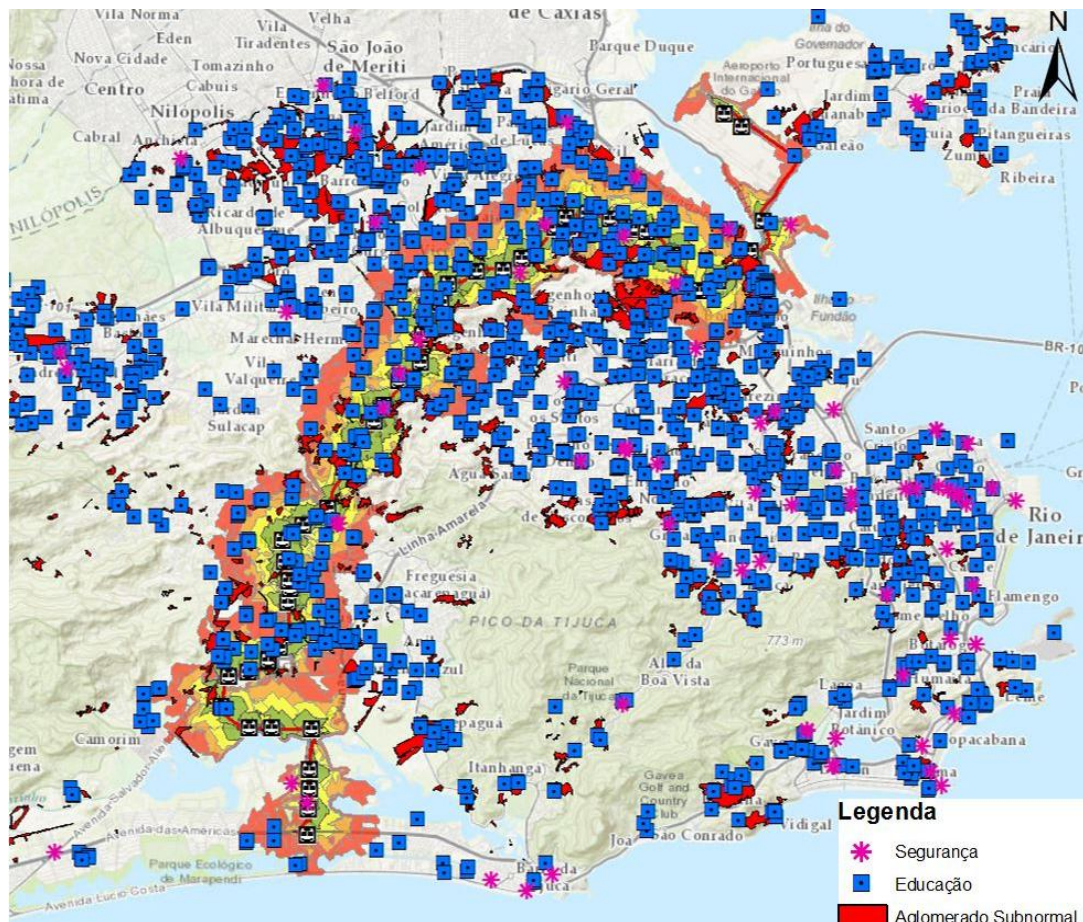


Figura 11: Distribuição espacial dos Elementos de Análise do Critério Social

Fonte: Elaboração Própria

4.2.4 Critério Prático

Conforme mencionado anteriormente, sugere-se que seja incorporado na análise o Critério Prático, considerando a viabilidade prática para a realização de intervenções urbanas. Assim, para sua avaliação foram arbitrados os seguintes elementos de análise e sua forma de verificação:

- ❖ **Regularidade do terreno:** Utilizando o modelo digital de elevação (DEM) disponibilizado pelo IBGE, foi possível modelar o perfil do terreno, obtendo curvas de nível e seu percentual de variação da inclinação. Dividindo sua distribuição em nove intervalos de Quebras Naturais, arbitrou-se uma pontuação que beneficia regiões mais planas, atribuindo valor 1 para o primeiro intervalo de distribuição e subtraindo 0,2 para cada intervalo subsequente. Prossegue-se assim até o sexto intervalo, atribuindo-o e aos demais, valor 0, como visto na Figura 12.

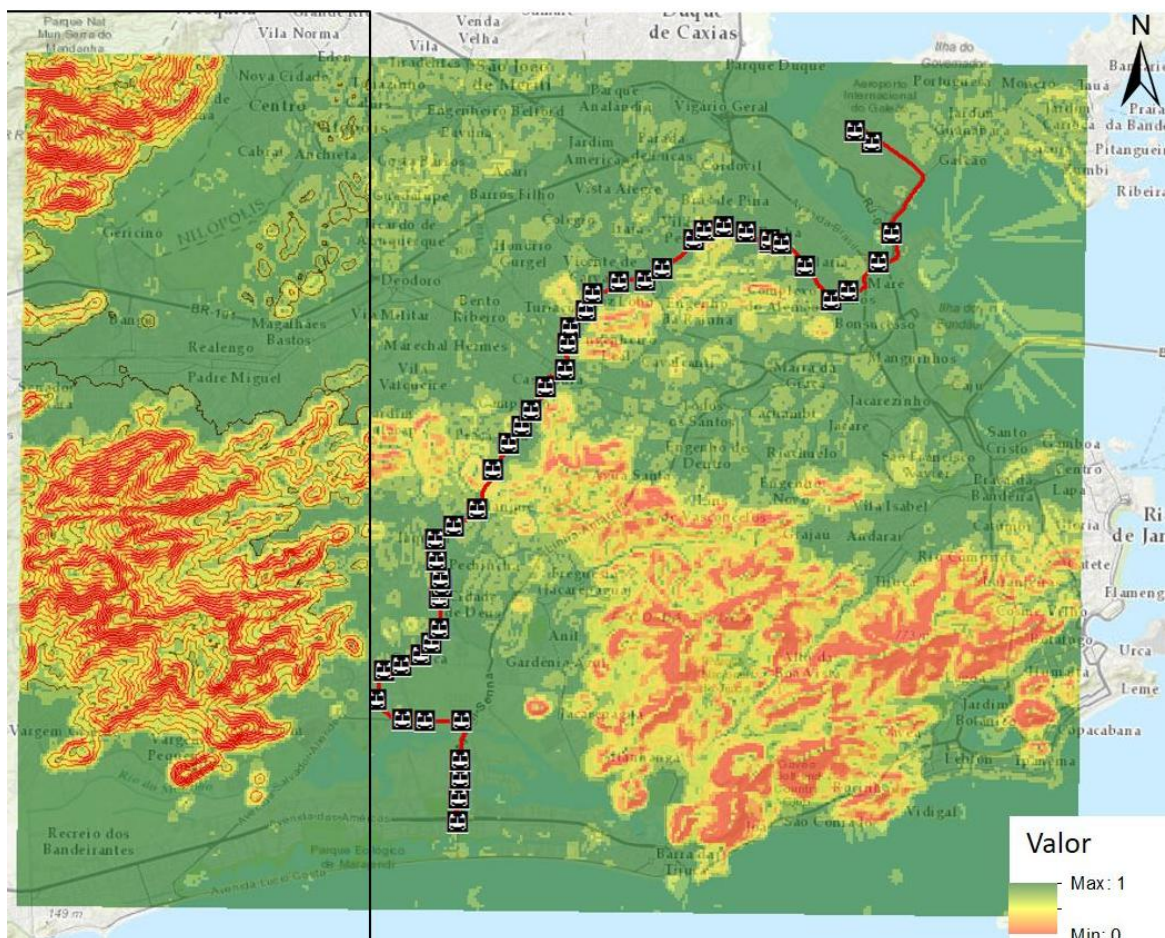


Figura 12: Pontuação referente à regularidade do terreno (visualização parcial das curvas de nível)

Fonte: Elaboração Própria

- ❖ **Risco de Desabamentos:** presença de áreas identificadas pela Prefeitura com risco médio ou alto referente à “Susceptibilidade a Desabamentos”. Dessa forma, atribuiu-se valor 0,25 para regiões de Médio Risco e 0 para Alto Risco, sendo todas as demais igual a 1, conforme Figura 13.

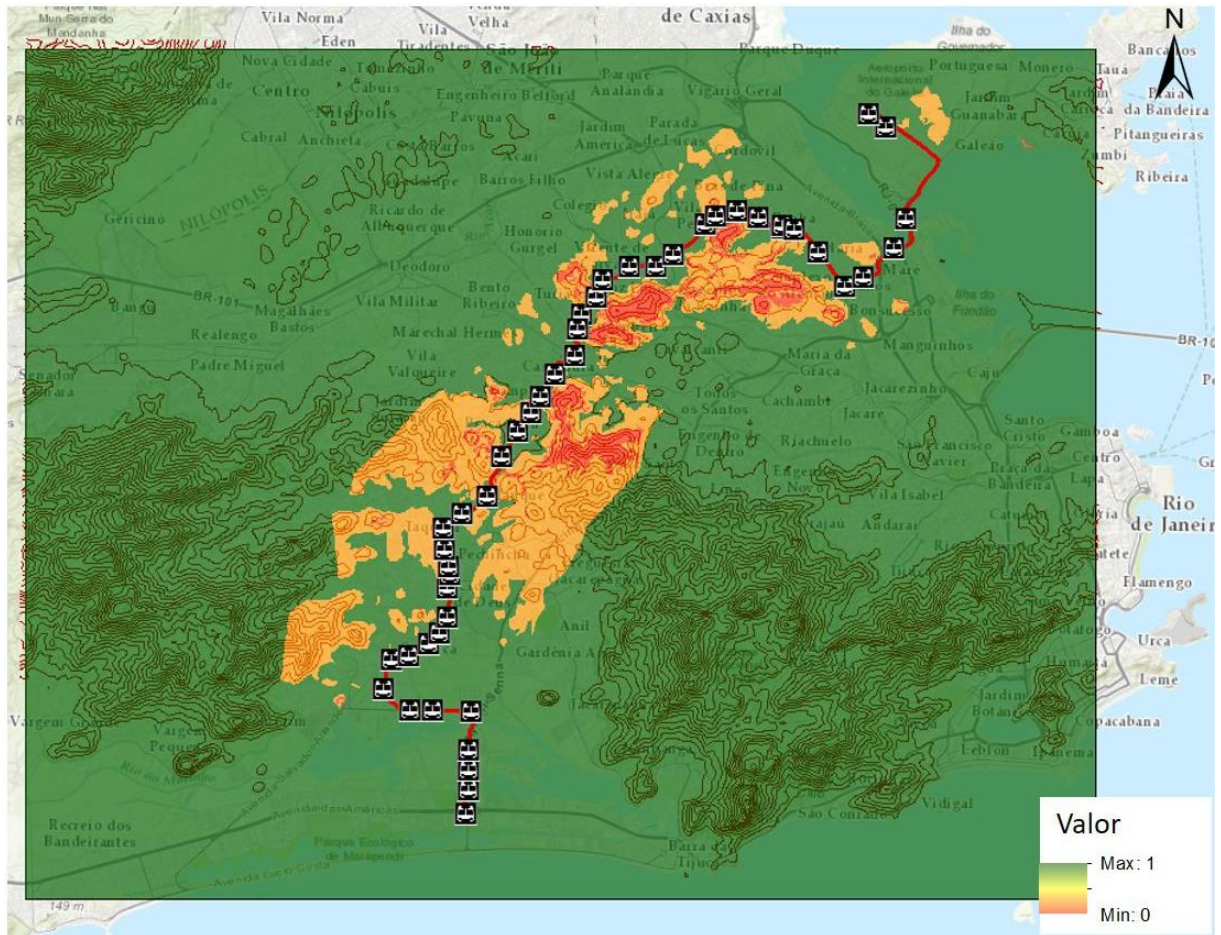


Figura 13: Pontuação referente ao Risco de Desabamento Médio e Alto

Fonte: Elaboração Própria

- ❖ **Densidade:** Analisando o dado espacial de “Edificações”, aplicou-se o cálculo da densidade de pontos. Utilizou-se o critério de “quebras naturais” para separar sua distribuição em sete intervalos, nos quais são atribuídos valor 0 para o primeiro e último. Para o segundo e penúltimo, atribuiu-se valor 0,5. Nos três intervalos restantes centrais, atribuiu-se valor 1. Dessa forma, buscou-se penalizar as regiões com baixa densidade de pessoas (que limita a eficiência de projetos urbanos), mas também os locais com demasiada concentração de edifícios. Tal critério pode ser justificado por seu impacto na viabilidade de

futuras intervenções urbanas, impondo significativas dificuldades práticas, como interferência nas fundações das edificações existentes ou necessidade de realizar desapropriação. Sua pontuação é apresentada na Figura 14.

