

# Avaliação do Potencial TOD: Cenários por avaliação multicritério em ambiente SIG implementando um processo de aprendizagem visando a equidade socioespacial



Juan Pedro Moreno Delgado

Universidade Federal de Bahia, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil  
Salvador, Estado de Bahia, Brasil  
<https://orcid.org/0000-0002-0484-2964>

Rosane Martins Alves

Universidade Federal de Rio de Janeiro, Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana  
Rio de Janeiro, Brasil  
<https://orcid.org/0000-0002-4501-0822>

Giovani Manso Ávila

Universidade Federal de Rio de Janeiro, Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana  
Rio de Janeiro, Brasil  
<https://orcid.org/0000-0003-2962-694X>

Recibido: 28.11.2024. Aceptado: 05.06.2025.

## Resumo

Verifica-se em numerosas metrópoles brasileiras a falta de integração das políticas de transporte e uso do solo, esta desconexão acaba impedindo a redução das iniquidades existentes. Este artigo tem por objetivo propor um método baseado na avaliação multicritério em ambiente SIG, visando identificar áreas urbanas com Potencial TOD (desenvolvimento orientado ao transporte público), na cidade de Salvador (BA). Espera-se implementar um processo de aprendizagem, ou seja, uma maior compreensão dos fatores e condicionantes presentes nas áreas com potencial, assim como, o papel da rede de transporte (atual e futura) para promover o TOD e a equidade. Metodologicamente, os fatores com maior recorrência na literatura, foram identificados, processados em mapas e integrados via MCE-GIS. Os resultados indicam que a maior concentração de áreas com potencial TOD coincidem com as centralidades metropolitanas confirmando a inequidade socioespacial. A sobreposição do mapa de Potencial TOD com as estações de transporte público existentes destaca que apenas três coincidem com regiões de potencial TOD e 50% destas necessitam uma maior inserção urbana com a cidade. Este cenário se amplifica com a sobreposição deste mapa com as estações futuras. Foram identificadas áreas com Potencial TOD fora da área urbana central, assim como, os fatores determinantes deste Potencial.

**PALAVRAS-CHAVE:** POTENCIAL TOD. TRANSPORTE - USO DO SOLO. AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO EM SIG. EQUIDADE. SALVADOR, BAHIA, BRASIL.

## Assessment of TOD Potential: Scenarios by multicriteria evaluation in a GIS environment implementing a learning process aiming at socio-spatial equity.

### Abstract

There is a lack of integration of transportation and land use policies in many Brazilian metropolises, and this disconnection ends up preventing the reduction of existing inequities. This article aims to propose a method based on multicriteria evaluation in a GIS environment, aiming to identify urban areas with TOD (public transport-oriented development) potential in the city of Salvador (BA). The aim is to implement a learning process, that is, a greater understanding of the factors and conditions present in areas with potential, as well as the role of the transportation network (current and future) in promoting TOD and equity. Methodologically, the factors with the highest recurrence in the literature were identified, processed into maps and integrated via MCE-GIS. The results indicate that the highest concentration of areas with TOD potential coincide with metropolitan centralities, confirming socio-spatial inequality. The overlay of the TOD Potential map with the existing public transport stations highlights that only three coincide with regions of TOD potential and 50% of these require greater urban integration with the city. This scenario is amplified by the overlay of this map with future stations. Areas with TOD Potential outside the central urban area were identified, as well as the determining factors of this Potential.

**KEYWORDS:** TOD POTENTIAL. TRANSPORT - LAND USE. MULTI CRITERIA EVALUATION IN GIS. EQUITY. SALVADOR, BAHIA, BRASIL.

**PALABRAS CLAVE:** POTENCIAL TOD. TRANSPORTE - USO DEL SUELO. EVALUACIÓN MULTICRITERIO EN SIG. EQUIDAD. SALVADOR, BAHÍA, BRASIL.

### Introdução

À medida que os projetos TOD começaram a surgir em todo o mundo, tornou-se evidente que o seu desempenho depende de uma ampla variedade de fatores, tais como: o nível socioeconômico de um bairro, hábitos e preferências há muito estabelecidas dos residentes, e condições regionais de acessibilidade. Portanto, o desempenho do TOD reflète a natureza complexa e multifacetada das aglomerações urbanas contemporâneas, proporcionando um campo de pesquisa desafiador.

Em muitas cidades do Sul Global, falta a relação entre o planejamento urbano, especificamente o planejamento do uso do solo e o planejamento dos transportes (Yang *et al.*, 2021). Na verdade, apesar de conceitualmente existir uma relação clara entre estes dois sistemas, o planejamento dos transportes e o planejamento do uso do solo continuam sendo realizados de forma separada. Adicionalmente, o sistema de transporte merece atenção por parte dos planejadores do uso do solo em termos da adaptação necessária destas redes aos usos futuros do solo (Kaiser *et al.*, 1995).

O planejamento das redes de transporte continua fortemente orientada ao atendimento da demanda do centro principal. Porém, nas últimas décadas, outras estratégias com foco na interação entre transporte e uso do solo vem ganhando força, com destaque para o Desenvolvimento Orientado aos Transportes ou *Transit Oriented Development*

Avaliação do Potencial TOD: Cenários por avaliação...

J. P. MORENO DELGADO, R. MARTINS ALVES Y G. MANSO ÁVILA

(TOD). Pressupõe-se que o paradigma do Transporte Orientado ao Desenvolvimento tem como objetivo prioritário o planejamento das redes de transporte, principalmente o coletivo, capaz de influenciar o desenvolvimento das cidades tornando-as mais justas e sustentáveis (Mesentier & Orrico, 2024).

A maioria dos corredores de ônibus nas cidades brasileiras foram implementados isoladamente de um sistema firme e coerente de regulamentação, estabilidade política, planejamento abrangente de longo prazo e estratégias de uso do solo. Como resultado surgiram sistemas parciais, ineficientes ou sobrelotados, que não conseguem satisfazer adequadamente a demanda (Hensher, 1999). Além disso, na maioria das grandes metrópoles brasileiras, muitos espaços públicos e ruas localizadas em seus centros foram transformados em terminais de ônibus abertos (Lindau *et al.*, 2010). Curitiba pode ser considerada uma notável exceção e um exemplo para o mundo.

Apesar dos projetos TOD pertencerem a diferentes contextos nacionais, os problemas enfrentados para sua implementação são bastante semelhantes em todo o mundo. Incluem, por exemplo, elevados custos de investimento inicial, implementação de solos urbanos, falta de cooperação ou integração entre as partes interessadas envolvidas etc. As respostas a estes problemas comuns variam dependendo dos sistemas jurídicos e fiscais de cada país (Ibraeva *et al.*, 2020). Cabe destacar, no entanto, que estes sistemas são relativamente flexíveis nos países desenvolvidos nos quais a implantação do TOD é muitas vezes facilitada por regulamentação específica.

São numerosas as metrópoles brasileiras que têm investido na implantação de modos de transporte público de média-alta capacidade na tentativa de melhorar as condições de mobilidade urbana. Entretanto, percebe-se uma falta de integração das políticas públicas, uma vez que o planejamento dos sistemas de transporte geralmente se orienta de forma linear seguindo a direção do desenvolvimento passado e não em um plano de utilização do solo (Giuliano, 1995). Esta desconexão ocorre devido ao fato destas ações não estarem acompanhadas de intervenções adequadas no uso do solo urbano, o que acaba impedindo a redução das iniquidades existentes. Assim, a desigualdade de acesso às atividades urbanas para os diversos grupos sociais persiste, seja como pedestre, seja como usuário de um determinado modo de transporte. Portanto, a capacidade desse estilo de gestão desarticulado em induzir o desenvolvimento urbano e produzir padrões de mobilidade mais sustentáveis é questionável, o qual se revela como característica importante de diversas cidades latino-americanas e brasileiras.

Nesse contexto, a desarticulação é de caráter técnico e na governança, o qual tem reforçado diversos processos urbanos insustentáveis, entre os quais se destacam: a dispersão urbana, a degradação das áreas centrais, perda de demanda e menor atratividade dos modos de transporte públicos, imobilidade, segregação urbana e insegurança, perda de qualidade dos espaços públicos, maior dependência em relação às soluções motorizadas para o transporte e finalmente, o crescimento da cultura do automóvel, como consequência natural.

Considerando o amplo espectro de projetos TOD, no mundo, revela-se como necessidade avaliar e sistematizar o conhecimento adquirido principalmente no relativo aos fatores e variáveis (sociais, econômicos, ambientais e de gestão), característicos das cidades latino-americanas, visando afinar as abordagens TOD ao contexto do Brasil e

Avaliação do Potencial TOD: Cenários por avaliação...  
J. P. MORENO DELGADO, R. MARTINS ALVES Y G. MANSO ÁVILA

da América Latina. Evidencia-se, portanto, nestas cidades a existência de um conjunto de condicionantes espaciais, socioeconômicas e de gestão que merecem atenção pois dificultam a implementação de políticas integradas de transporte e uso solo e, por conseguinte, projetos TOD, o qual necessita ser revelado.

Metodologias propostas originalmente para países desenvolvidos, devem ser analisadas com cautela, quando utilizadas em países em desenvolvimento, com realidades econômicas, culturais e sociais bastante diferentes, como é o caso dos países em desenvolvimento como Brasil e América Latina. Assim, este artigo tem por objetivo propor um método viável para construir cenários, por geoprocessamento, visando identificar áreas urbanas com potenciais exequíveis e compatíveis com as especificidades da metodologia de Potencial TOD, na cidade de Salvador (BA). Espera-se que este procedimento implemente um processo de aprendizagem, ou seja, viabilize uma maior compreensão dos fatores e condicionantes presentes nas áreas com maior potencial, assim como, o papel da rede de transporte (atual e futura) para promover o TOD e a equidade na mobilidade, da cidade.

## Revisão da literatura

O TOD foi introduzido na literatura por Calthorpe (1993), e consiste em uma estratégia de planejamento de transportes e uso do solo que procura maximizar a eficiência desses sistemas concentrando o desenvolvimento urbano no entorno de estações de transporte coletivo, fazendo com que modos de transporte sustentáveis se tornem mais convenientes e desejados (Ibraeva *et al.*, 2020). O conceito do desenvolvimento orientado ao transporte (TOD) busca concentrar uma rica diversidade de usos (comercial, residencial e de serviços) no entorno das estações de transporte público de maior capacidade, buscando a eficiência da localização, devendo concentrar grandes densidades de uso do solo (Curtis *et al.*, 2009). Entretanto, o adensamento isolado de corredores de transporte não se configura como estratégia de TOD, já que esse adensamento, necessariamente não se converterá em um padrão de deslocamento mais sustentável. O TOD tem como foco principal o adensamento e o desenvolvimento de regiões próximas a estações de transporte coletivo, de modo que as estratégias de TOD sejam compostas, em sua essência, por projetos localizados, em uma escala restrita de atuação, de forma sustentável (Mesentier & Orrico, 2024).

O conceito TOD, de forma ampla, pode ser definido como a “coordenação cuidadosa da estrutura urbana em torno da rede de transporte público” (Hickman e Hall, 2008). Definições mais detalhadas introduzem modos ativos: “TOD pode ser descrito como o uso do solo e o planejamento do transporte que torna o uso do ciclismo, da caminhada e do transporte público conveniente e desejável, e que maximiza a eficiência dos serviços de transporte público existentes, concentrando o desenvolvimento em torno de estações e pontos do transporte público” (Thomas e Bertolini, 2017). Em contraste com estas definições, que destacam a importância primordial do transporte público para as localidades, o TAD (desenvolvimento adjacente ao transporte público) é definido como um desenvolvimento que “carece de qualquer conectividade funcional com o transporte público, seja em termos de composição do uso do solo, forma de acesso às estações ou desenho urbano do local” (Cervero *et al.*, 2002).

Avaliação do Potencial TOD: Cenários por avaliação...

J. P. MORENO DELGADO, R. MARTINS ALVES Y G. MANSO ÁVILA

Algumas definições destacam a importância regional do TOD, descrevendo-o como “uma abordagem para projetar a área de influência das estações que vai além da definição de locais únicos, ou melhor, visa a reestruturação de regiões urbanas completas em torno do transporte ferroviário e longe do automóvel” (Bertolini *et al.*, 2012). Tal como observado por Ewing & Cervero (2001), os desenvolvimentos compactos e densos produziram apenas efeitos menores no comportamento das viagens se não fossem devidamente incorporados numa rede de transportes regional mais ampla. Por trás destas considerações teóricas existe o pressuposto de que ao planejar com precisão e ter em conta os efeitos do uso do solo e da organização espacial, no comportamento e nas escolhas das pessoas, pode-se induzir a demanda por viagens.

Mundialmente verificam-se diferenças de abordagem nas aplicações dos princípios TOD. Na América do Norte e na Austrália, o foco parece principalmente no enfrentamento da expansão suburbana, fortalecendo a centralidade em torno das estações e redes de transporte público (Cervero, 1998; Cervero *et al.*, 2004; Dittmar & Ohland, 2012; Hemsley, 2009). Nas cidades europeias o foco parece estar mais voltado para o redesenvolvimento do entorno das estações existentes (Bertolini & Spit, 1998). Na Ásia, o TOD parece ser visto acima de tudo como uma estratégia dirigida a canalizar o crescimento das megacidades em torno dos corredores de transporte rápido de massa (Zhang, 2007; Yang & Lew, 2009). Na América do Sul, predomina com frequência uma visão na qual o TOD é uma forma de reconectar e reorientar o transporte público, em torno de desenvolvimentos urbanos já densos (Lindau *et al.*, 2010).

Em um contexto em que muitas cidades se desenvolveram de forma desigual os sistemas de transporte coletivo desempenham um papel fundamental na promoção do acesso às oportunidades. Nos países em desenvolvimento, o transporte coletivo tem importância ainda maior, uma vez que os níveis de desigualdade são mais profundos e as camadas mais pobres são as que mais dependem desse sistema (Vasconcellos, 2015). Relevante número de estudos tem investigado as desigualdades no contexto urbano a partir de métricas de acessibilidade (Basso *et al.*, 2020; Giannotti *et al.*, 2021), conceituações da desigualdade e justiça em transportes (Pereira *et al.*, 2017).

Uma perspectiva diferente para as tipologias TOD foi proposta por Singh *et al.* (2014), os quais focalizando as aglomerações urbanas como um todo, classificaram o TOD de acordo a dois índices: TOD real e o TOD potencial. O primeiro índice destina-se a avaliar os níveis de TOD existentes em locais já servidos por transporte público, enquanto o segundo visa identificar locais com níveis já elevados de TOD (em termos de ambiente construído, densidade etc.), mas sem o elemento “transporte público”. Portanto, o conceito de TOD potencial, visa identificar locais com níveis já elevados de TOD (em termos de ambiente construído, densidade etc.), mas sem a presença do elemento conectividade ou “transporte público”. Esta abordagem foi testada na região da cidade de Arnhem Nijmegen (na Holanda), e os autores concentrando-se no índice “TOD potencial”, identificaram locais apropriados para futuros TOD com base nos níveis de 3Ds (Densidade, Diversidade e Design, na época) e na atividade económica (número de estabelecimentos comerciais.) Mapas *raster* com células de grade de 300 × 300 m como unidade de análise foram construídos e os valores potenciais do índice TOD (de 0 a 100) foram obtidos fazendo uso da análise espacial multicritério. Para a área selecionada, o valor mais elevado do índice TOD potencial atingiu apenas 60 pontos, o que significa que a procura do TOD nesta região pode não ser muito forte. A

Avaliação do Potencial TOD: Cenários por avaliação...

J. P. MORENO DELGADO, R. MARTINS ALVES Y G. MANSO ÁVILA

maioria dos locais com pontuações altas foram encontrados próximos as áreas urbanas de Arnhem Nijmegen. Esta abordagem é considerada uma tipologia TOD, assim como, uma abordagem metodológica específica dirigida a identificar e avaliar padrões TOD.

Para Singh *et al.* (2014) o princípio básico do TOD parece ser o mesmo em diferentes contextos, entretanto esta autora destaca que a promoção do desenvolvimento orientado ao transporte na área de influência de estações de transporte público em condições diferentes não é fácil. No contexto global a pesquisa indica que o estudo do entorno das estações poderia revelar algumas semelhanças no relativo a algumas características do TOD, mas estas variam caso a caso de acordo com os contextos locais (Loo & du Verle, 2017). Portanto, não existe uma solução única, reproduzível em grande escala: políticas públicas para implementar e melhorar o desempenho do TOD não podem ser feitas sem a compreensão do contexto na área de influência das estações de transporte público (Curtis *et al.*, 2009; Liao & Scheuer, 2022). Para o caso das cidades latino-americanas, o domínio desse contexto deve ser sistematizado a partir do conhecimento dos fatores, variáveis e condicionantes característicos das cidades de países em desenvolvimento, os quais podem se constituir em barreiras para a adequada implementação do TOD. Este contexto é de natureza socioespacial refletindo as dimensões social, econômica, ambiental e de gestão do TOD.

A importância do TOD se destaca na formulação de estratégias que exploram sinergias entre o uso do solo e os sistemas de transporte, de modo a aproximar pessoas dos seus destinos potencializando a eficácia das modalidades de transporte público e do transporte não motorizado (Aston *et al.*, 2016). Por conseguinte, é de fundamental importância a adequada localização das estações do sistema de transporte público, a fim de maximizar a eficiência de uma política de desenvolvimento do território.

O padrão de ocupação urbana de cidades no Sul Global e na América Latina origina diversas dificuldades para a implantação de projetos TOD, seja pela ocorrência de desenvolvimentos informais, seja pelas características complexas da rede viária, não padronizada e, principalmente a dificuldade de se obter solo urbano disponível na proximidade das futuras estações em áreas centrais. Localidades pobres, densas e com carências de infraestrutura, são predominantes. Tudo isto provoca custos elevados para o direito de passagem dos projetos TOD, em áreas já consolidadas do terceiro mundo (Maheshwari *et al.*, 2022; Guthrie & Fan, 2016; Thomas *et al.*, 2018).

O desenho urbano (*urban design*) de baixa qualidade em torno das novas infraestruturas de transporte público aumenta o tempo de viagem do futuro usuário do sistema, diminui a sensação de segurança e finalmente incentiva a mudança para o automóvel particular. A área de influência de um desenvolvimento TOD deve estar orientada eficazmente para os modos não motorizados, entretanto a falta de coordenação institucional ou a visão técnica estreita dos planejadores se materializa neste problema (Kafrawy *et al.*, 2022; Suzuki *et al.*, 2013).

Sem dúvida em cidades latino-americanas observa-se que os aspectos relacionados ao transporte público, a oferta de equipamentos, comércio e serviços, assim como, os padrões de desenho e ocupação urbana, podem ser impactados pelas condições de segurança pública locais. Este cenário particular pode vir a condicionar a produção de ambientes urbanos favoráveis às caminhadas, uso da bicicleta ou criação de espaços de

Avaliação do Potencial TOD: Cenários por avaliação...  
J. P. MORENO DELGADO, R. MARTINS ALVES Y G. MANSO ÁVILA

convivência, tendo o poder de atrair ou repelir demandas para as estações de transporte público (Alves et al, 2017; Cervero *et al.*, 2017).

Em muitas cidades do Sul Global foram implementados projetos TOD com baixa inserção urbana, o qual se verifica por exemplo, na localização das estações de BRT em cantos centrais de rodovias movimentadas, ou ladeadas por *Highways*, o qual limitou as oportunidades de desenvolvimento conjunto entre transporte e uso do solo, criando ambientes pouco atraentes para o pedestre ao redor das estações. Assim, evidencia-se um déficit no planejamento e implantação de infraestruturas para os transportes não motorizados (Kafrawy *et al.*, 2022; Maheshwari *et al.*, 2022).

Considerando o amplo espectro de projetos TOD, no mundo, revelou-se necessário avaliar e sistematizar o conhecimento adquirido em relação aos fatores e variáveis (sociais, econômicos e ambientais), com maior destaque em estudos de cidades latino-americanas ou do terceiro mundo, visando orientar a seleção dos fatores TOD. Portanto, a partir de um levantamento bibliográfico amplo procurou-se identificar os principais fatores e caracterizar o melhor possível o sistema de transporte (Nó), o uso do solo associado (Lugar) e a interação estabelecida entre nó e lugar, no contexto de um estudo de potencial TOD. O trabalho de Alves *et al.* (2017) fornece um exemplo dos fatores de base, o qual foi importante como ponto de partida para organizar a pesquisa por fatores na literatura (ver Tabela 1).

Tabela 1. Exemplos de variáveis e indicadores para os índices de Nó e Lugar - Fonte: (Alves; Rossi; Portugal, 2017. Adaptado pelos autores)

Índice	Indicador	Índice	Indicador	Índice	Indicador
NÓ	Integrações multimodais	LUGAR	Diversidade de uso do solo TOD	AMBIENTE URBANO (Nó ou Lugar)	Distância do centro da cidade
	Acesso a pé		População		Segurança pública
	Estação terminal e distância entre as estações		Empregos na área de influência		Frequência de passageiros
	Conectividade Centralidade		Polos Geradores de Viagens		

Outro critério importante para a seleção de um fator além da revisão da literatura foi a disponibilidade de dados secundários na cidade sobre esse tema ou a facilidade de construir um mapa a partir desse fator. A seguir, na Tabela 2 são apresentados os fatores identificados com maior recorrência na literatura científica.

Como pode-se observar os fatores 1 e 2 caracterizam melhor o sistema de transporte (Nó), os fatores 3 e 4 o uso do solo associado (Lugar) e os dois últimos estão mais relacionados com a interação estabelecida entre nó e o lugar. Conforme foi destacado não existe uma solução única, para a formulação de políticas públicas visando melhorar o desempenho do TOD, a compreensão do contexto sempre será importante. Os fatores e variáveis elencados são característicos de cidades latino-americanas e de cidades de países em desenvolvimento. Conforme foi destacado em muitas cidades do Sul Global foram implementados projetos TOD, diversos casos em cidades latino-americanas nas quais experiências TOD estão sendo implementadas, são referência mundial:

Avaliação do Potencial TOD: Cenários por avaliação...  
J. P. MORENO DELGADO, R. MARTINS ALVES Y G. MANSO ÁVILA

Tabela 2: Fatores identificados visando avaliar o potencial TOD em cidades brasileiras e latino-americanas. Fonte: Os autores

Fatores	Fontes
1) Integração Modal. Este fator visa representar a densidade de conexões potenciais disponíveis para o usuário, facilitando a acessibilidade por meio do nível de integração dos diversos modos de transporte. Compreende a disponibilidade de modos e eventuais rotas ou conexões.	Segura, D. S. <i>et al.</i> , 2019; Kumar, P. P., <i>et al.</i> , 2020; Alves, R., <i>et al.</i> , 2017
2) Distância ao Transporte Público. Este fator tem como objetivo avaliar o tempo médio de deslocamento até o ponto ou estação de transporte público mais próximo, destacando a relação intrínseca entre distância e tempo de acesso da residência até os pontos de conexão.	Grieco, E. P., <i>et al.</i> , 2016; Saus, M. A., <i>et al.</i> , 2022; Alves <i>et al.</i> , 2017
3) Concentração de emprego. Este fator identifica as áreas que apresentam uma maior densidade de oportunidades de emprego na área de estudo, visando promover uma dinâmica urbana propícia ao transporte público e impulsionando a atividade econômica.	Singh, Y. J., <i>et al.</i> , 2019; Kumar, P. P. <i>et al.</i> , 2020; Alves, R., <i>et al.</i> , 2017
4) Diversidade do Uso do solo. Definido pela maior intensidade ou concentração espacial das localidades com uso do solo misto (usos residenciais e não residenciais combinados), visando favorecer uma dinâmica urbana favorável para o transporte público, possibilitando maiores oportunidades de interação.	Singh, Y. J., <i>et al.</i> , 2019; Maheshwari, <i>et al.</i> , 2022; Saus, M. A. <i>et al.</i> , 2022; Alves, R., <i>et al.</i> , 2017
5) Demanda por transporte público. Relativo aos padrões de concentração populacional e suas características socioeconômicas como um fator de importância para a viabilidade do transporte público.	Grieco, E. P. <i>et al.</i> , 2016; Singh, Y. J., <i>et al.</i> , 2019; Maheshwari, <i>et al.</i> , 2022; Saus, M. A. <i>et al.</i> , 2022
6) Segurança no transporte público. A percepção local da segurança pública por parte dos usuários do sistema de transporte público pode vir a desmotivar o uso dos modos ditos sustentáveis, principalmente em cidades latino-americanas, portanto, priorizar a segurança de pedestres e ciclistas, facilita a interação social e pode incrementar a utilização destes modos.	Singh, Y. J., <i>et al.</i> , 2019; Kumar, P. P. <i>et al.</i> , 2020; Bittencourt, D. C. <i>et al.</i> , 2017; Alves, R., <i>et al.</i> , 2017

Em Curitiba, o BRT (bus rapid transit) tem sido utilizado como uma ferramenta para impulsionar o desenvolvimento urbano considerado favorável ao transporte público, viabilizando um mútuo reforço entre transporte e uso do solo, sendo nesse aspecto uma experiência pioneira no mundo. Entretanto, o TOD possui uma forte orientação para os pedestres, facilita o acesso dos passageiros, priorizando a segurança do pedestre, adicionalmente, favorece a densidade com mistura de usos do solo, oferecendo uma variedade de opções residenciais, comerciais e incentivando o transporte multimodal. O desenvolvimento de Curitiba em torno das estações de BRT apresenta algumas, mas não todas as características mencionadas (Rodríguez e Vergel, 2013). A orientação e priorização do ambiente urbano para o pedestre ao redor das estações são notavelmente ausentes.

O TransMilenio de Bogotá é um investimento BRT amplamente celebrado, capaz de transportar cerca de quarenta e cinco mil passageiros por hora – sentido. Construir o sistema de forma rápida, visando aumentar o transporte acessível para os pobres foi um desafio. A instalação de linhas de BRT em zonas economicamente estagnadas e consolidadas, suprimiu as possibilidades de desenvolvimento urbano (Cervero, *et al.*, 2017). O mesmo ocorreu com a localização das estações do BRT em canteiros centrais de vias movimentadas, limitando as oportunidades de desenvolvimento e criando áreas de pedestres pouco atraentes ao redor delas, adicionalmente, a escassez de incentivos para os proprietários de imóveis reurbanizarem os seus terrenos também têm prejudicado as atividades do TOD, em Bogotá. Em síntese, a expansão do BRT foi associada

Avaliação do Potencial TOD: Cenários por avaliação...

J. P. MORENO DELGADO, R. MARTINS ALVES Y G. MANSO ÁVILA

a aumentos na densidade urbana, mas não a mudanças no uso do solo (Bocarejo *et al.*, 2012). Autores como Cervero e Dai (2014) sugerem que, no caso de Bogotá, as funções de mobilidade do BRT substituíram as suas funções ou potencial para a criação de lugares *placemaking*, resultando em um sistema de mobilidade com boa relação custo-benefício, no curto prazo, porém com baixos impactos na estruturação da cidade.

O Metrocable de Medellín, Colombia, utiliza um sistema de teleférico para transportar passageiros pela encosta íngreme. Ao redor das estações, o governo municipal investiu em escolas, bibliotecas, espaços abertos, caminhos para pedestres e habitação social. A integração modal e o projeto das estações foram aspectos importantes do investimento. Duas linhas adicionais foram inauguradas em 2008 e 2010. Em termos de financiamento, integração de estações e melhoria da acessibilidade, o Metrocable de Medellín demonstra como governos locais podem usar os investimentos em transporte público como catalisadores e apoio a outras iniciativas de modernização suburbana. Nesse sentido, a experiência de Medellín oferece lições para programas como PREVI (Peru) e Favela Bairro (Brasil). No entanto, também reforça os desafios de melhorar a mobilidade e a construção de lugares nos subúrbios metropolitanos em rápido crescimento do Sul Global, as encostas de Medellín continuam precárias, e os moradores continuam gastando tempo, energia e dinheiro consideráveis para se deslocar da periferia para o centro (Cervero, *et al.*, 2017).

Sistemas BRT tiveram um rápido crescimento nas últimas décadas, em cidades latino-americanas. A moradia e uso do solo informal distante do centro; os grandes empreendimentos comerciais (shoppings) nas áreas centrais, oferecendo espaços privativos e uma relativa ausência de áreas verdes abertas ao público, são as características principais de muitas destas cidades. Segundo autores como Rodriguez e Vergel (2013) em algumas cidades, o ambiente urbano mudou drasticamente com os investimentos em TOD - BRT, enquanto em outras houve pouca mudança. Evidentemente estão em jogo as forças do mercado e regulatórias as quais determinam o resultado do desenvolvimento final e da revitalização. Existindo, portanto, contextos, muito diferenciados.

Tabela 3. Projetos TOD - BRT em cidades brasileiras e sul-americanas. Fonte: Rodriguez & Vergel, 2013

Cidade / Metrópole	População (milhões)	BRT Data	BRT (km)	Passageiros por dia	Total paradas	Total terminais
Curitiba, Brasil	1.8	1977	81	505,000	113	30
Goiânia, Brasil	1.3	1976	27	240,000	19	5
Quito, Ecuador	1.6	1990	56	491,000	79	11
Bogotá, Colômbia	7.2	2000	84	1,650,000	114	7
Guayaquil, Ecuador	2.7	2006	33	310,000	50	3

Embora a maioria dos empreendimentos TOD sejam construídos em torno de sistemas metroferroviários, o TOD pode ser também uma estratégia para complementar e desenvolver os pontos fortes de um projeto BRT, o qual ocorre em muitas cidades latino-americanas. Na tabela 3 apresentamos as informações de base de alguns projetos TOD-BRT.