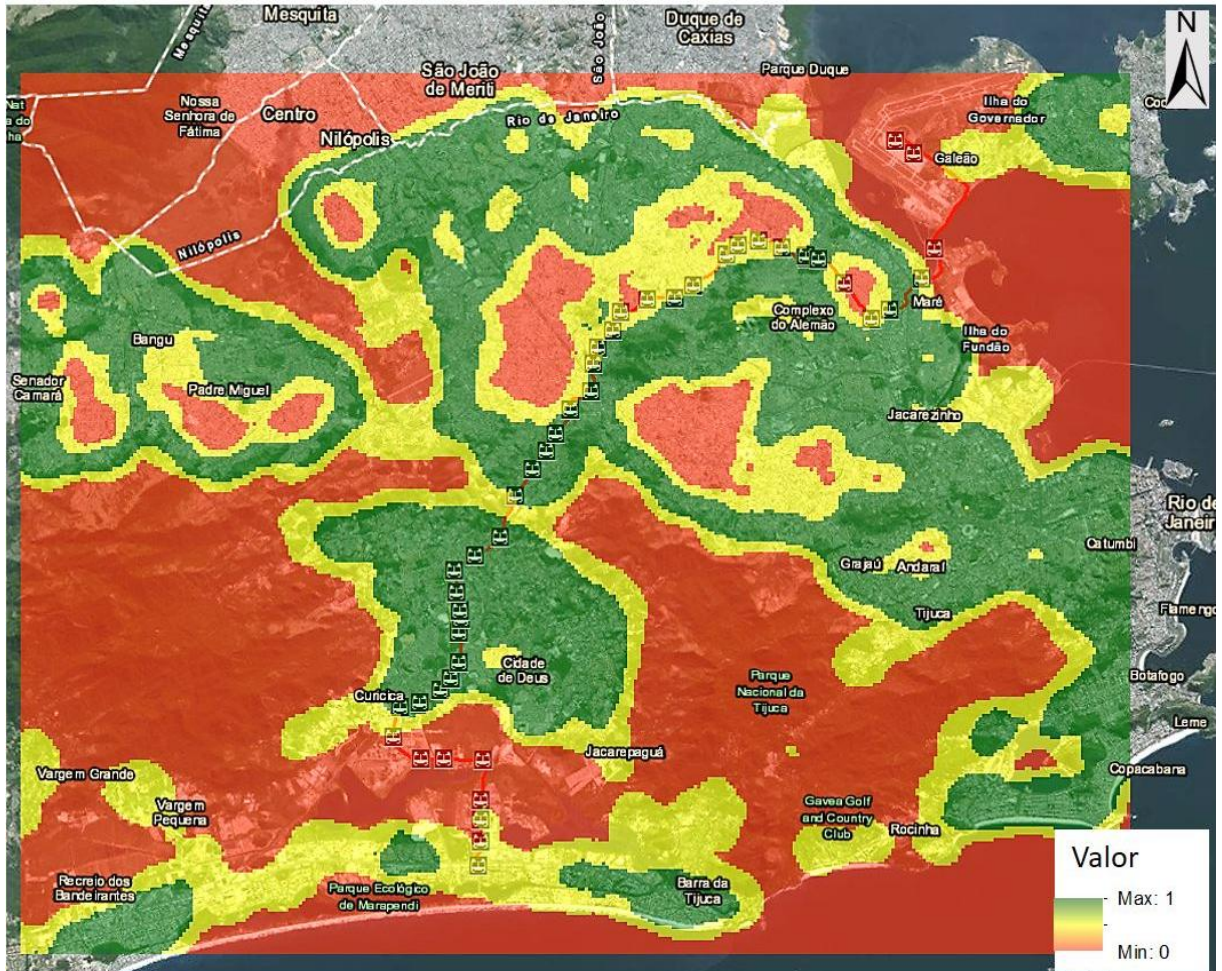


Figura 14: Pontuação referente à Densidade de Edificações (visualização de satélite)

Fonte: Elaboração Própria

4.2.5 Critério Eliminatório

Para avaliar o Critério Eliminatório, utilizou-se somente a camada de “Áreas Protegidas”, disponibilizada pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente do Rio de Janeiro, que inclui dados georreferenciados sobre Áreas de Proteção Ambiental, Parques, Reservas Biológicas e outros.

No entanto, como critério eliminatório de fato foram adotadas apenas as categorias em que o campo Unidade de Conservação apresentasse o status de “Proteção Integral”, sendo Parques, Reservas Biológicas e Monumentos Naturais, conforme indicado na Figura 15.

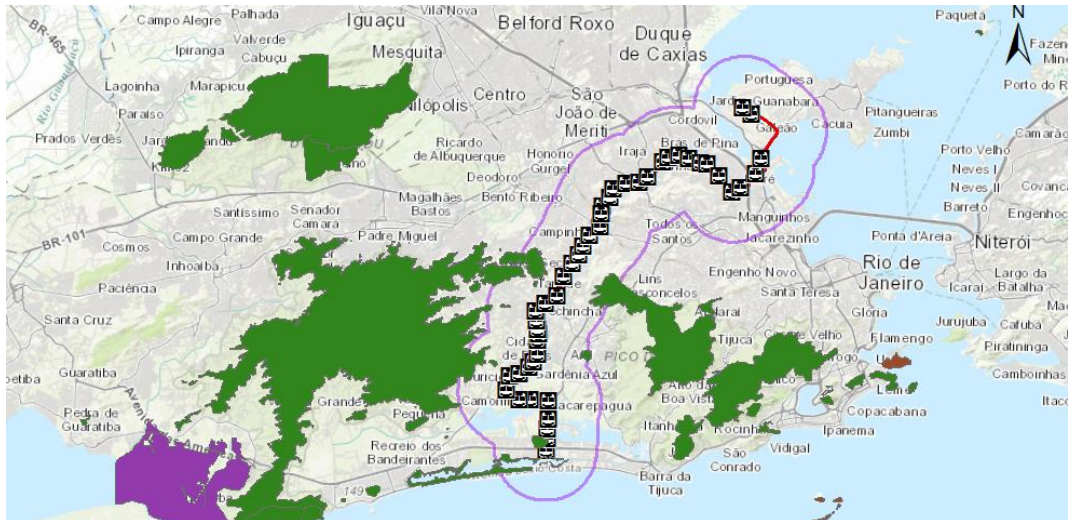


Figura 15: Áreas de Proteção Integral

Fonte: Elaboração Própria

De forma resumida, a Tabela 4 apresenta como os Elementos de Análise de cada Critério foram avaliados.

Tabela 4: Resumo da forma de avaliação dos Elementos de Análise considerados

Crítérios	Elementos de Análise	Forma de Verificação
Ambiental	Áreas Verdes	Parques e Praças
	Transporte Não Motorizado	Bicicletários
Econômico	Integração Modal	Estações de trem, metrô, BRT, teleférico e aeroporto
	Valorização Local	Aquecimento do mercado imobiliário
Social	Educação	Escolas Municipais, Estaduais e Federais
	Segurança	Delegacia de Polícia e Batalhão do Corpo de Bombeiros
Prático	Comunidades Desfavorecidas	Favelas
	Densidade de Edificações	Valorizando regiões de densidade intermediária
	Risco de Desabamento	Média e Alta Suscetibilidade a Desabamentos
Eliminatório	Regularidade do Terreno	Bonificação de regiões planas/menos acidentadas
	Áreas de Proteção Total	Florestas, Reserva Biológica e Monumentos Naturais

Fonte: Elaboração Própria

4.3 ETAPA III: ANÁLISE ESPACIAL

A rotina de análise espacial, conforme detalhada no Capítulo 3, é executada para todos os elementos de análise no formato vetorial (pontos, linhas ou polígonos). Assim, a sequência de tarefas avalia a existência de determinado elemento de interesse e verifica em qual anel de cobertura se encontra, atribuindo uma pontuação em função do seu respectivo fator multiplicativo.

Tal pontuação é normalizada para que o valor final varie entre 0 e 1. Por último, o polígono é convertido em seu formato matricial, adotando a própria pontuação como indicador de prioridade (*Priority Field*). Dessa forma, garante-se que para cada pixel seja atribuído somente o maior valor obtido, considerando o cálculo da pontuação feita a partir de cada estação.

Caso o elemento não possa ser pontuado por essa rotina básica, arbitram-se classificações específicas para cada caso, conforme detalhado na seção 3.2.

Este procedimento é repetido até que todos os elementos de análise tenham sido devidamente convertidos para *Raster*, possibilitando executar posteriormente a operação de Álgebra de Mapas.

Tal rotina de análise é escrita na linguagem Python, que permite automatizar tarefas dentro do ambiente do programa ArcGIS. Com o intuito de ampliar a replicabilidade do procedimento proposto, o código utilizado é apresentado no Apêndice A.

4.4 ETAPA IV: PONDERAÇÃO DE CRITÉRIOS E ELEMENTOS

Para utilizar o método AHP na etapa de ponderação, contou-se com o apoio de um *website* que permite criar, compartilhar e analisar o resultado de pesquisas pareadas. Tal *website* foi especificamente desenvolvido para facilitar e disseminar a utilização do método de análise hierárquica AHP (BPMSG, 2016).

A principal dificuldade na utilização deste método consiste na verificação da coerência entre as respostas de um mesmo participante, devendo apresentar Razão de Consistência inferior a 10%. A ferramenta online utilizada possui um interessante recurso, alertando ao participante caso suas respostas (e valores de importância relativa) não atendam a este

critério, convidando-o a reavaliar o julgamento feito. Porém, cuidados especiais devem ser tomados para que este alerta não interfira na avaliação do entrevistado. (O Tutorial de Participação utilizado na pesquisa AHP é apresentado no Apêndice B).

Tendo em mente que esta aplicação tem apenas a finalidade de demonstrar o potencial da ferramenta proposta, aplicando-a em um exemplo ilustrativo, a pesquisa AHP foi realizada de forma simplificada. Isto é, contou com reduzida quantidade de participantes, além de não haver a realização de pesquisa piloto preliminar.

Assim, dentre doze pessoas convidadas, oito participaram da pesquisa pareada, sendo seis especialistas e dois “não especialistas”, considerados como representantes da sociedade organizada. A Figura 16 apresenta o resultado final da Etapa de Ponderação, contendo o peso de cada Critério e Elemento de Análise, obtidos pela média geométrica dos vetores de prioridade resultante da participação de cada entrevistado. Os resultados individuais do julgamento anônimo de cada participante são apresentados no Apêndice C.