## Características da cidade e do sistema de transportes

A área de estudo escolhida foi a cidade de Salvador, Bahia, Brasil, núcleo central da Região Metropolitana de Salvador (RMS), a qual configura uma problemática complexa, produto do descaso histórico em termos de investimento público em transportes, assim como, da inter-relação de múltiplos fatores que impactam simultaneamente os padrões de mobilidade, comprometendo a sustentabilidade urbana, sendo os principais: **a)** a relação estabelecida entre a forte concentração de atividades urbanas em poucos locais e os padrões de densidade urbana; **b)** a falta de informações públicas, atualizadas e confiáveis dos padrões de viagem e do desempenho do sistema de transporte público; **c)** a falta de soluções que enfrentem eficazmente os desafios propostos pela topografia difícil, particularmente na cidade de Salvador; **d)** a queda do desempenho do transporte público, associado fortemente ao crescimento do uso do automóvel; **e)** a descontinuidade do processo de gestão, comprometendo uma visão de longo prazo para a mobilidade urbana. Como produto, observa-se que a falta de integração de esforços se traduz na atual lógica de implantação da oferta de transporte de alta capacidade na metrópole sem a adequada inserção destas infraestruturas no tecido urbano (Delgado, 2020). Verifica-se, portanto, uma Rede de Transporte Público que não está eficazmente integrada internamente (entre os seus diversos modos e componentes, motorizados e não motorizados) e adicionalmente não está integrada espacialmente com a cidade (com adequada microacessibilidade na área de influência das estações), o qual configura diversas condicionantes adicionais.

Segundo dados da Pesquisa O/D de 2012, a Região Metropolitana de Salvador gera um total de 5.937.620 viagens, sendo 3.785.653 (63,8%) motorizadas e 2.151.967 (36,2%) não motorizadas. (BAHIA, 2012) Avaliando apenas as viagens motorizadas, 2.455.060 viagens são realizadas por transporte coletivo, representando 64,9% do total, e 1.330.593 viagens são realizadas por transporte individual, representando 35,1%. Uma parcela significativa das viagens na RMS se faz por meio de ônibus municipal, com 1.873.028 viagens (31,5% do total das viagens), mas o modo mais utilizado é o modo a pé, com 2.097.843 viagens (35,3%). As centralidades metropolitanas Lapa e Iguatemi, localizadas em Salvador (RMS), revelam poder para atrair viagens com distâncias maiores que 50 quilômetros, o que produz, portanto, elevados tempos de viagem, iguais para todos os grupos sociais, como produto da estrutura territorial. Estudos desenvolvidos pela Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro destacam que o tempo médio de viagem casa-trabalho na RMS é de 128 minutos e que 806.905 pessoas enfrentam mais de 30 minutos de trânsito por dia, assim como, os custos destes deslocamentos representam 4,6% do PIB metropolitano (FIRJAN, 2015). Nesse contexto, a cidade de Salvador atrai 75,42% das viagens residência-trabalho da RMS. No presente estudo utilizamos dados da Pesquisa O/D de 2012, pois esta contém os últimos dados consolidados disponíveis, a pesquisa origem – destino de 2023, mais recente, está sob revisão, não sendo ainda liberada para uso.

A velocidade média do transporte por ônibus é muito baixa. Segundo dados do Plano de Mobilidade da Cidade de Salvador – Planmob, a velocidade média do transporte público por ônibus é de 16,5 Km/h (PMS, 2017), podendo se reduzir a 11,6 Km/h se nenhuma ação for efetuada, no cenário de curto prazo. Historicamente, a ineficiência do sistema de transporte público por ônibus, o crescimento alarmante da motorização individual e dos projetos imobiliários fortemente voltados para a cultura do automóvel, assim

Avaliação do Potencial TOD: Cenários por avaliação...

J. P. MORENO DELGADO, R. MARTINS ALVES Y G. MANSO ÁVILA

como, a falta de controle urbano (regulação do solo urbano e dos atores), provocaram a dispersão das atividades urbanas na metrópole, ampliando as distâncias existentes.

O projeto do Metrô da Região Metropolitana de Salvador iniciado no ano 2000 enfrentou diversos atrasos ao longo dos anos. A primeira linha foi inaugurada parcialmente em 2014 e, desde então, a expansão e melhorias do sistema continuam. Atualmente, o Metrô de Salvador possui 14 estações em operação, a implantação do sistema foi um investimento do estado da Bahia estimado em cerca de 3,5 bilhões de reais. Por outro lado, o BRT de Salvador possui 12 estações, operando na área urbana central da cidade interligando ambas as centralidades metropolitanas, Lapa e Iguatemi. A implantação deste BRT teve um custo aproximado de R\$ 1,4 bilhões de reais, investimento direcionado à construção de faixas, estações e outras infraestruturas de apoio. Estas 26 estações configuram a Rede atual do sistema, em estudo. A Rede futura será constituída por aproximadamente 32 novas estações de VLT que serão implantadas até 2026, na parte central e norte da cidade de Salvador, representando um investimento de 3,6 bilhões de reais.

## Metodologia

Conforme mencionado, os empreendimentos e/ou projetos TOD pertencem a diferentes contextos, entretanto a problemática relativa à sua implementação apresenta, no sul global, vários fatores em comum. No intuito de aproximar a abordagem de potencial TOD da realidade das cidades latino-americanas, foi desenvolvida uma proposta metodológica estruturada em cinco etapas:

**Etapas 1.** Inicialmente procurando compreender melhor as relações Rede-Território, na cidade em estudo, foi realizado um levantamento bibliográfico de base sobre o desenvolvimento urbano orientado ao transporte público: tipologias de abordagem, fatores, indicadores e condicionantes, assim como, experiências TOD em países do Sul Global. Nesta etapa foram obtidos os principais fatores reconhecidos na literatura internacional associados à viabilização de projetos TOD em países em vias de desenvolvimento.

**Etapas 2.** Foi efetuado um levantamento cartográfico e de informações georreferenciadas (em forma de mapas, arquivos vetoriais ou *raster*, fotografias etc.) em função dos fatores de interesse para a relação transporte e uso do solo, num contexto de estudos TOD, tendo por referência a literatura e a opinião dos especialistas, ou seja, o marco teórico.

**Etapas 3.** Com as informações obtidas da etapa 2 foi construída uma base de dados georreferenciada utilizando um sistema de informação geográfica livre, objetivando espacializar e analisar os fatores da relação Transporte – Uso do Solo, de interesse para a pesquisa, no contexto de um estudo de potencial TOD.

**Etapas 4.** Nesta etapa e partindo dos fatores identificados na literatura como de maior destaque, foi efetuado um ensaio em ambiente SIG, no qual os fatores (mapas) foram integrados tendo por base uma abordagem baseada na avaliação multicritério em ambiente SIG (AMC-SIG). A estrutura do processo de previsão está organizada em três submódulos: **a)** pré-processamento, **b)** análise e previsão e **c)** avaliação (discussão

Avaliação do Potencial TOD: Cenários por avaliação...  
J. P. MORENO DELGADO, R. MARTINS ALVES Y G. MANSO ÁVILA

dos resultados). Cada fator - mapa escolhido foi pre-processado, ou seja, foi construído a partir de dados secundários existentes ou a partir de uma teoria reconhecida, para posteriormente serem normalizados (entre 0 e 1) e/ou fuzzyficados (Zadeh, 1965; Bonham-Carter, 1994) visando a sua integração. Os mapas foram ponderados considerando a opinião de especialistas (gestores, especialistas – pesquisadores e consultores) brasileiros e locais, a partir do preenchimento de uma matriz AHP (*Analytical Hierarchical Process*) por cada um (Saaty, T. L., 2008). Estes especialistas foram consultados com uma pergunta base dirigida à identificação e avaliação de áreas com potencial TOD na cidade de Salvador. Finalmente, a integração dos mapas mediante AMC-SIG viabiliza compreender melhor o papel de cada fator elencado como condicionante ou barreira para a implementação de projetos TOD. Nesta avaliação a base de dados é consultada nas áreas com maior ou menor potencial TOD, implementando um processo de aprendizagem em ambiente SIG, revelando relações de causalidade.

**Etapla 5.** Como produto do processo de aprendizagem é construída uma síntese final, visando responder duas perguntas: **a.** as áreas com potencial TOD identificadas podem estar associadas ou não à configuração atual (ou futura segundo os projetos) da Rede de Transporte Público de alta capacidade que está sendo implementada na cidade; e **b.** qual o papel da rede de transporte (atual e futura) para promover o TOD e a equidade na mobilidade da cidade de Salvador, BA.

## Resultados e discussão

Esta etapa tem por finalidade identificar as principais áreas com Potencial TOD na cidade de Salvador, Bahia, Brasil, por conseguinte, foi efetuado um ensaio onde os diversos fatores (traduzidos em mapas) selecionados na literatura, foram integrados mediante uma abordagem baseada na avaliação multicritério (AMC) em ambiente SIG (AMC-SIG). Seguiremos as etapas descritas na metodologia.

### Seleção dos fatores

Índices TOD em geral, resultam da agregação de indicadores, de forma generalizada ou por dimensões, onde a identificação adequada dos fatores de base ou variáveis TOD é uma etapa fundamental. Estes fatores traduzidos em indicadores, possuem importância crucial nos aspectos metodológicos dos estudos TOD, visando identificar em que situação - estado se encontra uma eventual localização da cidade, sobre a qual está sendo avaliado o **potencial TOD**. Os seis fatores selecionados foram descritos na Tabela 2 da revisão da literatura: **1.** Demanda por transporte público; **2.** Integração modal; **3.** Distancia ao transporte público; **4.** Concentração de emprego; **5.** Diversidade do uso do solo; e **6.** Segurança no transporte público.

### Hierarquização dos fatores

Os seis fatores inicialmente selecionados a partir da literatura foram ponderados por meio de uma matriz multicritério de comparação par a par, baseada na escala hierárquica de Saaty (2008), conforme descrito na metodologia. Cinco especialistas, consultores, gestores públicos e acadêmicos, previamente selecionados, seguindo os critérios indicados na metodologia foram consultados para avaliar a importância de

Avaliação do Potencial TOD: Cenários por avaliação...

J. P. MORENO DELGADO, R. MARTINS ALVES Y G. MANSO ÁVILA

cada fator na identificação das áreas com Potencial TOD, na cidade de Salvador, Bahia. Eles responderam a uma questão central: “Qual critério tem maior importância para a ocorrência de um eventual Potencial TOD em determinadas áreas da cidade de Salvador, comparando um em relação ao outro?”.

Estes especialistas respondem aos seguintes perfis: O consultor 1 é arquiteto urbanista, consultor internacional com experiência em gestão pública, especialista em Mobilidade urbana pelo Banco Mundial e Agencia Francesa de Desenvolvimento, assim como, possui experiência na implantação de empreendimentos TOD. O consultor 2 é economista, consultor internacional, possui experiência em gestão pública, atua na área da economia dos transportes e possui doutorado em engenharia dos transportes. O Gestor 1 é urbanista e advogado, gestor público municipal na área de urbanismo, com mestrado em direito urbano. O Gestor 2 é engenheiro, gestor público municipal na área de transporte público, com doutorado em engenharia dos transportes. Finalmente, o especialista da área acadêmica é urbanista, professor universitário, pesquisador e possui doutorado em planejamento urbano, com o tema TOD.

A seguir apresenta-se na Tabela 4 uma síntese da matriz multicritério individual, que foi aplicada junto a cada especialista. Nesta matriz foram inseridas as definições, conceitos, descritores linguísticos, avaliação numérica equivalente, a pergunta objetivo central e os 6 critérios ou fatores, visando facilitar a sua utilização. No extremo direito pode-se observar o vetor somatório final, ou coluna dos pesos, o qual traduz a percepção da importância dos fatores, para determinado especialista (em cor verde claro). Todos os especialistas foram assistidos para o preenchimento da matriz.

Tabela 4. Exemplo de Matriz multicritério individual. Fonte: Elaborado pelos autores

Objetivo / pergunta:	Qual critério tem maior importância para a ocorrência de um eventual Potencial TOD em determinadas áreas da cidade de Salvador, comparando um em relação ao outro?						Soma	Pesos
	1)	2)	3)	4)	5)	6)		
<b>1) Demanda por Transporte Público</b>	1	5	1	1	0,33333	5	13,33	<b>0,21</b>
<b>2) Integração Modal</b>	0,2	1	5	0,33333	3	1	10,53	<b>0,17</b>
<b>3) Distância ao Transporte Público</b>	1	0,2	1	0,2	0,2	1	3,60	<b>0,06</b>
<b>4) Concentração de emprego</b>	1	3,00003	5	1	1	5	16,00	<b>0,26</b>
<b>5) Diversidade do uso do solo</b>	3,00003	0,33333	5	1	1	5	15,33	<b>0,25</b>
<b>6) Segurança no Transporte Público</b>	0,2	1	1	0,2	0,2	1	3,60	<b>0,06</b>
							<b>62,40</b>	<b>1,00</b>

Após a obtenção dos resultados parciais de cada matriz multicritério por especialista, estes cinco (5) vetores somatórios (um por cada especialista) foram somados e normalizados. Assim, obtém-se a hierarquização (peso final) de cada fator em estudo, a qual pode-se observar na Tabela 5.

Em síntese, os fatores “Concentração de Emprego” (F4) e “Diversidade do Uso do Solo” (F5) atingiram o maior peso entre os respondentes ( $p=0,21$ ), evidenciando a importância destes fatores na relação transporte e uso do solo, para a cidade de Salvador. O segundo maior peso está relacionado à “Segurança no Transporte Público” ( $p=0,17$ ), que atingiu valor bastante próximo ao quarto colocado, “Integração Modal” ( $p=0,16$ ). O quinto colocado foi “Distância ao Transporte Público” ( $p=0,13$ ) e o sexto foi “Demanda por Transporte Público” ( $p=0,12$ ).

Avaliação do Potencial TOD: Cenários por avaliação...  
J. P. MORENO DELGADO, R. MARTINS ALVES Y G. MANSO ÁVILA

Tabela 5. Resultado final da avaliação multicritério. Fonte: elaborado pelos autores

Critério / Fator	Cons 1	Cons 2	Gest 1	Gest 2	Acad	som	Pesos
1) Demanda por Transporte Público	0,21	0,25	0,03	0,07	0,03	0,60	0,12
2) Integração Modal	0,17	0,24	0,14	0,10	0,16	0,81	0,16
3) Distancia ao Transporte Público	0,06	0,17	0,03	0,21	0,18	0,65	0,13
4) Concentração de emprego	0,26	0,17	0,20	0,13	0,27	1,03	0,21
5) Diversidade do uso do solo / atividades	0,25	0,07	0,24	0,26	0,26	1,07	0,21
6) Segurança no Transporte Público	0,06	0,11	0,35	0,22	0,11	0,85	0,17
							1,00

Após os fatores de interesse serem selecionados e ponderados, a etapa seguinte, consiste na realização de todas as operações de geoprocessamento na base de dados SIG, dirigidas à obtenção dos mapas raster (imagens) destes fatores, com o intuito da sua posterior integração.

### O Pré-processamento

O processo de criação da base de dados, a ser utilizada nessa aplicação, passou por 3 etapas: **1.** Construção da rede que melhor possa representar o percurso dos principais corredores de sistema de transporte coletivo da cidade; **2.** Levantamento das informações existentes associadas à rede de transporte e ao território; **3.** Edição dos dados e, quando necessário, pré-processamento e edição.

A maioria dos dados obtidos relativos às ligações e nós, puderam ser editados diretamente na base, porém alguns fatores tiveram que passar por um pré-processamento ou classificação até tomar a configuração definitiva para a integração por AMC-SIG. Com essa finalidade efetua-se algumas operações de transformação espacial nos dados. A base de dados SIG foi produzida principalmente a partir das informações da pesquisa Origem e Destino da Região Metropolitana de Salvador, realizada em 2012, organizada por zonas e subzonas de tráfego. Os dados da Rede, ligações e estações foram atualizados ao ano de 2022, descrevendo-se um cenário atual e futuro para a rede e estações de transporte público.

No relativo ao fator ***Demanda por Transporte Público***, este indicador foi construído visando representar o volume da demanda por transporte público para todas as subzonas da cidade. Neste caso, a intensidade ou volume de viagens para cada subzona de tráfego foi obtido pelo somatório de todas as viagens produzidas com todas as viagens atraídas por cada subzona, dividido pela área em hectares da subzona, segundo a equação 1.

$$Demanda TP = \frac{V Prod + V Atra}{Area Ha} \quad (1)$$

No mapa preliminar de base da Figura 1 observa-se uma grande discrepância devido aos elevados valores de demanda apresentados pelas centralidades já existentes, portanto, foram definidos intervalos de classificação que ajudem a definir melhor o grau de aptidão no interior deste fator (mapa) para a ocorrência do processo espacial em análise, o potencial TOD. Com esta finalidade, foram construídas regras de decisão fuzzy, ou seja, uma função de pertinência, com o módulo fuzzy do QGis. Nesta função o valor

Avaliação do Potencial TOD: Cenários por avaliação...  
J. P. MORENO DELGADO, R. MARTINS ALVES Y G. MANSO ÁVILA

de aptidão crescerá com o aumento do índice e atingirá um máximo (valor igual a 1) próximo ao valor de demanda característico das áreas centrais (1903.53 viagens/Ha) uma demanda muito alta, própria das centralidades. Tal função é melhor descrita por uma função linear (ver Figura 1) com ela é construído o mapa *raster* final normalizado de 0 a 1 (ver Figura 2).

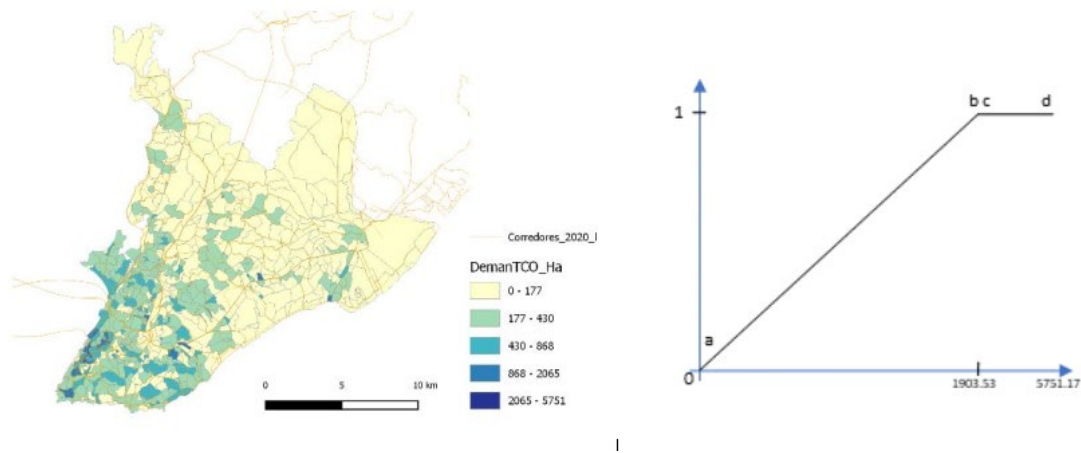


Figura 1. Demanda por Transporte Público e a sua função fuzzy - Fonte: elaborado pelos autores.

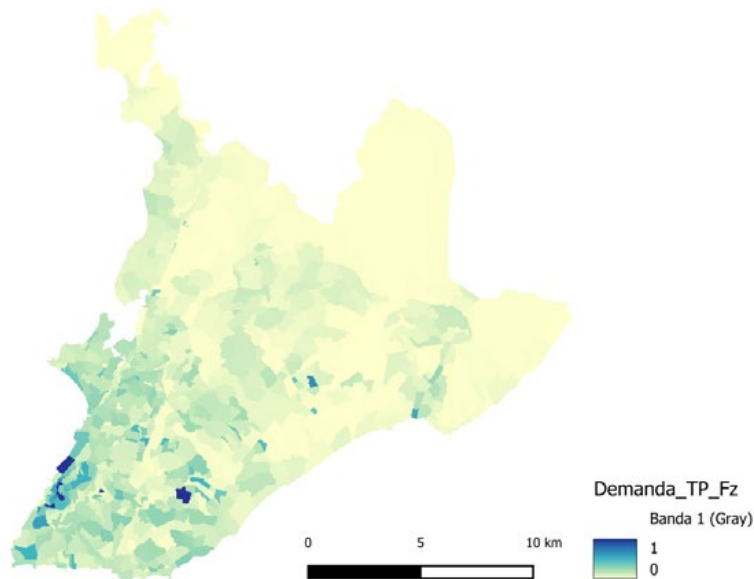


Figura 2. Mapa final da Demanda por Transporte Público. Fonte: elaborado pelos autores.

Para o cálculo do fator **Integração Modal**, o indicador de base foi construído a partir de uma adaptação de Chorus e Bertolini (2016), no qual eles procuravam "... o número de linhas de ônibus que partiam da estação". Para o caso desta pesquisa foram considerados todos os nós da rede estudada, possuindo ou não estação implementada, visando medir o seu potencial atual, de modo que todas as linhas de ônibus em operação em 2022 (informação disponível) que passavam por cada nó foram computadas para o

Avaliação do Potencial TOD: Cenários por avaliação...  
J. P. MORENO DELGADO, R. MARTINS ALVES Y G. MANSO ÁVILA

cálculo do indicador (ver Figura 3 parte esquerda). Esta informação foi calculada e alocada a todos nós da rede e normalizada de 0 a 1. Finalmente efetua-se uma transformação por geoprocessamento, ou seja, a interpolação dos valores correspondentes aos nós da rede, obtidos na etapa anterior. Com esse fim, utilizamos os dados das coordenadas e atributos numéricos fornecidos pelo conjunto de nós, sendo a superfície delimitada posteriormente pelas coordenadas de um mapa raster de referência. O procedimento de interpolação utilizado foi o *distance-weighted average*, dessa forma se obteve o mapa raster final do fator Integração Modal (ver Figura 3).

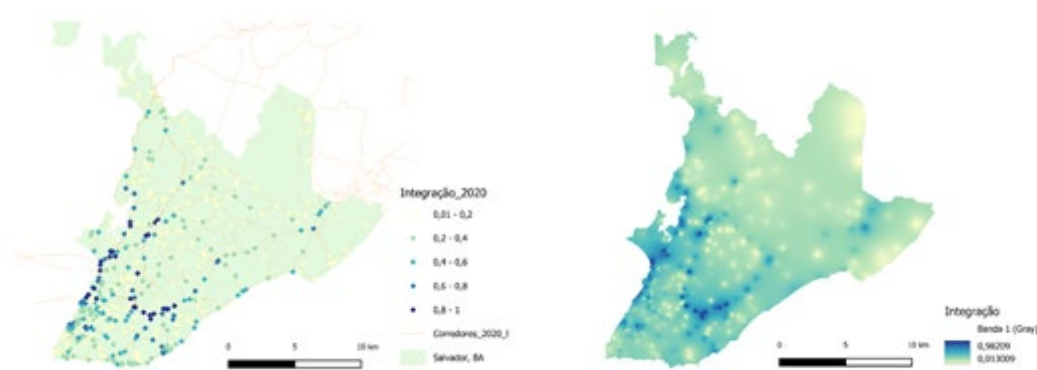


Figura 3. Indicador da Integração Modal por cada nó e Mapa final do fator Integração Modal - Fonte: elaborado pelos autores.

O fator **Distância ao Transporte Público** exigiu a criação de isócronas que descrevam o melhor possível o tempo médio de viagem de um pedestre, na procura dos pontos de conexão considerando a topografia da cidade de Salvador. Com esta finalidade utilizou-se uma base de pontos de ônibus georreferenciados a qual foi sobreposta a um mapa da Declividade Média dos diferentes trechos da rede viária da cidade de Salvador, fornecida pela SEMOB-PMS (ver Figura 4 parte da esquerda).

A geração de isócronas a partir dos pontos de ônibus foi processado por meio do complemento Valhalla do QGIS, e foram geradas 3 superfícies, colocando três regras neste complemento: **1.** gerar isócronas a 5 e 10 minutos, onde estas superfícies considerem uma velocidade de caminhada de 4 Km/h nos pontos de ônibus que correspondam a regiões cujos trechos tenham declividade até 8% (áreas em cor verde, no mapa, mais planas); **2.** gerar isócronas a 5 e 10 minutos, considerando uma velocidade de caminhada de 3 Km/h (Sun *et al.*, 1996) nos pontos de ônibus que correspondam a regiões cujos trechos tenham declividade superior a 8% (áreas em cor laranja, no mapa, mais acidentadas e íngremes); e, **3.** as áreas residuais com certeza terão um tempo de viagem maior a 10 minutos. Esse processo resultou na obtenção de 3 mapas vetoriais shape, os quais foram fusionados em um único mapa vetorial. Posteriormente foi alocada uma nota de aptidão TOD relativa à distância de caminhada ao transporte público a cada superfície: para as isócronas (superfícies) a 5 minutos nota 1.0 (ótimo), para as isócronas a 10 minutos nota 0.7 (aceitável) e para os tempos de viagem maiores nota 0.4, baseado nos critérios de Calthorpe (1993). Finalmente o mapa vetorial foi rasterizado com a mesma resolução dos mapas anteriores e pode ser observado na Figura 4 à direita.

Avaliação do Potencial TOD: Cenários por avaliação...  
J. P. MORENO DELGADO, R. MARTINS ALVES Y G. MANSO ÁVILA



Figura 4. Pontos de ônibus sobre a Declividade Média na cidade de Salvador e Mapa final do fator Distância ao Transporte Público. Fonte: elaborado pelos autores.

No caso do fator **Concentração de Emprego** se evidenciou falta de dados atualizados, portanto, utilizou-se as viagens atraídas ao longo do dia, por motivo trabalho, da pesquisa origem destino de 2012, como proxy desta variável, a qual deve considerar os empregos formais e informais, na cidade. Neste mapa preliminar se observou também grandes discrepâncias devido à elevada concentração espacial dos valores de emprego apresentados pelas centralidades existentes (ver figura 5), portanto, foi necessário definir melhor o grau de aptidão no interior deste fator para a ocorrência do processo espacial em análise.

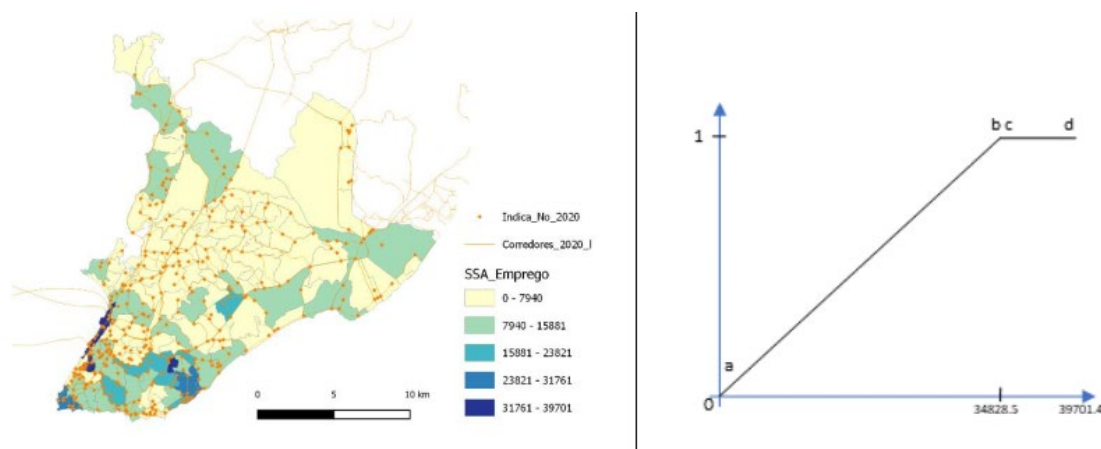


Figura 5. Concentração de Emprego e a sua função fuzzy. Fonte: Elaborado pelos autores.

Foi construída uma regra de decisão fuzzy, ou seja, uma função de pertinência, com o módulo fuzzy do QGis. Nesta função o valor de aptidão cresce com o aumento do índice de emprego e atinge um máximo (valor igual a 1) onde o valor do emprego coincide com aquele das áreas centrais (34828.5 empregos, centros do Iguatemi e Lapa) concentração muito alta. Tal função é melhor descrita por uma função linear (ver figura 5) com ela é construído o mapa final normalizado de 0 a 1 (ver Figura 6).

Avaliação do Potencial TOD: Cenários por avaliação...  
J. P. MORENO DELGADO, R. MARTINS ALVES Y G. MANSO ÁVILA

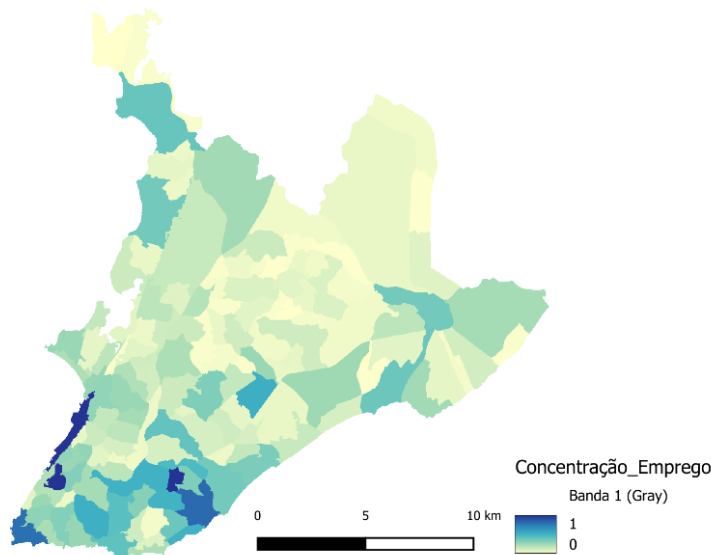


Figura 6. Mapa final da Concentração de Emprego. Fonte: elaborado pelos autores.

No relativo ao fator **Diversidade do Solo**, frente à falta de dados relativos à área ocupada por tipo de atividade urbana optou-se, portanto, em utilizar a base da pesquisa origem-destino. Nesta base temos as viagens atraídas, por diferentes motivos, para cada subzona, o qual viabiliza termos um proxy da diversidade de oportunidades urbanas por unidade espacial (Brito, 2022). Nesse aspecto a relação transporte - uso do solo fundamenta: como o deslocamento é uma demanda derivada da necessidade de alcançar atividades, a presença de viagens atraídas por determinado motivo é um indicativo da oferta de oportunidades urbanas nesse local e a sua diversidade.