Level 0	Level 1	Level 2	Global Priorities
Conceito DOTS	Econômico 0.2852		28.5 %
	Ambiental 0.2412	Transporte Não Motorizado 0.4001	9.7 %
		Integração Modal 0.4177	10.1 %
		Áreas Verdes 0.1822	4.4 %
	Social 0.3222	Educação 0.4183	13.5 %
		Segurança 0.3397	10.9 %
		Aglomerados Subnormais 0.242	7.8 %
	Prático 0.1514	Regularidade do Terreno 0.1544	2.3 %
		Risco de Desabamento 0.3886	5.9 %
		Densidade 0.457	6.9 %
			1.0

Figura 16: Resultado da Ponderação dos Critérios e seus respectivos Elementos de Análise

Fonte: Elaboração Própria

De forma geral, a pesquisa pareada realizada obteve bons resultados, apresentando Razão de Consistência inferior a 2% e consenso de grupo em cerca de 70%; considerando todas as etapas de ponderação.

4.5 ETAPA V: ÁLGEBRA DE MAPAS

Em sua última etapa, procede-se então a operação da álgebra de mapas, avaliando a sobreposição da pontuação de todos os elementos de análise, corrigidos por seu respectivo peso. Tal operação é realizada no ambiente SIG por meio da função de Calculadora de Dados Matriciais (*Raster Calculator*).

No entanto, sua execução não pode ser automatizada, tendo em vista que não é compatível com *Script*. Assim, recomenda-se que a expressão a ser calculada por esta função seja construída por concatenação de células, com o apoio de um processador de planilhas, facilitando a posterior obtenção de diferentes cenários de ponderação.

Embora esta função permita realizar operações algébricas básicas sobre o valor dos pixels de cada *Raster*, existe uma importante limitação que precisa ser tratada: o resultado final é sempre limitado à menor região dentre os dados matriciais considerados, descartando o valor dos pixels nas regiões em que não haja plena sobreposição entre todas as camadas.

Para corrigir esta falha são necessárias duas medidas: limitar a extensão de todos os dados matriciais à mesma região; e converter os valores nulos em zero. Tal região “de referência” é definida como a menor área retangular que contenha a área de estudo (Anéis de Cobertura), sendo obtida automaticamente pelo programa SIG (*Processing Extent = Anéis de Cobertura*). Para a segunda medida, utilizando a calculadora de *Raster*, aplica-se a função condicional para verificar em cada camada se o valor do pixel é nulo, preenchendo-o com valor 0, caso afirmativo; ou mantendo-o, caso contrário (*Con(IsNull(“raster”),0, “raster”)*).

Assim, todos os elementos de análise têm sua pontuação representada nesta área-base de referência, permitindo que o somatório e produtório da Equação 1 possa ser calculado. A operação calculada pela Álgebra de Mapas é dada pela seguinte expressão:

Potencial DOTS

$$\begin{aligned}
 &= [C_{\text{ambiental}} \times (E_{\text{TNM}} \times P_{\text{TNM}} + E_{\text{Integr}} \times P_{\text{Integr}} + E_{\text{ÁrVerde}} \times P_{\text{ÁrVerde}}) \\
 &+ C_{\text{Econômico}} \times (E_{\text{Merclmobil}} \times 1) + C_{\text{Social}} \\
 &\times (E_{\text{Edu}} \times P_{\text{Edu}} + E_{\text{Seg}} \times P_{\text{Seg}} + E_{\text{Agl}} \times P_{\text{Agl}}) + C_{\text{Prático}} \\
 &\times (E_{\text{RegTer}} \times P_{\text{RegTer}} + E_{\text{Risco}} \times P_{\text{Risco}} + E_{\text{Dens}} \times P_{\text{Dens}})] \times Z_{\text{ÁreaProtegida}}
 \end{aligned}$$

4.6 RESULTADOS E ANÁLISES

Uma vez concluídas as cinco etapas do procedimento proposto, prossegue-se à avaliação dos resultados, tanto visual como quantitativo. Este último, dado pelo somatório da pontuação dos *pixels* contidos em um raio de um quilômetro a partir das estações, permite realizar a hierarquização do potencial de DOTS para cada estação, além da análise de sensibilidade e avaliação comparativa com outros estudos similares, conforme detalhado nos próximos subitens.

4.6.1 Mapa de Calor

O resultado visual obtido pela aplicação do procedimento proposto é o mapa de calor do potencial de sucesso DOTS, apresentado na Figura 17, onde as áreas “quentes” (maior potencial) são representadas pela tonalidade vermelha, enquanto as áreas frias (menor potencial), pelo tom azul.

No entanto, para realizar a análise de sensibilidade e comparar o resultado obtido com outros estudos, se faz necessário estabelecer um parâmetro para avaliar a pontuação de cada estação, tratando o resultado de forma quantitativa. Tal procedimento é apresentado no próximo subitem.

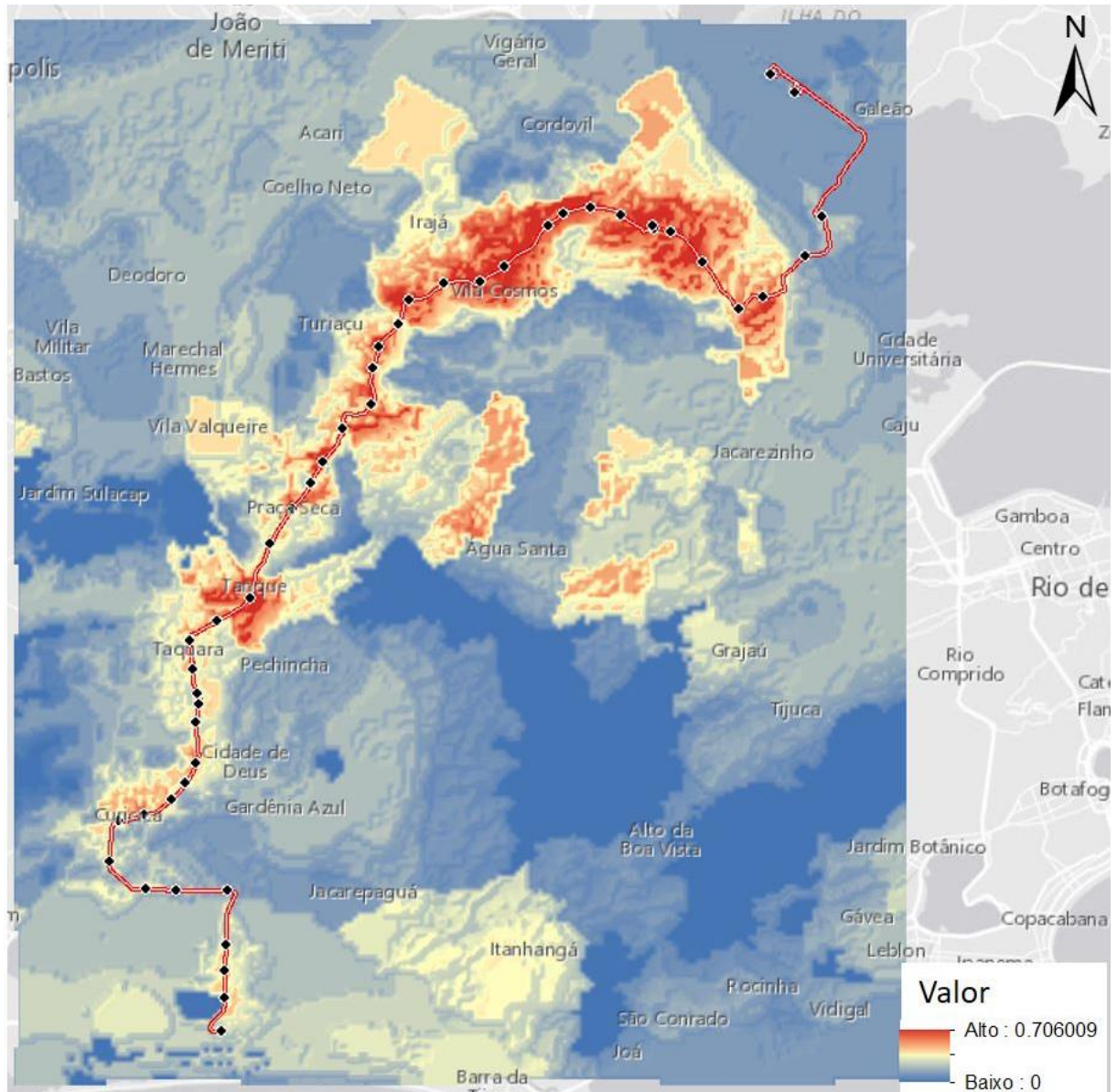


Figura 17: Resultado Final: Potencial de Sucesso DOTS - Cenário Base

Fonte: Elaboração Própria

4.6.2 Hierarquização do Potencial do DOTS

Para avaliar o resultado de forma quantitativa, converteu-se o dado matricial em arquivo de pontos (*Raster to Point*) e extraiu-se o somatório dos *pixels* (*merge rule=Sum*) contidos em um raio de um quilômetro a partir de cada estação (*Within Distance=1000m*), utilizando a Junção Espacial (*Spatial Join*).

Para facilitar a abertura da tabela gerada pelo ArcGIS em um programa de processamento de planilhas, recomenda-se utilizar a função Tabela para Excel (*Table to*

Excel), além de substituir o separador decimal da notação norte-americana (ponto) pela brasileira (vírgula).

Assim, a Tabela 5 apresenta a hierarquização das estações de acordo com seu potencial de sucesso para o DOTS, de acordo com o Cenário Base, dada pelo somatório da pontuação dos pixels contidos em um raio de mil metros no entorno de cada estação.

Tabela 5: Hierarquização das estações em função do Potencial do DOTS – Cenário Base

Resultados Dissertação			
Rank	Estação	Rank	Estação
1	Vila Kosmos - Nossa Senhora do Carmo	25	Taquara
2	Ibiapina	26	André Rocha
3	Penha 2 (Alves Rocha)	27	Merck
4	Penha 1 (Brás de Pina)	28	IPASE
5	Vicente de Carvalho	29	Divina Providência
6	Olaria - Cacique de Ramos	30	Santa Efigênia
7	Pastor José Santos	31	Praça do Bandolim
8	Marambaia	32	Vila Sapê - IV Centenário
9	Pedro Taques	33	Recanto das Palmeiras - Jardim São Luiz
10	Guaporé	34	Curicica TCA
11	Tanque / Terminal Mestre Candeia	35	Arroio Pavuna
12	Praça do Carmo	36	Aeroporto de Jacarepaguá
13	Vaz Lobo	37	Via Parque
14	Aracy Cabral	38	Lourenço Jorge
15	Madureira	39	Pedro Correia
16	Vila Queiroz	40	Terminal Alvorada TCA
17	Santa Luzia	41	Maré
18	Cardoso de Moraes - Viúva Garcia	42	Rio II
19	Campinho	43	Rede Sarah
20	Mercadão	44	Centro Metropolitano
21	Pinto Teles	45	Terminal Fundão - Aroldo Melodia
22	Capitão Menezes	46	Galeão - Tom Jobim 2
23	Praça Seca	47	Galeão - Tom Jobim 1
24	Otaviano		

Fonte: Elaboração Própria

4.6.3 Análise de Sensibilidade

Como a pontuação final obtida é significativamente afetada pelo peso dos critérios e elementos de análise, obtidos na Etapa de Ponderação (denominado de Cenário Base), faz-se relevante analisar sua sensibilidade. Isto é, verificar o impacto no resultado final decorrente da variação dos pesos.