O indicador de diversidade de uso do solo fora adaptado do índice de entropia de Cervero & Kochelman (1997) comumente utilizado para averiguar o equilíbrio entre as áreas ocupadas pelos diferentes tipos de atividades urbanas (ver equação 2).

$$Entropia = \frac{-\sum_{k=1}^{k=5} P_k * \ln(P_k)}{\ln(k)} \quad (2)$$

Onde  $p_k$  corresponde à proporção de viagens atraídas pelo motivo  $k$ , ao passo que  $K$  é igual à soma do total das viagens atraídas. Foram 5 as atividades urbanas avaliadas por cada subzona: residencial; comercial; industrial; de ensino; e serviços. Para isso, as viagens foram agregadas de acordo com os 5 motivos (atividade destino). Quanto maior a Entropia, esta se aproxima da unidade e maior é a diversidade na oferta de oportunidades das diferentes atividades urbanas. O índice de entropia é adimensional, ou seja, não depende da entrada de mais variáveis por unidades de área. Este índice foi calculado na base de dados e posteriormente o mapa vetorial foi convertido a um mapa raster (ver figura 7), o qual foi classificado em uma rampa de cores bipolar.

Avaliação do Potencial TOD: Cenários por avaliação...  
 J. P. MORENO DELGADO, R. MARTINS ALVES Y G. MANSO ÁVILA

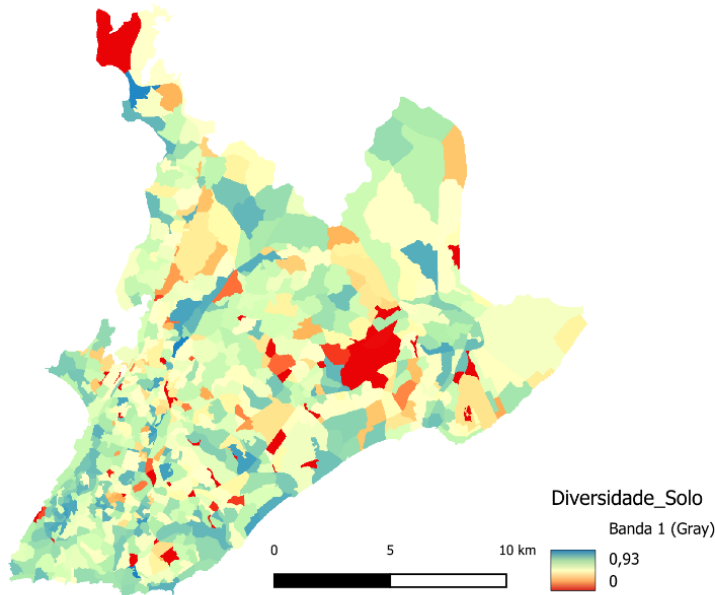


Figura 7. Mapa final do indicador Diversidade do Solo. Fonte: elaborado pelos autores.

O fator **Segurança no Transporte Público** foi obtido a partir do trabalho de Bittencourt *et al.* (2017) e de Bittencourt, D. C (2016). Este mapa foi resultado de uma análise multicritério em SIG, onde foram considerados os seguintes fatores identificados pelos especialistas (gestores, agentes policiais e pesquisadores envolvidos no combate ao roubo em ônibus) como sendo os que mais influenciam na ocorrência de roubo em ônibus, na cidade de Salvador: F1 - proximidade a locais que facilitam a fuga; F2 - ausência de policiamento; F3 - maior frequência de ônibus; F4 - grande movimentação de pessoas; e F5 - proximidade a pontos de tráfico de drogas. A partir da aplicação de uma matriz de prioridade, os especialistas ponderaram cada fator em relação ao outro, em uma comparação par a par. Na AMC - SIG o produto dos pesos dos fatores pelos valores de cada atributo nos 5 mapas parciais determinou o mapa síntese denominado “potencial de roubos”, ou seja, o perigo, grau de insegurança no transporte público, nesse quesito (ver Figura 8) o potencial oscila entre 0.04 e 0.86.

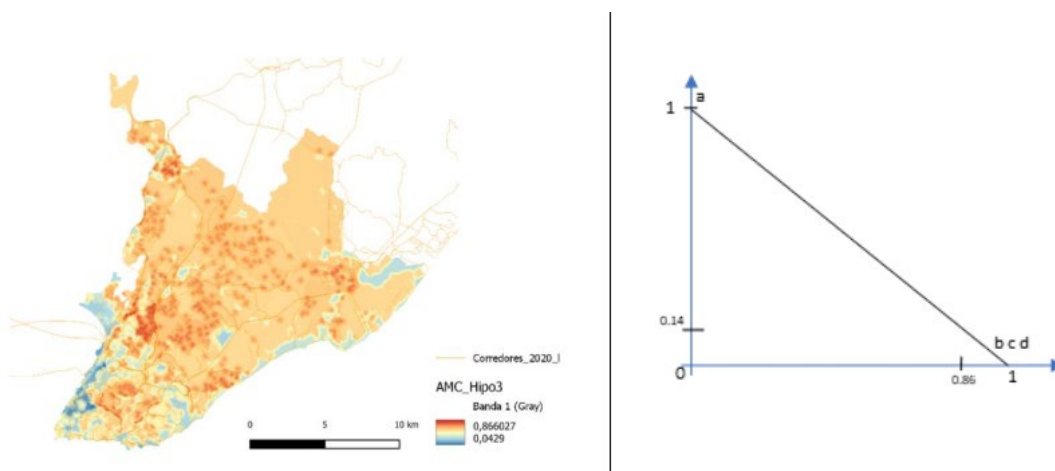


Figura 8. Insegurança no Transporte Público e a sua função fuzzy. Fonte: elaborado pelos autores.

Avaliação do Potencial TOD: Cenários por avaliação...  
J. P. MORENO DELGADO, R. MARTINS ALVES Y G. MANSO ÁVILA

Foi necessário definir melhor o grau de aptidão pois para a ocorrência do processo espacial em análise, o potencial TOD, interessa identificar os locais mais seguros. Portanto, foi construída uma função de pertinência, com o módulo fuzzy do QGis, considerando as informações, uma função linear decrescente. Nesta função o valor de aptidão decresce linearmente (ver figura 8 à direita) de 1 até 0 com o aumento do índice de insegurança e atinge um mínimo (valor próximo a 0) onde o valor de insegurança é o mais alto, próximo daquele das áreas mais perigosas (0.866). Com esta função se realiza a classificação fuzzy do mapa raster de insegurança obtendo-se o mapa raster final, ou seja, o fator segurança normalizado de 0 a 1 (ver Figura 9).

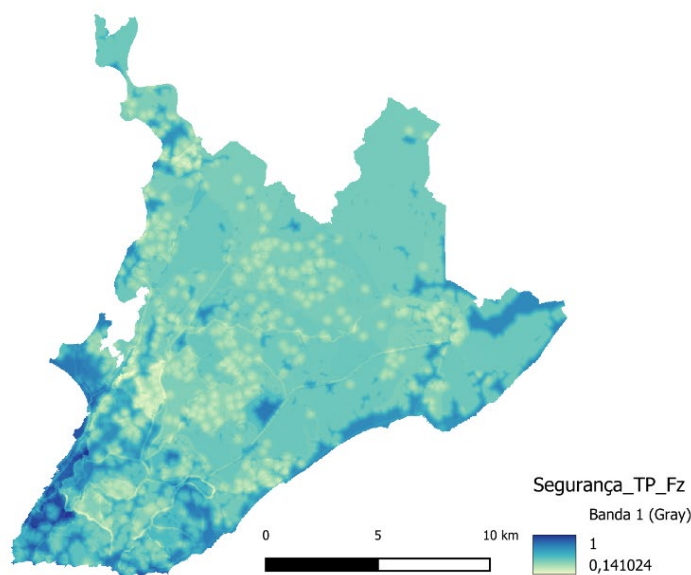


Figura 9. Mapa final da Segurança no Transporte Público - Fone: elaborado pelos autores.

### A integração dos Fatores

Os fatores - mapas processados estão relacionados teoricamente com o processo em análise, identificar áreas com maior - menor potencial TOD, na cidade. Mediante uma matriz AHP especialistas outorgaram diferentes pesos relativos para cada um dos fatores (mapas). O peso indica a importância relativa de cada fator - mapa em relação aos demais para um processo específico. Finalmente, os fatores mapeados foram integrados mediante análise multicritério pelo método de combinação linear ponderada, em ambiente SIG, seguindo a equação seguinte:

$$\text{Potencial TOD SSA} = (0.21 * \text{Concentração de emprego}) + (0.21 * \text{Diversidade do Uso do Solo}) + (0.17 * \text{Segurança no Transporte Público}) + (0.16 * \text{Integração Modal}) + (0.13 * \text{Distancia ao Transporte Público}) + (0.12 * \text{Demanda por Transporte Público}) \quad (3)$$

Esta equação foi inserida na calculadora de mapas do QGis, estando todos mapas no mesmo sistema de coordenadas Sirgas2000 / UTM24S, com o mesmo número de linhas e colunas, ou seja, com a mesma resolução de base (um pixel de 20 m. x 20 m.). Finalmente, se efetua a operação de integração, obtendo-se o mapa síntese final que destaca as áreas com maior Potencial TOD na cidade (ver figura 10), o qual foi classificado em

Avaliação do Potencial TOD: Cenários por avaliação...  
J. P. MORENO DELGADO, R. MARTINS ALVES Y G. MANSO ÁVILA

uma rampa de cores bipolar, para uma melhor visualização. A seguir se efetuará uma análise global deste mapa síntese.

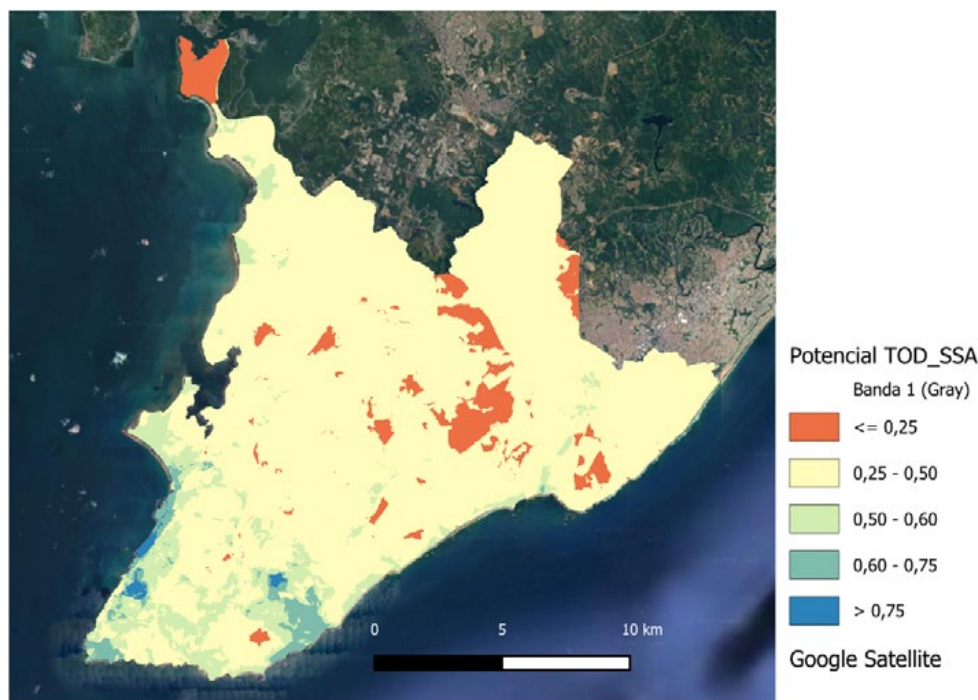


Figura 10. Mapa final do Potencial TOD na cidade de Salvador - Fonte: elaborado pelos autores.

Preliminarmente pode-se observar que a maior concentração de áreas com **potencial TOD** (acima de 0.75) evidentemente coincide com as centralidades metropolitanas: o Centro tradicional e o bairro do Comercio, assim como, com o subcentro Iguatemi (Caminho das Arvores), ambos na parte sul da península. O mapa confirma como a cidade de Salvador é muito desigual e fortemente concentrada, o peso da ponta da península consolidada historicamente é determinante. As regiões com **potencial relativo**, que poderiam receber intervenções ou políticas TOD visando canalizar investimentos futuros e planejamento (em azul mais claro, com um índice entre 0.6 e 0.75) predominantemente abrangem também os bairros com maior infraestrutura e renda: a Barra no extremo sul, Pituba - Amaralina e um corredor linear litorâneo entre o Comercio e o bairro da Calcada (ver os destaques no mapa de bairros, figura 11), ou seja, uma área de influência envolvente às centralidades em direção aos bairros de classe média. Por conseguinte, as áreas com potencial TOD estão concentradas apenas em regiões centrais e consolidadas. Evidenciam-se dois núcleos menores com **Potencial TOD relativo** (entre 0.60 e 0.75) fora da área urbana central nos bairros da Liberdade e Itapuã, o qual abre possibilidades interessantes de análise, visando uma futura descentralização de atividades urbanas via políticas integradas TOD, o qual será avaliado com maior profundidade em conjunto com as regiões que apresentam um Potencial TOD acima da média ou incipiente (com um índice entre 0.50 e 0.60).

O mapa de Potencial TOD apresentado reflete uma elevada restrição de áreas candidatas para a aplicação de políticas de transporte público direcionadas à promoção

Avaliação do Potencial TOD: Cenários por avaliação...  
J. P. MORENO DELGADO, R. MARTINS ALVES Y G. MANSO ÁVILA

do desenvolvimento urbano. Observa-se no espaço urbano a cristalização da falta de integração das políticas públicas de transporte e uso do solo, dirigidas a reduzir as inequidades existentes, ou seja, a desigualdade de acesso às atividades urbanas para os diversos grupos sociais, seja como pedestre, seja como usuário dos modos de transporte sustentáveis. Está-se à frente de uma cidade que estruturalmente produz distâncias para todos os deslocamentos, cenário que favorece uma maior dependência em relação às soluções motorizadas para o transporte, ou seja, promove o crescimento da cultura do automóvel.

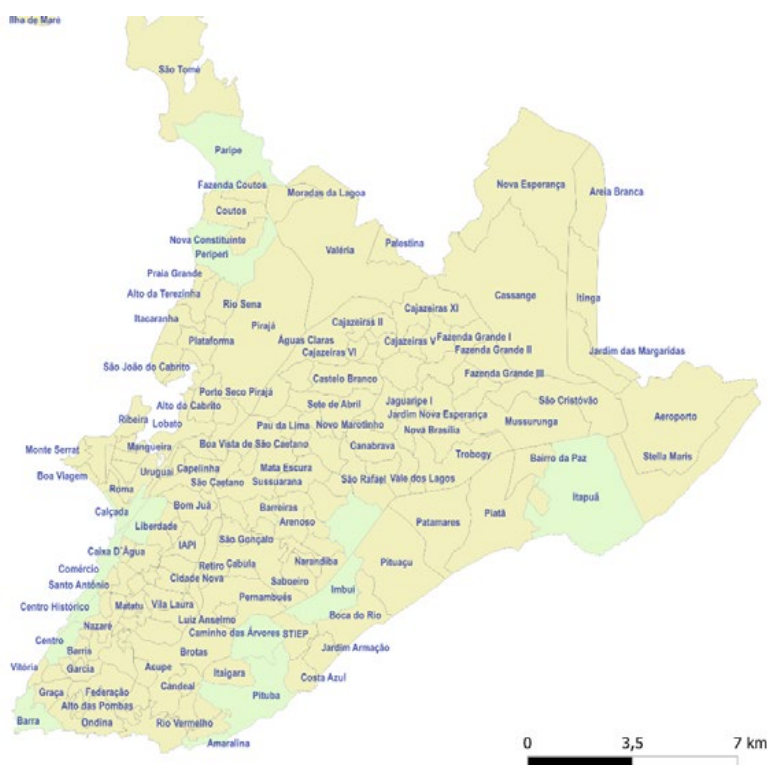


Figura 11. Mapa destacando os bairros da cidade de Salvador citados - Fonte: elaborado pelos autores

### ***As áreas com Potencial TOD identificadas: principais características e processo de aprendizagem***

O mapa de Potencial TOD obtido como produto da AMC–SIG está associado a uma ampla base de dados, estruturando um processo de aprendizagem permanente, mediante a consulta ou sobreposição de diversas variáveis ou fatores. A seguir serão efetuadas três análises complementares: **a)** a comparação das áreas de Potencial TOD identificadas com os grandes projetos de Transporte Público existentes e em andamento; **b)** a identificação de áreas com Potencial TOD fora da área urbana central; e **c)** a identificação dos fatores determinantes do Potencial TOD nestas áreas. Este ensaio possibilita avaliar a eficácia dos investimentos públicos no setor, em regiões metropolitanas de países em desenvolvimento, assim como, possibilitará observar o papel das variáveis de transporte - uso do solo em questão, visando orientar políticas futuras.

Como produto da sobreposição do mapa de Potencial TOD de Salvador com as Estações de Transporte Público existentes (Metrô e BRT) observa-se que apenas três coincidem

Avaliação do Potencial TOD: Cenários por avaliação...  
J. P. MORENO DELGADO, R. MARTINS ALVES Y G. MANSO ÁVILA

com regiões de potencial TOD (sendo elas áreas centrais), duas se localizam em áreas de potencial TOD relativo e 18 delas estão localizadas em regiões sem potencial TOD (abaixo de 0,50, ver figura 12). Portanto, 50% das estações necessitam atualmente uma maior inserção urbana (física, social e econômica) com a cidade, mediante uma abordagem integrada de transporte e uso do solo. No curto prazo, evidencia-se um grave problema pois estas infraestruturas deveriam induzir o desenvolvimento urbano atraindo atividades e investimentos, não havendo diretrizes nesse sentido (melhorias na integração modal, microacessibilidade, alocação de complexos habitacionais de interesse social próximos, etc).

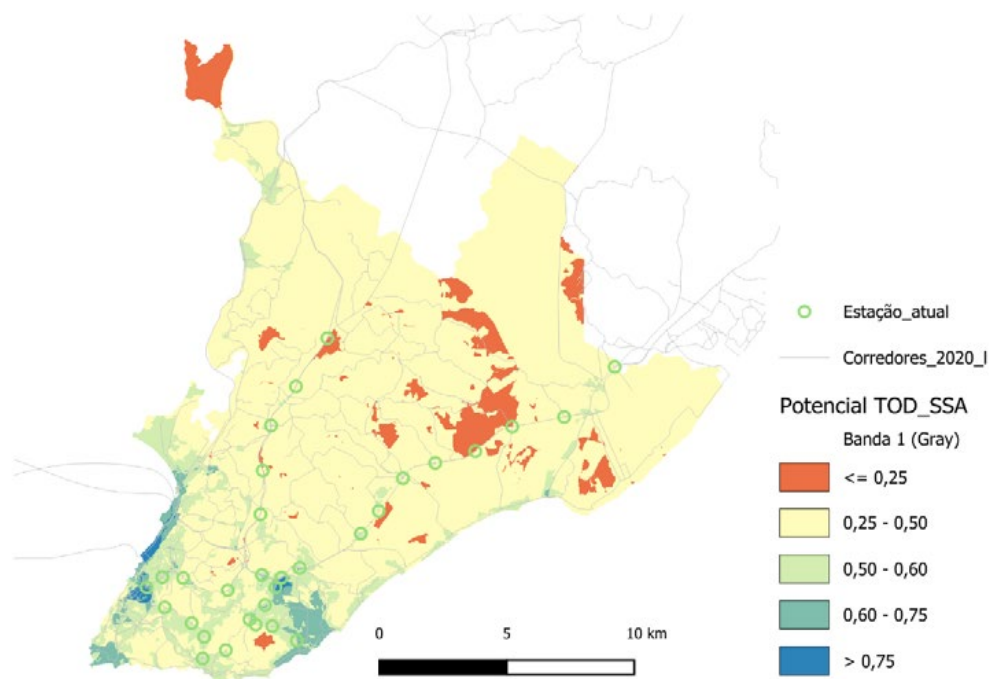


Figura 12 - Potencial TOD em Salvador: comparação com as estações de Transporte Público existentes – Metrô e BRT. Fonte: elaborado pelos autores.

Este cenário se amplifica quando realizada a sobreposição do mapa de Potencial TOD com as estações futuras do Transporte Público, principalmente de VLT, Metrô e BRT (ver figura 13). Aproximadamente 32 novas estações de VLT serão implantadas no curto prazo, na parte norte da cidade, pelo governo do Estado, representando um investimento de 3,6 bilhões de reais, até 2027. Este cenário futuro coloca a certeza de se estar à frente de um tradicional problema de localização. Evidentemente a ausência de uma abordagem integrada de transporte - uso solo na alocação espacial destes investimentos poderá produzir impactos negativos na produção do espaço urbano na cidade e na escala metropolitana. A área de influência e o número das estações de transporte público praticamente duplicará na cidade, entretanto, não se verificam políticas urbanas ou empreendimentos dirigidos a modificar o padrão atual de ocupação e uso do solo, nestas regiões, ou seja, os fatores TOD associados ao uso do solo (por exemplo, a alocação de projetos habitacionais próximos, visando densificar e produzir demandas futuras para o transporte público).

Avaliação do Potencial TOD: Cenários por avaliação...  
J. P. MORENO DELGADO, R. MARTINS ALVES Y G. MANSO ÁVILA

Particularmente na Região Metropolitana de Salvador evidencia-se a consolidação de um processo insustentável, mediante o qual vultosos investimentos na rede de transporte de média-alta capacidade não estão adequadamente localizados. Observa-se que estações e linhas serão implantados, em geral, em regiões menos atrativas, com menor vocação para induzir o desenvolvimento urbano desejado (em termos de microacessibilidade, integração, emprego, densidade, diversidade do solo, demanda e segurança), ao passo que regiões com maior potencial para receber essas infraestruturas de forma sustentável não foram consideradas ou receberão tecnologias aquém de suas necessidades. Em síntese, o traçado das Redes e a localização dos Nós destas Redes (as estações) além de não contemplar a opinião dos grupos sociais envolvidos, não viabilizam as condições básicas de macroacessibilidade e microacessibilidade.

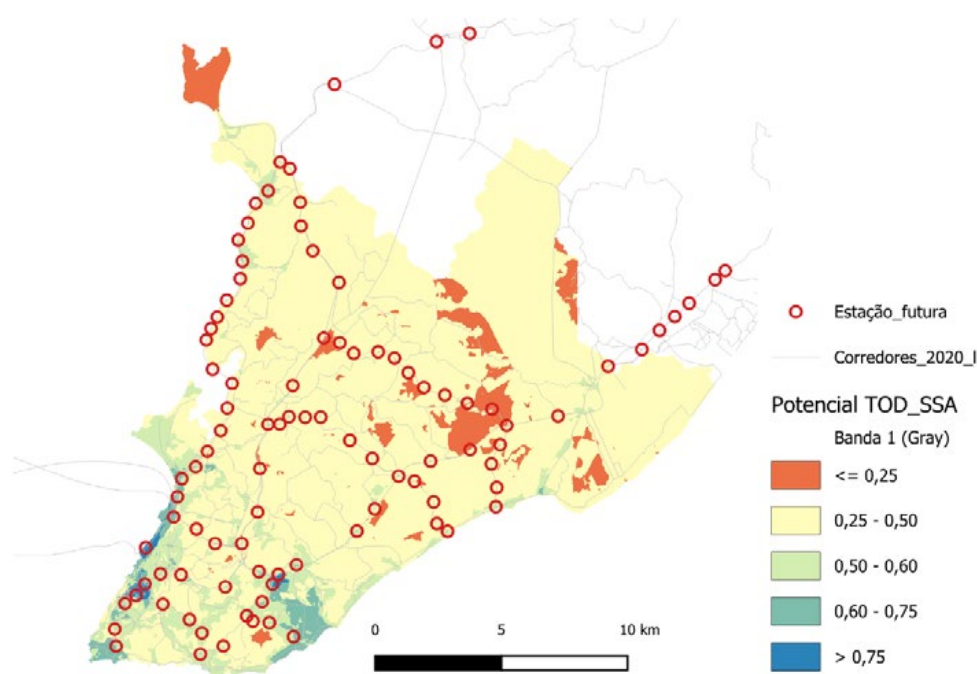


Figura 13 - Potencial TOD em Salvador: comparação com as estações de Transporte Público futuras – VLT e Metrô. Fonte: elaborado pelos autores.

A implantação de redes integradas de transporte implica o reconhecimento das duas dimensões do fenômeno: a) a integração entre os modos de transporte, a multimodalidade, incluindo nela os modos motorizados e não motorizados, assim como os públicos, semipúblicos e privados, e b) a integração desta rede com a cidade, ou seja, com as atividades urbanas. A inserção urbana da Rede Integrada de Transportes deve se constituir em uma inserção espacial, social e econômica (Delgado, 2020). A falta de um plano de ordenamento territorial metropolitano contribui para a profusão de projetos descoordenados, sem um planejamento da ocupação territorial, os quais terão impacto no futuro da Salvador metropolitana, no seu espaço municipal e na qualidade de vida de seus moradores, induzindo a expansão da urbanização dispersa (Pereira & Pereira, 2016).

Em relação à identificação de áreas com Potencial TOD fora da área urbana central, ou seja do centro consolidado, foram analisados 4 núcleos urbanos de interesse: **1.** Um núcleo de Potencial TOD relativo, no bairro da Liberdade, próximo de uma rotula denominada o “Largo do Tanque” um bairro popular, denso, com elevada interação social e comercial (ver figura 14-a), para o qual fora programado no passado uma estação de VLT, porém retirada da proposta inicial pelo Governo do Estado. Esta área está localizada a 600 m da futura estação de VLT “Baixa do Fiscal” e é um ponto de encontro de diversas rotas de ônibus; **2.** Um núcleo de Potencial TOD relativo, no bairro de Itapuã, próximo da orla metropolitana, para o qual atualmente não existe nenhuma programação de estações de transporte público. Esta localidade concentra uma elevada diversidade de atividades, densidade média, com elevada interação social e comercial (ver figura 14-b); **3.** Dois núcleos urbanos onde no passado existiram importantes estações de trem urbano nos bairros de Paripe e Peri Peri, os quais apresentam potencial TOD incipiente (0.50 – 0.60) e por conseguinte, necessitarão de políticas integradas de transporte – uso do solo, viabilizando o TOD, considerando ainda que ambas as localidades receberam estações de VLT em 2025 (ver figura 14-c). Ambas localidades se constituem em ponto de encontro de diversas rotas de ônibus, apresentando diversidade de atividades urbanas, densidade media, elevada interação social e comercial; e, finalmente, **4.** Dois núcleos urbanos onde atualmente existem duas estações de Metrô com demanda pouco expressiva, nos bairros de Imbui e Centro Administrativo da Bahia – CAB (ver figura 14-d). Áreas que apresentam potencial TOD incipiente e por conseguinte necessitaram de políticas integradas dirigidas a promover o TOD, considerando ainda que ambas as localidades já possuem um sistema de alta capacidade em funcionamento. Estas localidades apresentam densidade relativamente baixa e grupos sociais de classe média.

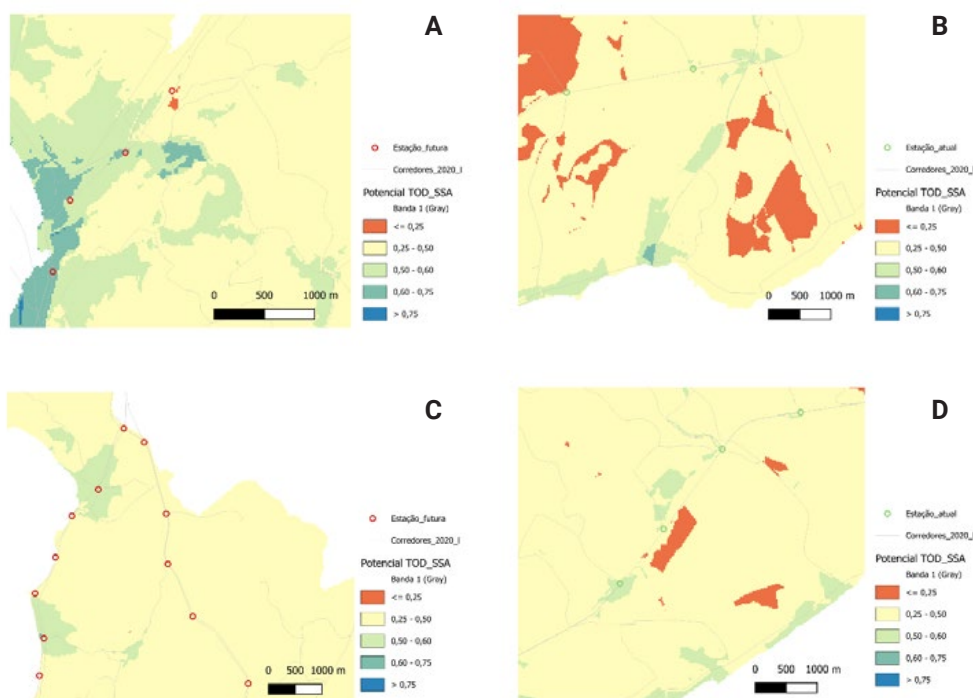


Figura 14 - Potencial TOD em Salvador: Áreas em destaque fora da área urbana central.  
Fonte: elaborado pelos autores.

Avaliação do Potencial TOD: Cenários por avaliação...  
J. P. MORENO DELGADO, R. MARTINS ALVES Y G. MANSO ÁVILA

As regiões identificadas poderão orientar uma estratégia de ordenamento territorial dirigida, por exemplo, à descentralização de atividades urbanas na cidade, tendo por base o papel dos Sistemas de Transporte Público (atuais e futuros) orientando os padrões de desenvolvimento urbano, ou seja, políticas TOD. Nesse contexto, análises de sensibilidade poderão fornecer os insumos ou diretrizes necessários para esta estratégia, tendo por base os fatores do Potencial TOD. Serão analisadas duas localidades: bairro da Liberdade e bairro do Imbui.

Consultando a base de dados foi avaliado o núcleo de Potencial TOD relativo (índice entre 0.60 e 0.75) identificado próximo ao bairro da Liberdade e identificamos que os fatores distância ao transporte público e diversidade do solo apresentaram uma boa contribuição para a determinação deste potencial, seguido do fator integração modal (ver figura 15). Entretanto, é necessário investir em uma maior **descentralização de empregos** em direção a esta localidade, assim como, promover uma maior **demandado pelo transporte público**, mediante algumas ações, tais como, a elevação da qualidade da oferta destes serviços na região e mediante estratégias de gerenciamento da mobilidade, aproveitando a sua proximidade ao futuro VLT, no curto prazo, até a chegada de uma futura estação, para esta região.