Portanto, foram definidos três novos cenários, igualando o peso dos elementos de análise, porém variando o peso dos Critérios, conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6: Peso dos Critérios em diferentes Cenários da Análise de Sensibilidade

Critério	Cenários			
	1) Base	2) Equilibrado	3) Extrema Esquerda	4) Extrema Direita
Econômico	0,29	0,25	0,1	0,4
Ambiental	0,24	0,25	0,2	0,3
Social	0,32	0,25	0,3	0,2
Prático	0,15	0,25	0,4	0,1

Fonte: Elaboração Própria

Replicando o procedimento proposto para os cenários adicionais, foi possível comparar o ranqueamento obtido frente ao resultado do Cenário Base (ponderação AHP).

Como pode ser visto na Figura 18, os cenários “Equilibrado” (em cinza) e “Extrema Direita” (em azul) apresentam comportamento similar, que pouco varia em relação ao “Base”: as vinte melhores colocadas são idênticas (100% de presença das estações) e, embora 9 estações variem de posição (45%), apenas 1 apresenta variação superior a duas colocações no Ranking (5%).

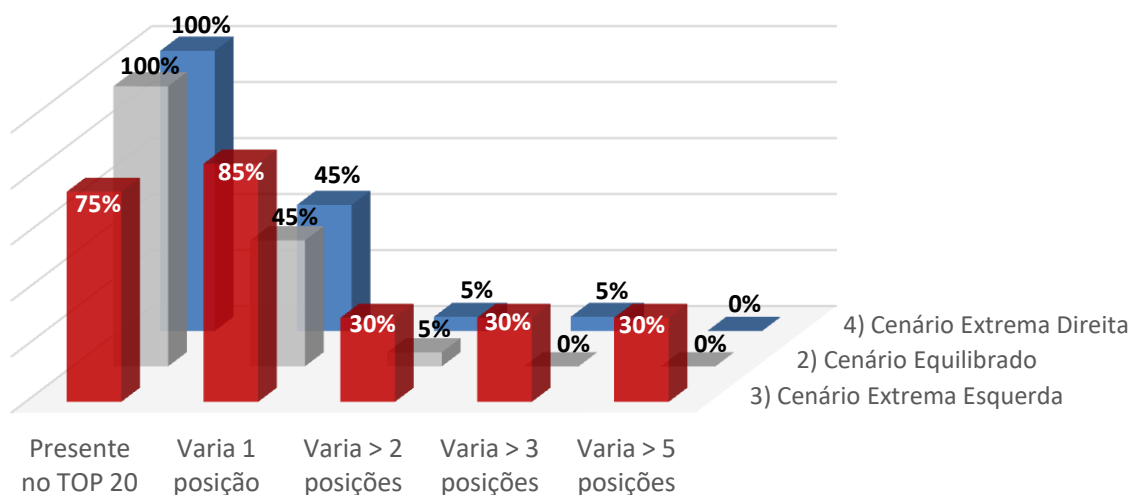


Figura 18: Análise de Sensibilidade frente ao Cenário Base

Fonte: Elaboração Própria

Entretanto, o cenário “Extrema Esquerda” (em vermelho) gera resultados moderadamente diferentes: somente 5 das suas estações mais indicadas nem sequer estão presentes no ranqueamento das 20 melhores colocadas do cenário “Base” (diferença de 25%), 17 variam de posição (85%) e, além disso, 6 apresentam variação superior a cinco colocações no Ranking (30%).

Vale notar que, dentre todos os cenários calculados, mantiveram-se estáveis a terceira, quarta e quinta colocação, representadas pelas estações “Penha 2”, “Penha 1” e “Vicente de Carvalho”, respectivamente.

Resultado Matricial – 2) Cenário Equilibrado

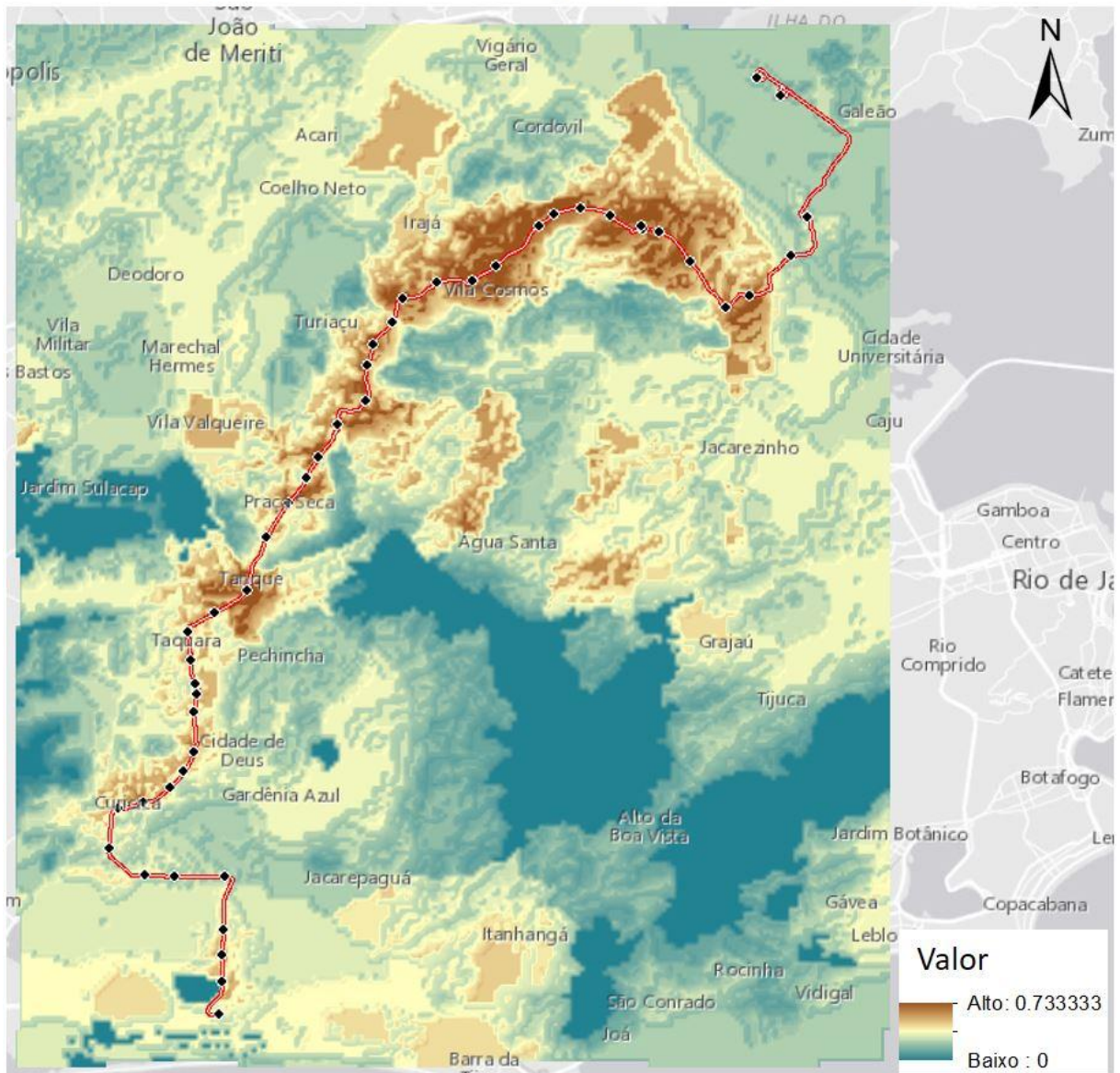


Figura 19: Mapa de Calor do Potencial DOTS resultante do Cenário 2 (Equilibrado)

Fonte: Elaboração Própria

Com esquema de cor ligeiramente diferenciado para facilitar sua comparação frente ao mapa de calor do Cenário Base, são apresentados os resultados gráficos dos cenários adicionais utilizados para a análise de sensibilidade.

Como pode ser visto na Figura 19, o mapa de calor do Cenário 2 (Equilibrado) apresenta comportamento similar ao do Cenário Base, no qual é possível observar o mesmo padrão de concentração de regiões “quentes” (maior potencial de DOTS), com destaque para o Tanque, Madureira, Vicente de Carvalho, Penha, Olaria e Ramos.

Resultado Matricial – 4) Extrema Direita

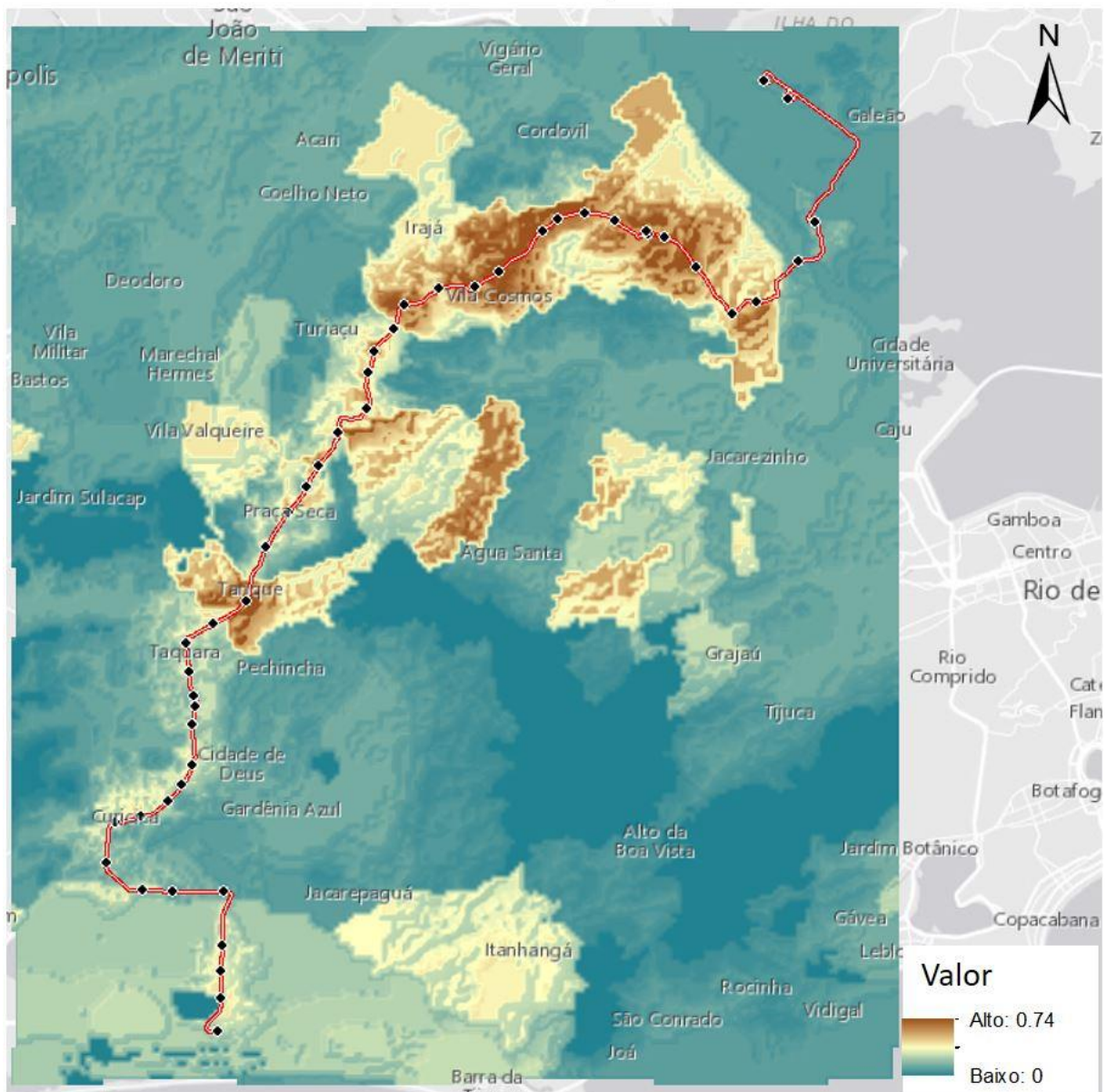


Figura 20: Mapa de Calor do Potencial DOTS resultante do Cenário 4 (Extrema Direita)

Fonte: Elaboração Própria

Assim como o anterior, o mapa de calor resultante do Cenário 4 (Extrema Direita), conforme a Figura 20, também apresenta comportamento similar ao do Cenário Base. Observa-se novamente o padrão de concentração de zonas “quentes” (maior potencial de DOTS) nas regiões do Tanque, Madureira, Vicente de Carvalho, Penha, Olaria e Ramos.

Resultado Matricial – 3) Extrema Esquerda

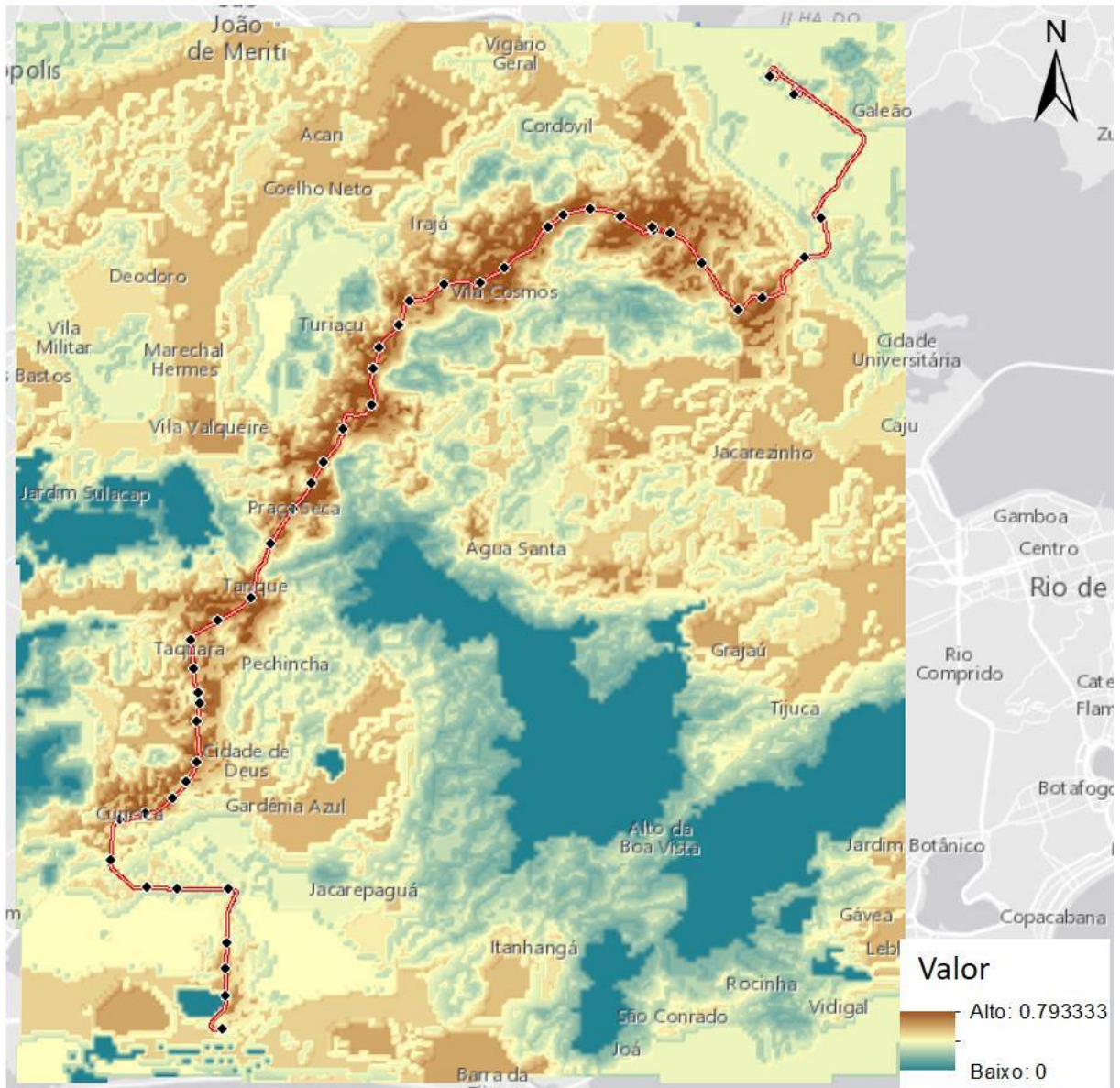


Figura 21: Mapa de Calor do Potencial DOTS resultante do Cenário 4 (Extrema Esquerda)

Fonte: Elaboração Própria

No entanto, corroborando a diferença observada na avaliação do ranqueamento das estações em função do potencial do DOTS, o mapa de calor resultante do Cenário 3 (Extrema Esquerda), possui comportamento distinto dos demais.

Como pode ser visto na Figura 21, o padrão anterior de concentração de zonas “quentes” ao longo do eixo Tanque, Madureira, Vicente de Carvalho, Penha, Olaria e Ramos não é tão evidente neste cenário. De fato, embora tais regiões ainda apresentem elevada pontuação final, verifica-se um aumento expressivo de zonas “mornas” (médio potencial de DOTS).

4.6.4 Comparação com resultados da Ferramenta ITDP (2016)

Conforme mencionado anteriormente, o ITDP realizou em 2016 um estudo com objetivo similar ao desta pesquisa, aplicando sua própria metodologia para avaliar as estações ao longo do mesmo corredor de transporte: BRT TransCarioca, no Rio de Janeiro (ITDP 2016). Sendo assim, tal estudo configura-se como uma interessante oportunidade para avaliar o desempenho do procedimento metodológico proposto nesta dissertação.

Comparando as vinte estações melhores colocadas entre ambos os métodos, o procedimento proposto nesta dissertação apresenta quinze estações em comum com as recomendações do estudo desenvolvido pelo ITDP. Embora suas posições não coincidam exatamente (indicando baixa precisão), verifica-se que tal resultado representa 75% de acurácia.

Ainda, como pode ser visto na Tabela 7, todas as dez primeiras colocadas (*TOP 10*) do procedimento proposto estão contidas entre as vinte melhores do ITDP (*TOP 20*). O recurso de ilustração da estrela totalmente preenchida é utilizado para indicar, dentre as vinte estações mais indicadas pelo procedimento proposto, quais também estão presentes no ranqueamento obtido pelo estudo ITDP (2016).

Vale ressaltar que a metodologia ITDP adota uma abordagem diferenciada ao tratar estações muito próximas (ou na nomenclatura do próprio estudo, “estações gêmeas”), agrupando-as em uma só. Tais casos são demarcados com um asterisco na Tabela 7, se aplicando às estações “Penha 1-Penha 2” e “Merck-Santa Efigênia”.

Considerando que tal agrupamento pode interferir na avaliação final, optou-se por manter a classificação em função da pontuação obtida por cada estação. Justifica-se então a diferença entre a quantidade de estações consideradas em cada estudo, sendo 47 nesta dissertação e 45 em ITDP (2016).

Tabela 7: Comparação de resultados frente à ferramenta ITDP (2016) - TOP 20

Resultados ITDP (2016)		Resultados Dissertação		Top 20
Estação	Rank	Estação		ITDP
<i>Vicente de Carvalho</i>	1	Vila Kosmos - Nossa Senhora do Carmo		★
<i>Penha 1- Penha 2*</i>	2	Ibiapina		★
<i>Praça do Carmo</i>	3	Penha 2 (Alves Rocha)		★
<i>Praça do Bandolim</i>	4	Penha 1 (Brás de Pina)		★
<i>Pedro Taques</i>	5	Vicente de Carvalho		★
<i>Ibiapina</i>	6	Olaria - Cacique de Ramos		★
<i>Aracy Cabral</i>	7	Pastor José Santos		★
<i>Capitão Menezes</i>	8	Marambaia		★
<i>Madureira</i>	9	Pedro Taques		★
<i>Curicica TCA</i>	10	Guaporé		★
<i>Olaria - Cacique de Ramos</i>	11	Tanque / Terminal Mestre Candeia		☆
<i>Santa Luzia</i>	12	Praça do Carmo		★
<i>Merck - Santa Efigênia *</i>	13	Vaz Lobo		☆
<i>Taquara</i>	14	Aracy Cabral		★
<i>Vila Kosmos - Nossa Senhora do Carmo</i>	15	Madureira		★
<i>Marambaia</i>	16	Vila Queiroz		☆
<i>Pastor José Santos</i>	17	Santa Luzia		★
<i>Cardoso de Moraes - Viúva Garcia</i>	18	Cardoso de Moraes - Viúva Garcia		★
<i>André Rocha</i>	19	Campinho		☆
<i>Guaporé</i>	20	Mercadão		☆

*: Estações Gêmeas, tendo suas áreas de influência agrupadas no desenvolvimento da Ferramenta ITDP, 2016

Fonte: Elaboração Própria

4.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresentou uma breve descrição do corredor de transporte utilizado como exemplo ilustrativo para demonstrar o potencial do procedimento proposto em dar suporte à tomada de decisão.

Por meio de pesquisa pareada adotando a Escala Fundamental de Saaty, foram obtidos os julgamentos de 8 participantes, sendo 6 especialistas e 2 representantes da sociedade organizada. Esta Etapa de Ponderação permitiu definir os pesos dos Critérios e Elementos de Análise considerados no estudo.

Aplicando o procedimento metodológico proposto sobre os elementos espaciais disponíveis para o local de estudo, obteve-se como resultado matricial um mapa de calor em função do potencial do sucesso do DOTS, no qual cada pixel possui um valor normalizado entre 0 e 1. Somando o valor dos pixels contidos em um raio de mil metros a partir de cada

estação de transporte, obteve-se o ranqueamento das melhores avaliadas. Quando comparado a outro estudo similar, verificou-se significativa consistência entre os resultados, uma vez que todas as dez primeiras colocadas estão presentes no Ranking das vinte melhores ITDP (2016).

Comprovou-se ainda a influência da ponderação dos critérios sobre o resultado final, realizando uma análise de sensibilidade sobre três novos cenários. Embora o comportamento dos cenários Equilibrado e Extrema Direita seja muito similar ao Cenário Base (ponderado pelo AHP), observa-se que a variação dos pesos pode impactar os resultados obtidos (Extrema Esquerda). Assim, ressalta-se a importância da etapa de ponderação na tentativa de capturar as particularidades da região a ser estudada.

Destaca-se ainda que o código da rotina básica de análise espacial é apresentado no Apêndice A e o Tutorial com as instruções para participação da pesquisa realizada AHP, no Apêndice B. Já os resultados individuais e anônimos de cada participante da pesquisa AHP – realizada na Etapa de Ponderação – são apresentados no Apêndice C.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FUTURAS

Com o intuito de dar suporte ao processo de tomada de decisão, esta pesquisa de dissertação buscou contribuir para o estudo de localização de futuras intervenções urbanas embasadas no conceito do DOTS. Construiu-se então um procedimento metodológico capaz de analisar espacialmente não só a presença de elementos de interesse, mas também sua relação de proximidade às estações do corredor de transporte estudado.