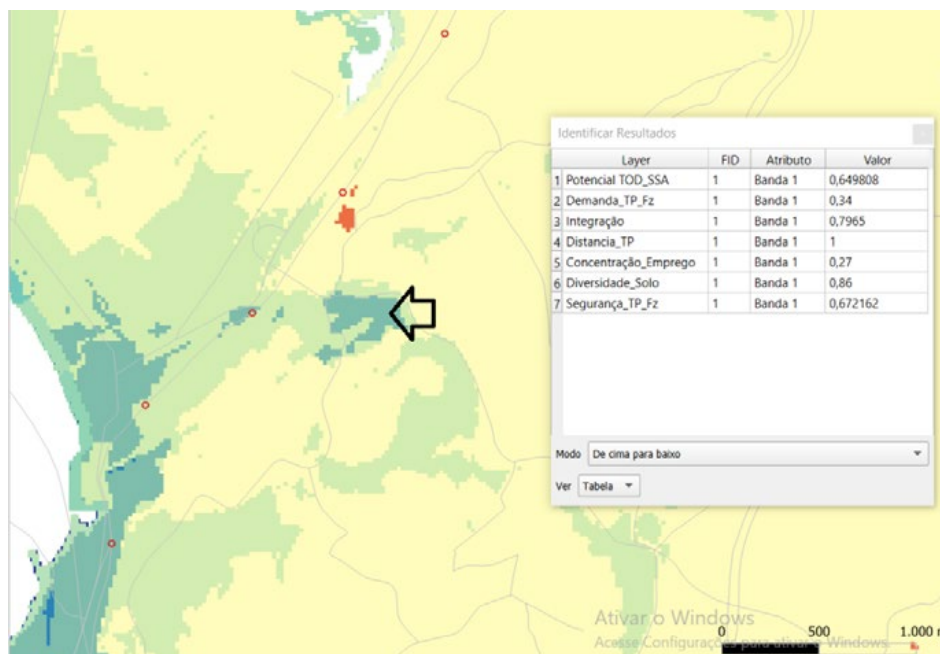


Figura 15 - Potencial TOD em Salvador: processo de aprendizagem – bairro da Liberdade - Fonte: Elaborado pelos autores

Por outro lado, quando consultada a base de dados no núcleo de Potencial TOD incipiente (índice entre 0.50 e 0.60) localizado no Bairro do Imbui, se observa o papel dos fatores distância ao transporte público, diversidade do solo, integração modal e parcialmente segurança no transporte público, como os que contribuiram melhor com o desempenho do índice de potencial TOD (ver figura 16). Entretanto, observa-se um baixíssimo desempenho dos fatores concentração de empregos e demanda por transporte público, apesar desta localidade sediar uma estação de metrô. Portanto, será necessário investir em ações dirigidas a uma maior **descentralização de empregos** em direção a esta

Avaliação do Potencial TOD: Cenários por avaliação...  
J. P. MORENO DELGADO, R. MARTINS ALVES Y G. MANSO ÁVILA

localidade, assim como, promover uma maior **demanda pelo transporte público**, nesta região, mediante algumas ações, tais como, estratégias de gerenciamento da mobilidade (aproveitando a proximidade desta área com o metrô), principalmente dirigidas ao usuário de automóvel, o qual predomina nesta região. Outra estratégia fundamental será a adequada densificação da área de influência desta estação, promovendo a equidade social no acesso ao solo urbano e a sustentabilidade como um todo tendo por base: a) os artigos 25 § 3º, 182 e 183 da Constituição Federal de 1988; b) na Lei Federal 10.257/2001 – Estatuto da Cidade; c) na Lei Federal 13.089/2015 - Estatuto da Metrôpole; e, d) na Lei Federal 12.587/2012 – Lei da Mobilidade Urbana.

Observa-se que o baixo desempenho do fator concentração de empregos está presente em quase todas as análises, o qual indica a necessidade de superar as barreiras institucionais e político-administrativas identificadas, visando viabilizar o TOD na cidade e com ele a mobilidade sustentável. Nesse contexto, formular uma Estratégia de Governança para a cidade e região metropolitana será fundamental. Esta estratégia preliminarmente pode ser estruturada em dois componentes de base, no curto prazo: **a.** investir na formação dos quadros locais de planejamento e, **b.** atualizar as bases jurídicas existentes. Este campo de atuação está sendo estudado e implementado para diversas cidades latino-americanas, por instituições tais como, o Lincoln Institute of Land Policy (Lincoln Institute, 2025), entre outras.

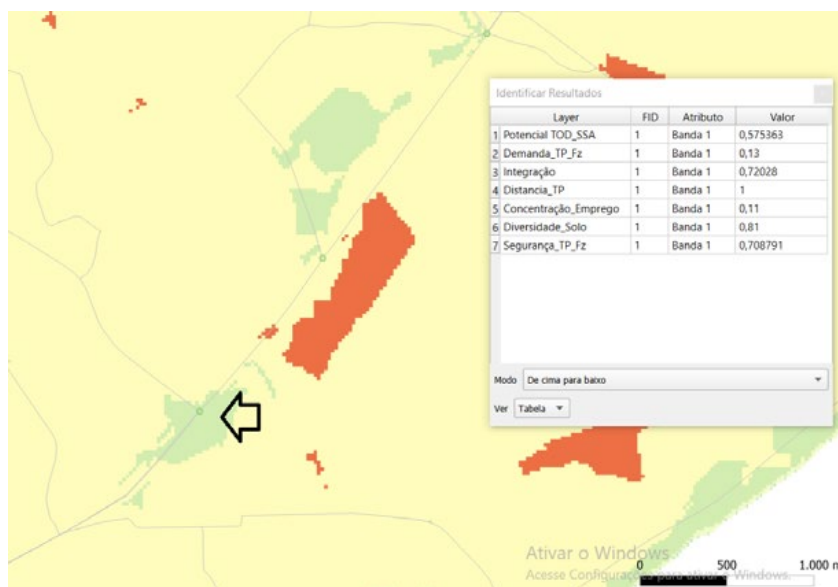


Figura 16. Potencial TOD em Salvador: Processo de aprendizagem – bairro do Imbui.  
Fonte: Elaborado pelos autores.

**a. Formação dos quadros locais.** Fenômeno predominante nas cidades do sul global é a carência de um corpo técnico atualizado, com uma visão integrada no planejamento do transporte público e o seu uso do solo associado. Portanto, é necessário um esforço maior na formação dos quadros locais de planejamento, com foco no aprimoramento da gestão do uso do solo misto, ou seja, meios para conseguir uma maior produtividade econômica na área de influência de uma estação de transporte, tal como indicam Pojani & Stead (2014). Promover e articular o investimento privado com equidade, se faz necessário: PPPs (Parcerias público-privadas) e fundos de investimentos, assim

Avaliação do Potencial TOD: Cenários por avaliação...

J. P. MORENO DELGADO, R. MARTINS ALVES Y G. MANSO ÁVILA

como, um maior domínio da captura do valor (*Value Capture*), na área de influência das estações, visando promover a mobilidade sustentável e o TOD. Conforme comentado pelos especialistas consultados, o desenvolvimento urbano, sobretudo a habitação de interesse social (HIS), não pode ser implantada afastada das fontes de emprego (das centralidades atuais ou futuras, ou seja, das estações planejadas sob um conceito TOD), o qual se percebe na área de estudo. Esta estratégia orienta a necessidade de enfrentar tecnicamente a cultura existente que privilegia sempre **ações setoriais e de curto prazo**, associada à falta de coordenação intersetorial, assim como, outra preocupação importante relativa à escolha adequada do local para um projeto TOD, o qual indica uma formação interdisciplinar em planejamento.

**b. Atualizar as bases jurídicas.** Os códigos urbanos rígidos e obsoletos da maioria das cidades latino-americanas são consequência do urbanismo modernista, onde os padrões de ocupação e o crescimento urbano foram estruturados fortemente pela cultura do automóvel. Particularmente, para o caso brasileiro, neste quesito evidencia-se um grande desafio futuro, para o a implementação do TOD, no tempo e, principalmente para a questão urbana como um todo. O Brasil a diferença da maioria de países latino-americanos tem um arcabouço jurídico importante direcionado a promover a equidade social no acesso ao solo urbano e a sustentabilidade como um todo com base em: **a)** os artigos 25 § 3º, 182 e 183 da Constituição Federal de 1988; **b)** na Lei Federal 10.257/2001 - Estatuto da Cidade; **c)** na Lei Federal 13.089/2015 - Estatuto da Metrópole; e, **d)** na Lei Federal 12.587/2012 – Lei da Mobilidade Urbana. Entretanto, observa-se que as administrações locais e estaduais agem como se esta base legal não existisse, se necessita, portanto, avançar e muito na coordenação interinstitucional. Bases jurídicas atualizadas são estratégicas, Newman (2009) destaca a importância de uma base jurídica e/ou normativa de planejamento urbano que defina **como o desenvolvimento irá ocorrer** seguindo condições de densidade e desenho urbano necessárias a cada centro (centralidade futura), preferencialmente com a participação de uma agência de fomento especializada. Esta estratégia indica a necessidade de uma autoridade metropolitana autônoma da mobilidade que integre o transporte e uso do solo normativamente, implementando no tempo a necessária descentralização de atividades urbanas, na metrópole, a partir do conceito TOD. O transporte público, sendo sustentável, deverá orientar o desenvolvimento urbano.

A proposta metodológica, considerando o processo de aprendizagem realizado, esteve direcionada a construir uma síntese final, respondendo duas perguntas de pesquisa centrais, nesse aspecto podemos destacar: **a.** predominantemente, as áreas com potencial TOD identificadas não estão associadas à configuração atual e futura da Rede de Transporte Público de alta capacidade, em construção na cidade, com exceção de apenas cinco estações localizadas na área central consolidada; e, **b.** o papel desta rede de transporte em questão (atual e futura) para promover o TOD, está fortemente comprometido em virtude do atual padrão de localização das suas estações, o qual só irá reforçar os padrões TAD (desenvolvimento adjacente ao transporte público, Cervero *et al.*, 2002) existentes na metrópole. Por conseguinte, os atuais desenvolvimentos urbanos que carecem de qualquer conectividade funcional com o transporte público, seja em termos de composição do uso do solo, forma de acesso às estações ou desenho urbano irão permanecer ou até se reproduzir. Em síntese, a pesar dos investimentos elevados a viabilidade econômica do sistema de transporte no seu conjunto está fortemente condicionada, em vista da dificuldade desta Rede proposta captar novas demandas e

Avaliação do Potencial TOD: Cenários por avaliação...  
J. P. MORENO DELGADO, R. MARTINS ALVES Y G. MANSO ÁVILA

favorecer a migração modal a favor dos modos sustentáveis, considerando nesta análise preditiva os mapas de Potencial TOD e fatores TOD avaliados. Uma visão bem-sucedida de desenvolvimento urbano deve preceder e orientar os investimentos em transporte, portanto, o planejamento é necessário para que subcentros em torno de estações de transporte público sejam criados (Cervero, 1998b). Um sistema de transporte de alta capacidade, pouco eficaz e menos integrado com a cidade, sem dúvida impactará a equidade na mobilidade que a cidade de Salvador, necessita.

## Conclusões

Implementar no tempo políticas e projetos TOD em cidades latino-americanas e brasileiras, evidencia a necessidade de superar um conjunto de desafios, principalmente: **a.** a necessidade de melhorar a inserção urbana dos projetos TOD mediante a adequada proximidade à Rede Integrada de Transportes; e, **b.** a necessidade de enfrentar a instabilidade política que inviabiliza a coordenação interinstitucional e o planejamento integrado. Sendo estas as principais condicionantes para a adequada implementação físico-espacial de políticas TOD, no contexto das nossas cidades.

A principal preocupação deixada pelo ensaio efetuado em AMC-SIG (avaliação multicritério em ambiente SIG) é a inadequada escolha do local para um futuro projeto TOD, ou seja, os critérios com os quais foram localizadas as futuras estações de transporte público, na cidade de Salvador, os mapas de potencial TOD, foram determinantes nesse aspecto. Predominantemente, as áreas com potencial TOD identificadas não estão associadas à configuração atual e futura da Rede de Transporte Público de alta capacidade, em construção. Adicionalmente, foram verificadas serias dificuldades para promover o TOD na cidade, em virtude do padrão de localização das estações de transporte público (atuais e futuras), o qual só irá reforçar o TAD, ou seja, os atuais desenvolvimentos urbanos que carecem de qualquer conectividade funcional com o transporte público. Em síntese, as áreas com Potencial TOD (regiões com potencial para que o desenvolvimento urbano seja orientado pelo transporte público) indicam uma direção, a Rede está se expandindo em outra direção.

No cenário descrito, a pobreza urbana e a desigualdade também se posicionam como condicionantes importantes para futuros projetos TOD em cidades brasileiras e latino-americanas. Por conseguinte, promover a capacidade da organização social existente, fomentando uma consciência ambiental a favor da sustentabilidade, será fundamental, visando que as comunidades locais possam participar e decidir em projetos TOD, o qual também se apresenta como um caminho alternativo, frente aos desafios elencados.

A construção de consensos que viabilizem um modelo de cidade (ou de metrópole) reconhecido por todos, constitui-se na principal barreira para a formulação de políticas integradas, ou seja, criar as condições para uma cidade e/ou metrópole mais justa e sustentável em termos sociais e espaciais. Entretanto, observa-se na cidade de Salvador, a ação eficaz do empreendedorismo urbano, determinando as futuras localizações, redes e funções, usufruindo a acessibilidade fornecida pelo transporte público de alta capacidade. Nas últimas décadas de forma irônica a planificação do bem estar regional quase desapareceu, dando passo a um período no qual as desigualdades na renda e a polarização social atingiram níveis sem precedentes. A falta de regulação municipal

Avaliação do Potencial TOD: Cenários por avaliação...

J. P. MORENO DELGADO, R. MARTINS ALVES Y G. MANSO ÁVILA

do solo urbano e dos atores envolvidos agrava este cenário, amplificando-se a segregação urbana existente, as distancias e, por conseguinte, a dispersão das atividades urbanas. Evidentemente o empreendedorismo urbano tem substituído a gestão pública, sendo esse o problema central, e coloca o desafio de implementar empreendimentos TOD em meio a gestões locais e metropolitanas debilitadas. Nesse contexto, somente gestões urbanas integradas e democráticas terão a capacidade de induzir o desenvolvimento urbano e a equidade socioespacial necessária às metrópoles latino-americanas, produzindo padrões de mobilidade sustentável. A metodologia proposta e a base de dados construída indicam um caminho nessa direção, relativo a uma visão integrada viável baseada em cenários transporte - uso do solo e identificação dos fatores críticos nesse processo, de utilidade para a gestão pública local ou metropolitana e para o setor empresarial.