Por não delimitar os parâmetros espaciais a serem considerados na avaliação, o procedimento proposto se configura como flexível, possibilitando que o pesquisador tenha liberdade para escolher os critérios e elementos de análise a serem adotados, dentre os dados georreferenciados disponíveis na região de estudo. De fato, esta flexibilidade é uma característica marcante do próprio embasamento teórico do método, uma vez que o conceito DOTS se aplica a corredores de transporte de média-alta capacidade. Ou seja, não se restringe somente a corredores de BRT – como o exemplo ilustrativo aplicado –, mas também metrô, trem e VLT.

Reconhecendo ainda a particularidade intrínseca de cada região, com significativa distinção entre suas realidades socioeconômica e cultural, propõem-se a realização de uma etapa de ponderação utilizando o método AHP. Com o intuito de capturar estas particularidades do local de estudo, o procedimento proposto recomenda consultar tanto a opinião de especialistas como a de representantes da sociedade organizada, agregando maior replicabilidade ao método.

A revisão bibliográfica estruturada realizada permitiu identificar os principais parâmetros que influenciam no potencial de sucesso de intervenções embasadas no conceito urbanístico DOTS. Dentre os cinco artigos selecionados e sintetizados no Subitem 2.1.2, observaram-se parâmetros relevantes tanto em países desenvolvidos como em desenvolvimento. Complementados por dois critérios identificados como relevantes para avaliar o potencial do DOTS, tais parâmetros foram consolidados em cinco grandes critérios exemplificados na seção 3.2, sendo Ambiental, Econômico, Social, Prático e Eliminatório.

Mais uma vez vale ressaltar que a consolidação apresentada serve para apoiar a determinação dos critérios e elementos a serem analisados, cabendo ao pesquisador a liberdade (e responsabilidade) em arbitrá-los, dentre os dados georreferenciados disponíveis.

Para exemplificar seu potencial no suporte à tomada de decisão, utilizou-se o corredor BRT TransCarioca, no Rio de Janeiro, como exemplo ilustrativo da aplicação da ferramenta.

Tal corredor configura-se como interessante oportunidade de aplicação, tendo em vista que seus 39 quilômetros de extensão cruzam 27 bairros com características socioeconômicas significativamente distintas: variando do Complexo do Alemão até a Barra da Tijuca, com IDH de 0,7 e 0,96, respectivamente.

Além disso, um recente estudo sobre o mesmo corredor foi realizado, em 2016, pelo prestigiado ITDP, configurando-se como uma interessante oportunidade de comparação de resultados.

Comparando as vinte melhores colocadas de ambos os métodos, observa-se que o procedimento proposto apresenta 15 estações em comum com o estudo desenvolvido pelo ITDP. Embora suas posições no ranqueamento não sejam iguais, verifica-se acurácia de 75%. De fato, pode-se afirmar que o desempenho do procedimento proposto se provou consistente, tendo em vista que todas suas 10 primeiras colocadas estão presentes no Ranking das 20 estações mais recomendadas pelo ITDP.

Por último, realizando uma análise de sensibilidade sobre três cenários adicionais, verifica-se que o resultado final pode ser impactado pela atribuição de diferentes pesos aos Critérios de análise. Assim, ressalta-se a importância da etapa de ponderação no procedimento proposto, que deve buscar capturar as particularidades da região a ser estudada.

A utilização do já consolidado método AHP de avaliação pareada adotando a Escala Fundamental de Saaty apresenta muitos benefícios, como a existência de aplicativos online para facilitar sua aplicação; sua capacidade de abordar temas complexos e subjetivos de forma quantitativa; além da Razão de Consistência, que permite verificar a coerência entre os julgamentos realizados por cada participante. No entanto, sua pesquisa de participação é mais complexa, demandando maior atenção e conhecimento dos entrevistados.

Assim, com o intuito de ampliar a participação popular no processo de planejamento urbano e garantir que a opinião dos representantes da sociedade organizada possa ser consultada, recomenda-se que sejam realizados seminários/*workshops* para a capacitação dos participantes: não só apresentando a influência que um modelo urbanístico exerce sobre o tipo de desenvolvimento urbano resultante, mas também abordando o método AHP, desenvolvendo exercícios práticos sobre temas cotidianos.

Conclui-se então que o procedimento proposto é capaz de contribuir positivamente para o processo de tomada de decisão, servindo como um instrumento para orientar a escolha da localização de futuras intervenções com o objetivo de promover um desenvolvimento urbano mais sustentável. No entanto, destaca-se seu papel complementar, uma vez que a decisão final envolve ainda elementos da esfera política, que não são considerados no método.

A possibilidade de utilizar uma linguagem de programação para automatizar tarefas no ambiente de programas SIG viabiliza que o procedimento proposto possa ser aplicado em estudos reais e de maior proporção, conforme demonstrado pelo exemplo ilustrativo. Além disso, destaca-se também a maior agilidade no processamento de dados, obtendo resultados relevantes em pouco tempo e com reduzido esforço.

Com o intuito de contribuir para a replicabilidade da pesquisa e facilitar a disseminação da utilização da ferramenta desenvolvida, são apresentados no Apêndice A os códigos, devidamente comentados, utilizados na automação da rotina de análise espacial. Os demais arquivos utilizados, como dados vetoriais e tabelas de apoio são compartilhados digitalmente pelo seguinte repositório público:

www.github.com/marcellovictorino/PotencialDOTS_BRTTransCarioca

Para estudos futuros sobre o potencial de sucesso do DOTS, apresentam-se as seguintes recomendações:

- ❖ Buscar um procedimento alternativo para a etapa de ponderação, que ainda seja capaz de consolidar o julgamento de um grupo de entrevistados, mas facilitando seu procedimento de participação;
- ❖ Mantendo-se o método AHP para a ponderação, incluir no processo de avaliação pareada representantes de outras esferas, como por exemplo, a iniciativa privada e o setor público;
- ❖ Considerando que a temática de países em desenvolvimento também pode ser representada por “países emergentes”, verificar se a inclusão deste termo iria alterar os resultados encontrados na revisão bibliográfica estruturada;
- ❖ Buscar dados espaciais mais adequados para avaliar o elemento referente à Segurança, como por exemplo, dados sobre a quantidade de furtos, de assaltos a pedestre ou roubo de veículos;

- ❖ Incluir nas características da rede (malha viária) a declividade do terreno, agregando ainda mais precisão na distância real a ser percorrida para determinar os anéis de cobertura;
- ❖ Aprofundar os elementos espaciais abordados, utilizando o recurso de análise em 3 Dimensões para considerar a demografia e segregar a avaliação em diferentes estratos, como gênero, faixa etária, faixas de renda domiciliar (ou individual), posse de automóvel, situação de emprego *etc.*;
- ❖ Ampliar a quantidade de elementos referente ao Desenvolvimento econômico, mantendo pelo menos três e não mais do que quatro elementos por critério; e
- ❖ Adotar uma abordagem inversa na utilização do procedimento metodológico, propondo alterações para que a análise espacial seja feita para identificar, dentre uma grande área, as regiões mais indicadas para a localização de estações de transporte de média-alta capacidade, contribuindo para a etapa de desenho e planejamento de corredores de transporte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEIMBORN, E. *et al.* **Transit-based approach to land use design**. Transportation Research Record, n. 1349, 1992.

BERNICK, M.; CERVERO, R. **The Transit Village in the 21st Century**. New York: McGraw-Hill, 1997.

BOARNET, M. G.; CRANE, R. **Travel by design: the influence of urban form on travel**. Oxford University Press on Demand, 2001.

BPMSG. **AHP - Online Calculator**. Disponível em: <<http://bpmsg.com/ahp-online-calculator/>>.

BRASIL. Lei 10.257/01 - **Estatuto da Cidade**. 2001.

BRITO, F.; SOUZA, J. **Expansão urbana nas grandes metrópoles: o significado das migrações intrametropolitanas e da mobilidade pendular na reprodução da pobreza**. São Paulo em Perspectiva, v. 19, n. 4, p. 48–63, 2005.

BRT-DATA. **Global BRT Data**. Disponível em: <<http://brtdata.org/panorama/year>>. Acesso em: 1 nov. 2016.

BRT-RIO. **Conheça o BRT**. Disponível em: <<http://www.brtrio.com/conheca>>. Acesso em: 1 nov. 2016.

CARVALHO, C. H. R. **Emissões relativas de poluentes do transporte motorizado de passageiros nos grandes centros urbanos brasileiros**. IPEA. 2011.

CERVERO, R. **Transit-based housing in California: evidence on ridership impacts**. Transport Policy, v. 1, n. 3, p. 174–183, 1994.

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.

CERVERO, R. **BRT TOD: Leveraging Transit Oriented Development with Bus Rapid Transit Investments**. XIII WCTR - Rio de Janeiro, p. 0–27, 2013a.

CERVERO, R. **Linking urban transport and land use in developing countries**. Journal of Transport and Land Use (JTLU), v. 6, p. 7–24, 2013b.

CERVERO, R.; DAY, J. **Suburbanization and transit-oriented development in China**. Transport Policy, v. 15, n. 5, p. 315–323, 2008.

CERVERO, R.; DUNCAN, M. **Residential Self Selection and Rail Commuting : A Nested Logit Analysis**. University of California Transportation Center, 2002.

CERVERO, R.; FERREL, C.; MURPHY, S. **Transit-Oriented Development and Joint Development in the United States: A literature review**. Transportation Research Board. 2002.

CERVERO, R.; KANG, C. D. **Bus rapid transit impacts on land uses and land values in Seoul, Korea**. Transport Policy, v. 18, n. 1, p. 102–116, 2011.

CERVERO, R.; KOCKELMAN, K. **Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design**. Transportation Research Part D: Transport and Environment, v. 2, n. 3, p. 199–219, 1997.

CHANG, S. K.; CHENG, S. T.; DU, U. . **Transit-oriented strategies for urban development**. Journal of Mass Rapid Transit Technology, 2000.

CITY OF WINNIPEG. **Transit-Oriented Development Handbook**. 2011.

COLVILE, R. N. *et al.* **UCL Discovery - The transport sector as a source of air pollution**. Atmospheric Environment, v. 35, n. 9, 2001.

CURRENT, J.; MIN, H.; SCHILLING, D. **Multiobjective analysis of facility location decisions**. European Journal of Operational Research, v. 49, n. 3, p. 295–307, 1990.

EMBARQ. **Manual de desenvolvimento urbano orientado ao transporte sustentável**. Dots Cidades. 2015.

ESRI. **Support - Converting coordinates to WGS84**. Disponível em: <<https://geonet.esri.com/thread/75396>>. Acesso em: 10 de nov. 2016.

EWING, R.; CERVERO, R. **Travel and the Built Environment: A Synthesis**. Transportation Research Record, v. 1780, n. 1, p. 87–114, 2001.

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

FAIZ, A. **Automotive emissions in developing countries-relative implications for global warming, acidification and urban air quality**. Transportation Research Part A, v. 27, n. 3, p. 167–186, 1993.

FENG, C. M.; CHANG, C. Y. **A transit-oriented land use model**. Transportation Planning Journal, v. 22, n. 4, p. 429–444, 1993.

GONÇALVES, J. A. M.; PORTUGAL, L. D. S.; NASSI, C. D. **Centrality indicators as an instrument to evaluate the integration of urban equipment in the area of influence of a rail corridor.** *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, v. 43, n. 1, p. 13–25. 2009.

GUO, Z.; AGRAWAL, A. W.; DILL, J. **Are Land Use Planning and Congestion Pricing Mutually Supportive?** *Journal of the American Planning Association*, v. 77, n. 3, p. 232–250, 2011.

HANDY, S. **Regional Versus Local Accessibility : Implications for Nonwork Travel.** University of California Transportation Center, 1993.

HANDY, S. **Urban form and pedestrian choices: study of Austin neighborhoods.** *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, n. 1552, p. 135–144, 1996.

HARVEY, D. **Cidades rebeldes: do direito à cidade à revolução urbana.** São Paulo: 2014.

HENDERICKS, S. J.; GOODWILL, J. **Building Transit Oriented Development in Established Communities.** November, p. 68 p., 2002.

ITDP. **TOD Standard: Version 2.** Institute for Transportation and Development Policy, 2014.

ITDP. **Putting People Near Transit (and Transit Near People).** Institute for Transportation and Development Policy, 2015.

ITDP. **Ferramenta para avaliação do potencial de DOTS em corredores de transporte.** Institute for Transportation and Development Policy - Brazil, 2016.

KAY, A. I.; NOLAND, R. B.; DIPETRILLO, S. **Residential property valuations near transit stations with transit-oriented development.** *Journal of Transport Geography*, v. 39, p. 131–140, 2014.

KRZYŻANOWSKI, M.; KUNA-DIBBERT, B.; SCHNEIDER, J. **Health effects of transport-related air pollution.** WHO Regional Office Europe, 2005.

KUO, R. J.; CHI, S. C.; KAO, S. S. **A decision support system for selecting convenience store location through integration of fuzzy AHP and artificial neural network.** *Computers in Industry*, v. 47, n. 2, p. 199–214, 2002.

LIN, J. J.; GAU, C. C. **A TOD planning model to review the regulation of allowable development densities around subway stations.** *Land Use Policy*, v. 23, n. 3, p. 353–360, 2006.

LITMAN, T. **Transportation Affordability**. Victoria Transport Policy Institute, 2010.

MARICATO, E. **Brasil, cidades: alternativas para a crise urbana**. Editora Vozes, 2001.

MARICATO, E. **Para Entender a Crise Urbana**. Caderno do Núcleo de Análises Urbanas - CaderNAU, v. 8, n. 1, 2015.

MARICATO, E.; FERREIRA, J. S. W. **Operação urbana consorciada: diversificação urbanística participativa ou aprofundamento da desigualdade**. Estatuto da Cidade e Reforma Urbana, novas perspectivas para as cidades brasileiras. Porto Alegre: Sergio Fabris Editora, 2002.

MELO, M. T.; NICKEL, S.; SALDANHA-DA-GAMA, F. **Facility location and supply chain management—A review**. European journal of operational research, v. 196, n. 2, p. 401–412, 2009.

METRO. **Transit-Oriented Development Guide 2016**. Austin, TX. 2016.

MITRA, S. K.; SAPHORES, J. D. M. **The value of transportation accessibility in a least developed country city - The case of Rajshahi City, Bangladesh**. Transportation Research Part A: Policy and Practice, v. 89, p. 184–200, 2016.

MU, R.; DE JONG, M. **Establishing the conditions for effective transit-oriented development in China: the case of Dalian**. Journal of Transport Geography, v. 24, p. 234–249, 2012.

MÜLLER, S.; TSCHARAKTSCHIEW, S.; HAASE, K. **Travel-to-school mode choice modelling and patterns of school choice in urban areas**. Journal of Transport Geography, v. 16, n. 5, p. 342–357. 2008.

MURRAY, A. T. **Advances in location modeling: GIS linkages and contributions**. Journal of geographical systems, v. 12, n. 3, p. 335–354, 2010.

NOLAND, R. B.; DIPETRILLO, S.; TULACH, N. K. **The Impact of Transit-Oriented Development on Social capital, Physical Activity and Environmental Conditions**. XIII WCTR - Rio de Janeiro, p. 1–39, 2013.

OLIVEIRA, G. T. *et al.* **Quando TOD vira DOT: uma contextualização do modelo de Desenvolvimento Orientado ao Transporte para o Brasil**. XVIII Congresso Latinoamericano de Transporte Público - CLATPU, 2014.

OLIVEIRA, G. T. *et al.* **Acessibilidade a sistemas de transporte público estruturantes e equidade de sua expansão em megaeventos esportivos brasileiros**. XXX Congresso Nacional de Pesquisa em Transportes - ANPET, 2016.

ONU. **2014 Revision of World Urbanization Prospects**. Organização das Nações Unidas, 2015.

PEREIRA, R. H. M.; SCHAWEN, T.; BANISTER, D. **Distributive justice and equity in transportation**. *Transport Reviews*, p. 1-22, 2016.

PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO. **Mapa dos Corredores BRT planejados para os Jogos Olímpicos RIO 2016**. Apresentação ao COI. 2015.

PUGET SOUND REGIONAL COUNCIL. **Creating Transit Station Communities in the Central Puget Sound Region**. A Transit-Oriented Development Workbook. 1999.

RAYLE, L. **Tracing the effects of transportation and land use policies : A review of the evidence**. MIT-Portugal Program. 2008.

RIBEIRO, L. C. DE Q.; RODRIGUES, J. M.; CORRÊA, F. S. **Segregação residencial e mercado de trabalho nos grandes espaços urbanos brasileiros**. *Cadernos Metrópole*, v. 12, n. 23, 2010.

SAATY, T. L. **The Analytic Hierarchy Process**. New York: McGraw-Hill, 1980.

SDOT. **Station Area Planning Background Report**. Seattle Department of Transportation, 1999.

SERMONS, M. W.; SEREDICH, N. **Assessing traveler responsiveness to land and location based accessibility and mobility solutions**. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, v. 6, n. 6, p. 417–428, 2001.

SGA. **Expanding the Economic Recovery to All Americans Through Smarter Growth: Recommendations for the Incoming USA Administration**. Smart Growth America, 2016.

SIMAS, T. B.; BODMER, M. **Transit Oriented Development for BRT Corridor in Rio de Janeiro**. 13th WCTR, p. 1–20, 2013.

SINGH, Y. J. *et al.* **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.

SOUND TRANSIT. **Transit-Oriented Development (TOD) Program**. 2014.

SOUZA, M. L. **A B C do desenvolvimento urbano**. 2 Edição. Bertrand Brasil, 2003.

SUZUKI, H.; CERVERO, R.; IUCHI, K. **Transforming cities with transit: Transit and Land-Use Integration for Sustainable Urban Development**. The World Bank, 2013.

TEKNOMO, K. **Analytic Hierarchy Process (AHP) Tutorial**. Disponível em:<
http://www.thecourse.us/5/library/AHP/AHP_Tutorial.pdf>. Acesso em: 01 de nov. 2016.

TIRACHINI, A.; HENSHER, D. A.; JARA-DÍAZ, S. R. **Comparing operator and users costs of light rail, heavy rail and bus rapid transit over a radial public transport network**. *Research in Transportation Economics*, v. 29, n. 1, p. 231–242, 2010.

TOREGAS, C. *et al.* **The location of emergency service facilities**. *Operations Research*, v. 19, n. 6, p. 1363–1373, 1971.

VAN ECK, J. R.; DE JONG, T. **Accessibility analysis and spatial competition effects in the context of GIS-supported service location planning**. *Computers, Environment and Urban Systems*, v. 23, n. 2, p. 75–89, 1999.

VAN WEE, B. **Self-selection: a key to a better understanding of location choices, travel behaviour and transport externalities?** *Transport Reviews*, v. 29, n. 3, p. 279–292, 2009.

VASCONCELLOS, E. A. **Mobilidade Urbana: O que você precisa saber**. Editora Companhia das Letras, 2013.

VUCHIC, V. **Urban Transit: operations, planning and economics**. Hoboken, NJ. John Wiley & Sons, 2005.

WPPD. **Transit-Oriented Development Handbook**. Winnipeg. 2011.

YIGITCANLAR, T.; KAMRUZZAMAN, M.; TERIMAN, S. **Neighborhood sustainability assessment: Evaluating residential development sustainability in a developing country context**. *Sustainability (Switzerland)*, v. 7, n. 3, p. 2570–2602, 2015.

APÊNDICE A – CÓDIGO EM PYTHON DA ROTINA DE ANÁLISE ESPACIAL

```

# Rotina de Analise Espacial no ArcGIS

import arcpy
from arcpy.sa import *

# Especificando o local para salvar os arquivos gerados Output
(especificamente os Rasters)

arcpy.env.workspace = "C:\Users\Desktop\...\Avaliacao"

# Itera somente sobre os FeaturesClass dentro do local especificado como
Workspace ("...\Avaliacao")

for i in arcpy.ListFeatureClasses():

    if i == "Aneis_de_Cobertura.shp": continue
    nome = i.split(".")[0]

    # 1) Adiciona Campo no layer de analise: Aneis de Cobertura
    arcpy.AddField_management("Aneis_de_Cobertura", nome[:9]+"F", "FLOAT")

    # 2) Seleciona somente os aneis que contém pelo menos 1 elemento do
    layer a ser analisado (Escolas UTM)
    arcpy.SelectLayerByLocation_management("Aneis_de_Cobertura",
"CONTAINS", i, "", "NEW_SELECTION")

    # 3) Preenche o campo recém criado com a expressao: Peso * 1 (Peso foi
    definido e normalizado anteriormente para os aneis) - o nome deve ser menor
    que 11 caracteres
    arcpy.CalculateField_management("Aneis_de_Cobertura", nome[:9]+"F",
"[PesoNorm]*1", "VB")

    # 4) Converte para Raster, atribuindo o valor do campo recém criado e
    preenchido - o nome deve ser inferior a 12 caracteres
    arcpy.conversion.PolygonToRaster("Aneis_de_Cobertura", nome[:9]+"F",
nome[:11]+"k", "CELL_CENTER", nome[:9]+"F", 25)

```

APÊNDICE B – TUTORIAL DE PARTICIPAÇÃO DA PESQUISA AHP

Olá,

Você foi convidad@ a participar da etapa de ponderação dos critérios e seus respectivos elementos de análise, conforme aplicado no desenvolvimento da Dissertação de Mestrado de Marcello Victorino.

Esta etapa consiste na aplicação do método multicritério denominado *Analytic Hierarchy Process (AHP)*. Uma vez definidos os critérios e elementos a serem analisados, consultam-se especialistas e representantes da sociedade organizada para realizarem uma avaliação pareada.

Esta avaliação consiste na comparação entre elementos de mesmo nível hierárquico, adotando a escala de Saaty, que varia de 1 (igual importância) a 9 (extrema importância de um fator sobre o outro). A principal característica deste método é “traduzir” a avaliação de assuntos complexos e tipicamente qualitativos/subjetivos em um formato quantitativo.

No entanto, existe um cuidado importante a ser tomado: suas “notas” de avaliação devem ser CONSISTENTES. Caso o Coeficiente de Consistência apresente variação superior a 10%, o participante é alertado e convidado a REAVALIAR seu julgamento (a ferramenta web irá ajudar, destacando os fatores e notas responsáveis pela inconsistência).

ATENÇÃO: sua opinião é importantíssima e não deve ser afetada pela verificação automática de consistência. Solicita-se ao participante que apenas reconsidere sua avaliação com mais calma, promovendo singelos ajustes nas notas atribuídas para que o Critério de Consistência (até 10%) seja respeitado.