Critério principal para a seleção dos fatores TOD, além da revisão do Estado da Arte, foi a disponibilidade de dados secundários destes fatores na cidade de Salvador, visando construir os respectivos mapas. Por conseguinte, é importante destacar que a principal limitação da pesquisa foi obter dados atualizados principalmente dos fatores associados à Demanda por transporte público, em vista que a pesquisa origem-destino da região metropolitana é de 2012, portanto, um pouco antiga, esta restrição também afetou os fatores Concentração de emprego e Diversidade do Uso do Solo. Repetir este ensaio com dados mais atualizados será de extrema importância e um encaminhamento importante para trabalhos futuros, o qual não invalida a metodologia, os resultados preliminares e conclusões desta pesquisa.

## Referencias

- » Alves, R. M., Rossi, A. M. G. e Portugal, L. S. (2017). Mobilidade produtiva. In: Portugal, L. S. (Ed.), *Transporte, Mobilidade e Desenvolvimento Urbano*. Rio de Janeiro: Elsevier. 269 – 288.
- » Aston, L., Currie, G. e Pavkova, K. (2016). Is There a Modal Bias to the Transit-Orientation of Urban Development? *Transportation Research Board, 95th Annual Meeting*, 16. Washington DC.
- » Bahia. (2012) *Pesquisa de mobilidade na Região Metropolitana de Salvador: síntese dos resultados da pesquisa domiciliar*. Salvador: SEINFRA.
- » Basso, F., Frez, J., Martinez, L., Pezoa, R. e Varas, M. (2020). Accessibility to opportunities based on public transport gps-monitored data: the case of Santiago, Chile. *Travel Behaviour and Society*, 21, 140-153.
- » Bertolini, L. e Spit, T. (1998). *Cities on Rails: The Redevelopment of Railway Station Areas*. London: E & FN Spon.
- » Bertolini, L., Curtis, C. e Renne, J. (2012). Station area projects in Europe and beyond: towards transit-oriented development? *Built Environment*, 38 (1), 31–50.
- » Bittencourt, D. C. (2016) *Avaliação espacial de ocorrências de roubo em Transporte Coletivo Urbano por ônibus*, Dissertação, Engenharia Ambiental Urbana – MEAU, Universidade Federal da Bahia.
- » Bittencourt, D. C., Pitombo, C. S., Rocha, S. S., Salgueiro, A. R. e Delgado, J. P. M. (2017). Violência em transporte público: uma abordagem baseada em análise espacial. *Revista de Saúde Pública*, 51, 127-137.
- » Bocarejo, J.P., Portilla, I., Pérez, M.A. (2012). Impact of Transmilenio on density, land use, and land value in Bogotá. *Res. transp. Econ*, 40(1), 78–86.
- » Bonham-Carter, G. F., 1994, *Geographic Information Systems for Geoscientist - Modelling with GIS*. Canada: Pergamon.
- » Brasil. Lei Federal nº 10.257, 10 de julho de 2001. Estatuto da Cidade. Disponível em: <http://www.normaslegais.com.br/legislacao/lei-10257-2001-estatuto-da-cidade.htm> .
- » Brito, J. A. (2022). *Proposta de avaliação do potencial TOD para localizações e estações de Transporte Público: Construção de Cenários de Planejamento em Escala Metropolitana*, Dissertação, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil – PPEC, Universidade Federal da Bahia.
- » Calthorpe, P. (1993). *The next American metropolis*, 23. New York: Princeton Architectural Press.
- » Cervero, R. (1998). *Transit Villages in California: Progress, Prospects, and Policy Reforms*. Berkeley: Institute of Urban and Regional Development. University of California.
- » Cervero, R. (1998b). *The transit metropolis: A global inquiry*. Washington, DC: Island Press.

Avaliação do Potencial TOD: Cenários por avaliação...

J. P. MORENO DELGADO, R. MARTINS ALVES Y G. MANSO ÁVILA

- » Cervero, R. e Kockelman, K. (1997). Travel demand and 3D's: density, diversity and design. *Transportation Research Part D*, 2(3), 199-219.
- » Cervero, R., Ferrell, C. e Murphy, S. (2002). Transit-oriented development and joint development in the United States: A literature review. *TCRP research results digest*, (52).
- » Cervero, R., Murphy, S., Ferrell, C., Goguts, N., Tsai, Y. H., Arrington, G. B. e McKay, S. (2004). *Transit-Oriented Development in the United States: Experiences, Challenges, and Prospects*. TCRP Report. (Project H-27 FY 2001). Transportation Research Board of the National Academies.
- » Cervero, R. & Dai, D. (2014). Brt tod: leveraging transit oriented development with bus rapid transit investments. *Transp. Policy*, 36, 127–138.
- » Cervero, R., Guerra, E. & Al, S. (2017). *Beyond Mobility: Planning Cities for People and Places*. Washington: Island Press.
- » Curtis, C., Renne, J. L., e Bertolini, L. (2009). *Transit-oriented development: Making it happen*. Farnham, UK: Ashgate.
- » Chorus, P e Bertolini, L. (2016). Developing transit-oriented corridors: Insights from Tokyo. *International Journal of Sustainable Transportation*, 10 (2), 86-95
- » Delgado, J. P. M. (2020). Desafios para a mobilidade sustentável na Região Metropolitana de Salvador, Bahia. O transporte como indutor do desenvolvimento urbano e regional In: *Territorios, ciudades y arquitecturas. Sur-sur. Procesos históricos y desafíos. Diálogos Metropolitanos Lima - Bahía*. 1 ed. Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, v.2, 175-200.
- » Dittmar, H. e Ohland, G. (2012). *The New Transit Town: Best Practices in Transit-Oriented Development*. Washington: Island Press.
- » Dunphy, R., Cervero, R., Dock, F., Mcavey, M. e Porter, D. (2005). *Developing around transit: Strategies and solutions that work*. Washington, DC: Urban Land Institute.
- » Ewing, R. e Cervero, R. (2001). Travel and the built environment: a synthesis. *Transportation research record*, 1780(1), 87-114.
- » Ewing, R. e Cervero, R. (2010). Travel and the built environment: A meta-analysis. *Journal of the American planning association*, 76(3), 265-294.
- » Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN). *O custo dos deslocamentos nas principais áreas urbanas do Brasil*. Rio de Janeiro, 2015.
- » Gianotti, M., Barros, J., Tomasiello, D., Smith, D.; Pizzol, B., Santos, B., Zhong, C., Shen, Y., Marques, E. e Batty, M. (2021). Inequalities in transit accessibility: contributions from a comparative study between Global South and North metropolitan regions. *Cities*, 109, 103016.
- » Giuliano, G. (1995). Land use impacts of transportation investments: highway and transit. In: Hanson, S. (Ed.), *Geography of Urban Transportation*. New York: Guilford Press, pp. 305–341.
- » Grieco, E. P., Portugal, L. S. e Alves, R. M. (2016). Aplicação de um índice do ambiente construído para avaliação da mobilidade sustentável. *Ambiente Construído*, 16, 215-225.
- » Hemsley, W. (2009). The commercial reality of TOD in Australia. In: Curtis, C., Renne, J.L. e Bertolini, L. (Eds.), *Transit Oriented Development: Making it Happen*. Ashgate Publishing Ltd.

Avaliação do Potencial TOD: Cenários por avaliação...

J. P. MORENO DELGADO, R. MARTINS ALVES Y G. MANSO ÁVILA

- » Hensher, D. A. (1999). A bus-based transitway or light rail? Continuing the saga on choice versus blind commitment. *Road & Transport Research*, 8 (3), 3–21.
- » Hickman, R. e Hall, P. (2008). Moving the City East: explorations into contextual public transport orientated development. *Planning, Practice & Research*, 23(3), 323-339.
- » Ibraeva, A., Correia, G. H. A, Silva, C. e Antunes, A. P. (2020). Transit-oriented development: A review of research achievements and challenges, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 132, 110-130.
- » Kafrawy, M., Attia, S. e Khalil, H. A. (2022). The Impact of Transit-Oriented Development on Fast-Urbanizing Cities: Applied analytical study on Greater Cairo Region. *Journal of Contemporary Urban Affairs*, 6(1), 83-95.
- » Kaiser, E. J., Godschalk, D. R. e Chapin, F. S. (1995). *Urban land use planning* (Vol 4). Urbana: University of Illinois press.
- » Kumar, P. P., Parida, M. e Sekhar, C. R. (2020). Developing context sensitive planning criteria for transit-oriented development (TOD): A fuzzy-group decision approach. *Transportation Research Procedia*, 48, 2421-2434.
- » Levine, J. e Inam, A. (2004). The market for transportation-land use integration: do developers want smarter growth than regulations allow? *Transportation* 31, 409–427.
- » Liao, C., e Scheuer, B. (2022). Evaluating the performance of transit-oriented development in Beijing metro station areas: Integrating morphology and demand into the node-place model. *Journal of Transport Geography*, 100, 103333.
- » Lincoln Institute of Land Policy. (2025). <https://www.lincolnst.edu/pt-br/nosso-trabalho/america-latina-caribe/>, acesso em maio de 2025.
- » Lindau, L. A., Hidalgo, D. e Facchini, D. (2010). Bus rapid transit in Curitiba, Brazil. A look at the outcome after 35 of bus-oriented development. *Transportation Research Record*, 2193(1), 17-27.
- » Loo, B. P. Y. e Du Verle, F. (2017). Transit-oriented development in future cities: towards a two-level sustainable mobility strategy. *International Journal of Urban Sciences*, 21(sup1), 54-67.
- » Mesentier, T. e Orrico, R. (2024). Transporte orientado ao desenvolvimento urbano. *Cadernos Metrópole* 26(60), 489-509.
- » Newman, P., (2009). Planning for Transit Oriented Development: Strategic Principles in: Curtis, C., Renne, J. L., & Bertolini, L. (eds.), *Transit-oriented development: Making it happen*. Farnham, UK: Ashgate.
- » Pereira, G. C. e Pereira, M. G. G. S. Expansão Urbana e Metropolitana de Salvador. In: Silva, S. B. M., Carvalho, I. M. M. e Pereira, G. C. (Eds.), *Transformações Metropolitanas no Século XXI: Bahia, Brasil e América Latina*. Salvador: Edufba.
- » Pereira, R., Schwanen, T. e Banister, D. (2017). Distributive justice and equity in transportation. *Transport Reviews*, 37(2) 170-191.
- » PMS, Prefeitura Municipal de Salvador. (2017). *Terceira Audiência Pública do PlanMob Salvador. volume 7*. Disponível em: <[planmob.salvador.ba.gov.br/images/consulte/planmob/Pages-from-Apresentao\\_3a-audiencia\\_v7- pgs-56-109.pdf](http://planmob.salvador.ba.gov.br/images/consulte/planmob/Pages-from-Apresentao_3a-audiencia_v7- pgs-56-109.pdf)>
- » Pojani, D. e Stead, D. (2014). Going Dutch? The export of sustainable land-use and transport planning concepts from the Netherlands. *Urban Studies*, 52(9), 1558–1576.

Avaliação do Potencial TOD: Cenários por avaliação...

J. P. MORENO DELGADO, R. MARTINS ALVES Y G. MANSO ÁVILA

- » Rodriguez, D.A. & Vergel, E. (2013). Bus rapid transit and urban development in Latin America. *Land Lines*, 25, 14–20.
- » Saaty, T. L. (2008). Decision Making with the analytic hierarchy process. *International journal of services sciences*, 1(1), 83-98.
- » Saus, M. A., Aguirre, A. I. & Gauna, G. F. (2022). Evaluación de una estación ferroviaria desafectada como futuro nodo de transporte y desarrollo urbano sostenible (Gran Santa Fe, Argentina). *Estudios Socio-territoriales. Revista de Geografía*, 31, 117-117.
- » Segura, D. S. e Romero, D. J. (2019) Evaluación de la zona de influencia de la troncal de transporte público San José-Sabanilla-La Campiña: mediante la metodología del desarrollo orientado al transporte público. *Infraestructura Vial*, 21(37), 21-31.
- » Singh, Y. J., Fard, P., Zuidgeest, M. H. P., Brussel, M. e Van Maarseveen, M. (2014). Measuring Transit Oriented Development: A Spatial Multi-Criteria Assessment Approach for the City Region Arnhem and Nijmegen. *Journal of Transport Geography*, 35(0), 130–143.
- » Singh, Y. J., Flacke, J., Zuidgeest, M. e Van Maarseveen, M. (2019) Planning for Transit Oriented Development (TOD) Using a TOD Index, In: Maarseveen, M. V., Martinez, J. e Flacke, J. (eds). In: *GIS in sustainable urban planning and management: A Global Perspective*. Taylor & Francis Group, LLC.
- » Sun, J. I. E., Walters, M., Svensson, N. e Lloyd, D. (1996). The influence of surface slope on human gait characteristics: a study of urban pedestrians walking on an inclined surface. *Ergonomics*, 39(4), 677-692.
- » Suzuki, H., Cervero, R. e Iuchi, K. (2013). *Transforming Cities with Transit*. World Bank Publications.
- » Thomas, R., Pojani, D., Lenferink, S., Bertolini, L., Stead, D. e Van der Krabben, E. (2018). Is transit-oriented development (TOD) an internationally transferable policy concept? *Regional Studies*, 52(9), 1201-1213.
- » Thomas, R. e Bertolini, L. (2017). Defining critical success factors in TOD implementation using rough set analysis. *Journal of Transport Land Use* 10(1), 139–154.
- » Vasconcellos, E. (2015). *Transporte urbano y movilidad: reflexiones y propuestas para países en desarrollo*. San Martín: Unsam Edita.
- » Yang, P. P.-J. e Lew, S.H. (2009). An Asian model of TOD: the planning integration in Singapore. In: Curtis, C., Renne, J.L., Bertolini, L. (Eds.), *Transit Oriented Development: Making it Happen*. Ashgate Publishing, Ltd.
- » Yang, L., Majumdar, A., Van Dam, K. H. e Zhang, L. (2021). Theories and practices for reconciling transport infrastructure, public space, and people– A review. In *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Municipal Engineer* (Vol. 175, No. 4, pp. 187-203). Thomas Telford Ltd., 1-43. Disponible em: <https://doi.org/10.1680/jmuen.20.00037>.
- » Zadeh, L.A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8, 338-353.
- » Zhang, M. (2007). Chinese edition of transit-oriented development. *Transportation Research Record*, 2038(1), 120-127.

Avaliação do Potencial TOD: Cenários por avaliação...

J. P. MORENO DELGADO, R. MARTINS ALVES Y G. MANSO ÁVILA

**Juan Pedro Moreno Delgado / [juan.moreno@ufba.br](mailto:juan.moreno@ufba.br)**

Arquiteto, Doutor em Engenharia dos Transportes pela COPPE UFRJ, Professor Associado do Departamento de Engenharia de Transportes e Geodesia e do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da UFBA.

**Rosane Martins Alves / [rosane.alves@poli.ufrj.br](mailto:rosane.alves@poli.ufrj.br)**

Engenheira Civil, Doutora em Engenharia Civil pela COPPE/UFRJ, Professor Associado, Docente do Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana da Poli/UFRJ.

**Giovani Manso Ávila / [giovani@poli.ufrj.br](mailto:giovani@poli.ufrj.br)**

Engenheiro Civil, Doutor em Engenharia dos Transportes pela COPPE/UFRJ, Professor Associado, Docente do Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana da Poli/UFRJ.