Dessa forma, recomenda-se a leitura deste guia de instruções para facilitar sua participação e garantir que sua opinião seja levada em consideração. Sua contribuição é apreciada!

INSTRUÇÕES

Ao acessar o *link* recebido por e-mail:

- Preencha o campo “Your Name”;
- Clique em “Check Input”;
- Clique em “Go”.

(se preferir manter anonimato, preencha com qualquer combinação de caracteres, como: “participante1” ou “shabashaba”)

The screenshot displays two main sections of the web application interface:

- Participant's Session Data:** This section contains a 'Session Code' field with the value 'yqUrUp' and a note stating 'Participants need this session code to log into the AHP group session'. Below it is a 'Your Name' field with the placeholder 'Nome Sobrenome' and a note 'As reflected in the group session (3 - 25 alpha num char)'. A red error message 'Please provide name.' is visible below the name field.
- Participant's Input Menu:** This section contains four buttons: 'check input', 'Go', 'cancel', and 'Reset'. Two blue arrows point to the 'check input' and 'Go' buttons, indicating the required actions.

INSTRUÇÕES PARA PARTICIPAR NA ETAPA DE PONDERAÇÃO

Para realizar a Avaliação Pareada entre os fatores de cada nível hierárquico, clique no botão **AHP** destacado em vermelho (indicando que ainda não foi avaliado).

Decision Hierarchy			
Level 0	Level 1	Level 2	Global Priorities
Conceito DOTS AHP	Econômico 0.25		25.0 %
	Ambiental 0.25 AHP	Transporte Não Motorizado 0.3333	8.3 %
		Integração Modal 0.3333	8.3 %
		Áreas Verdes 0.3333	8.3 %
	Social 0.25 AHP	Educação 0.3333	8.3 %
		Segurança 0.3333	8.2 %
	Prático 0.25 AHP	Aglomerados Subnormais 0.3333	8.2 %
		Regularidade do Terreno 0.3333	8.3 %
		Risco de Desabamento 0.3333	8.3 %
		Densidade 0.3333	8.3 %
		1.0	

Exemplo de Avaliação

Com respeito ao Conceito Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável, qual critério é mais importante? Quanto mais importante, em uma escala de 1 a 9?

Se igual importância: deixar selecionado a nota 1.

Se um for mais importante que o outro: selecionar o fator predominante e atribuir uma nota baseada na Escala de Saaty (detalhada na própria página web).

A - wrt Conceito DOTS - or B?	Equal	How much more?
1 <input checked="" type="radio"/> Econômico or <input type="radio"/> Ambiental	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
2 <input checked="" type="radio"/> Econômico or <input type="radio"/> Social	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
3 <input checked="" type="radio"/> Econômico or <input type="radio"/> Prático	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
4 <input checked="" type="radio"/> Ambiental or <input type="radio"/> Social	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
5 <input checked="" type="radio"/> Ambiental or <input type="radio"/> Prático	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
6 <input checked="" type="radio"/> Social or <input type="radio"/> Prático	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9

CR = 0% Please start pairwise comparison

AHP Balanced scale

Clique em "Calculate Result". Se Critério de Consistência Ok, clicar em

Caso negativo, reavalie com mais calma. Sua escolha pode apresentar incoerência na relação de importância entre fatores; ou notas sub ou superdimensionadas.

INSTRUÇÕES PARA PARTICIPAR NA ETAPA DE PONDERAÇÃO

- Repetir procedimento para todas as comparações.

ATENÇÃO:

Por último, após ter avaliado todos os fatores (indicados pelo botão AHP), clicar em “Submit for Group Evaluation”.

Caso contrário sua participação não será armazenada!!!

Decision Hierarchy				
Level 0	Level 1	Level 2	Global Priorities	
Conceito DOTS AHP	Econômico 0.25		25.0 %	
	Ambiental 0.25 AHP	Transporte Não Motorizado 0.3333		8.3 %
		Integração Modal 0.3333		8.3 %
		Áreas Verdes 0.3333		8.3 %
	Social 0.25 AHP	Educação 0.3333		8.3 %
		Segurança 0.3333		8.3 %
		Aglomerados Subnormais 0.3333		8.3 %
	Prático 0.25 AHP	Regularidade do Terreno 0.3333		8.3 %
		Risco de Desabamento 0.3333		8.3 %
		Densidade 0.3333		8.3 %
				1.0

Group Input Session

Hierarchy evaluation. Session code yqUrUp Session Chair: victorinoeng. Project has 0 participants' Inputs. You are participating as Nome Sobrenome.

Click on **AHP** to complete pairwise comparisons. Click on **Submit for group eval** once completed.

Group Input Menu

Submit for group eval
View group result
Leave group input mode

Concluída sua participação, pode-se visualizar os resultados ou então fechar a web página.

ENCERRAMENTO

Mais uma vez, obrigado por sua participação.

Os resultados desta etapa de ponderação serão empregados no procedimento metodológico proposto em minha Dissertação. Especificamente no exemplo ilustrativo de avaliação do potencial de sucesso de intervenções baseadas no conceito do Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável (DOTS), ao longo das estações do BRT TransCarioca, no Rio de Janeiro.

APÊNDICE C – RESULTADO INDIVIDUAL ANÔNIMO DA PESQUISA AHP

Resultado AHP Individual: Especialista #01

Level 0	Level 1	Level 2	Global Priorities
Conceito DOTS	Econômico 0.2825	Aquecimento Mercado Imobiliário	28.3 %
	Ambiental 0.1635	Transporte Não Motorizado 0.297	4.9 %
		Integração Modal 0.5396	8.8 %
		Áreas Verdes 0.1634	2.7 %
	Social 0.3713	Educação 0.297	11.0 %
		Segurança 0.5396	20.0 %
		Aglomerados Subnormais 0.1634	6.1 %
	Prático 0.1827	Regularidade do Terreno 0.1958	3.6 %
		Risco de Desabamento 0.4934	9.0 %
		Densidade 0.3108	5.7 %

Coefficiente de Consistência (Prioridades Globais): 1,4%

Resultado AHP Individual: Especialista #02

Level 0	Level 1	Level 2	Global Priorities
Conceito DOTS	Econômico 0.3123	Aquecimento Mercado Imobiliário	31.2 %
	Ambiental 0.3123	Transporte Não Motorizado 0.2553	8.0 %
		Integração Modal 0.6434	20.1 %
		Áreas Verdes 0.1013	3.2 %
	Social 0.2913	Educação 0.1958	5.7 %
		Segurança 0.4934	14.4 %
		Aglomerados Subnormais 0.3108	9.1 %
	Prático 0.0841	Regularidade do Terreno 0.0767	0.6 %
		Risco de Desabamento 0.1932	1.6 %
		Densidade 0.7302	6.1 %

Coefficiente de Consistência (Prioridades Globais): 5,7%

Resultado AHP Individual: Especialista #03

Level 0	Level 1	Level 2	Global Priorities
Conceito DOTS	Econômico 0.0893	Aquecimento Mercado Imobiliário	8.9 %
	Ambiental 0.2714	Transporte Não Motorizado 0.7166	19.5 %
		Integração Modal 0.2051	5.6 %
		Áreas Verdes 0.0783	2.1 %
		Educação 0.279	15.0 %
	Social 0.5378	Segurança 0.0719	3.9 %
		Aglomerados Subnormais 0.6491	34.9 %
		Regularidade do Terreno 0.183	1.9 %
	Prático 0.1014	Risco de Desabamento 0.0752	0.8 %
		Densidade 0.7418	7.5 %

Coeficiente de Consistência (Prioridades Globais): 1,1%

Resultado AHP Individual: Especialista #04

Level 0	Level 1	Level 2	Global Priorities
Conceito DOTS	Econômico 0.2857	Aquecimento Mercado Imobiliário	28.6 %
	Ambiental 0.2857	Transporte Não Motorizado 0.6548	18.7 %
		Integração Modal 0.2499	7.1 %
		Áreas Verdes 0.0953	2.7 %
	Social 0.2857	Educação 0.2109	6.0 %
		Segurança 0.7049	20.1 %
		Aglomerados Subnormais 0.0841	2.4 %
	Prático 0.1429	Regularidade do Terreno 0.2499	3.6 %
		Risco de Desabamento 0.0688	1.0 %
		Densidade 0.6813	9.7 %

Coefficiente de Consistência (Prioridades Globais): 0,2%

Resultado AHP Individual: Especialista #05

Level 0	Level 1	Level 2	Global Priorities
Conceito DOTS	Econômico 0.1219	Aquecimento Mercado Imobiliário	12.2 %
	Ambiental 0.2705	Transporte Não Motorizado 0.2291	6.2 %
		Integração Modal 0.0754	2.0 %
		Áreas Verdes 0.6955	18.8 %
	Social 0.5439	Educação 0.7089	38.6 %
		Segurança 0.1786	9.7 %
		Aglomerados Subnormais 0.1125	6.1 %
	Prático 0.0636	Regularidade do Terreno 0.0679	0.4 %
		Risco de Desabamento 0.7703	4.9 %
		Densidade 0.1618	1.0 %

Coeficiente de Consistência (Prioridades Globais): 1,4%

Resultado AHP Individual: Especialista #06

Level 0	Level 1	Level 2	Global Priorities
Conceito DOTS	Econômico 0.5827	Aquecimento Mercado Imobiliário	58.3 %
	Ambiental 0.16	Transporte Não Motorizado 0.1429	2.3 %
		Integração Modal 0.7143	11.4 %
		Áreas Verdes 0.1429	2.3 %
	Social 0.1284	Educação 0.4286	5.5 %
		Segurança 0.1429	1.8 %
		Aglomerados Subnormais 0.4286	5.5 %
	Prático 0.1289	Regularidade do Terreno 0.2	2.6 %
		Risco de Desabamento 0.6	7.7 %
		Densidade 0.2	2.6 %

Coefficiente de Consistência (Prioridades Globais): 0,1%

Resultado AHP Individual: Não Especialista #01

Level 0	Level 1	Level 2	Global Priorities
Conceito DOTS	Econômico 0.4778	Aquecimento Mercado Imobiliário	47.8 %
	Ambiental 0.1052	Transporte Não Motorizado 0.2385	2.5 %
		Integração Modal 0.625	6.6 %
		Áreas Verdes 0.1365	1.4 %
	Social 0.2352	Educação 0.4	9.4 %
		Segurança 0.4	9.4 %
		Aglomerados Subnormais 0.2	4.7 %
	Prático 0.1818	Regularidade do Terreno 0.0823	1.5 %
		Risco de Desabamento 0.6026	11.0 %
		Densidade 0.315	5.7 %

Coeficiente de Consistência (Prioridades Globais): 0,1%

Resultado AHP Individual: Não Especialista #02

Level 0	Level 1	Level 2	Global Priorities
Conceito DOTS	Econômico 0.2178	Aquecimento Mercado Imobiliário	21.8 %
	Ambiental 0.2686	Transporte Não Motorizado 0.5103	13.7 %
		Integração Modal 0.3337	9.0 %
		Áreas Verdes 0.156	4.2 %
	Social 0.165	Educação 0.5666	9.3 %
		Segurança 0.323	5.3 %
		Aglomerados Subnormais 0.1105	1.8 %
	Prático 0.3486	Regularidade do Terreno 0.0719	2.5 %
		Risco de Desabamento 0.6491	22.6 %
		Densidade 0.279	9.7 %

Coefficiente de Consistência (Prioridades Globais): 1,7%