



urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana

ISSN: 2175-3369

Pontifícia Universidade Católica do Paraná

Assis, Rebeca Froés de; Loureiro, Carlos Felipe
Grangeiro; Sousa, Francelino Franco Leite de Matos
Modelagem LUTI das decisões locacionais de diferentes
grupos socioeconômicos: determinantes e inter-relações
urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana, vol. 14, 2022, pp. 1-18
Pontifícia Universidade Católica do Paraná

DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.014.e20210395>

Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193173030022>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais informações do artigo
- Site da revista em [redalyc.org](https://www.redalyc.org)

redalyc.org
UAEM

Sistema de Informação Científica Redalyc

Rede de Revistas Científicas da América Latina e do Caribe, Espanha e Portugal

Sem fins lucrativos acadêmica projeto, desenvolvido no âmbito da iniciativa
acesso aberto



Modelagem LUTI das decisões locacionais de diferentes grupos socioeconômicos: determinantes e inter-relações

LUTI modeling of different socioeconomic groups' locational decisions: determinants and interrelationships

Rebeca Froés de Assis^[a] , Carlos Felipe Grangeiro Loureiro^[a] ,
Francelino Franco Leite de Matos Sousa^[b]

^[a] Universidade Federal do Ceará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Fortaleza, CE, Brasil

^[b] Centro Universitário Christus, Fortaleza, CE, Brasil

Como citar: Assis, R. F., Loureiro, C. F. G., & Sousa, F. F. M. (2022). Modelagem LUTI das decisões locacionais de diferentes grupos socioeconômicos. *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 14, e20210395.

<https://doi.org/10.1590/2175-3369.014.e20210395>

Resumo

Os modelos LUTI são reconhecidamente utilizados durante a formulação de políticas e intervenções de transportes e uso do solo. Em comparação aos modelos tradicionais de tráfego, eles buscam simular as decisões locacionais a partir de mudanças nos níveis de acessibilidade. Admite-se que lugares com maior acessibilidade se tornam mais atrativos, possuindo maiores chances de se desenvolverem em termos de ocupação. Na prática, essa dinâmica pode envolver diversos fenômenos, tais como segregação e fragmentação, devido às oscilações no valor do solo decorrentes de alterações no ambiente construído. Nessa perspectiva, entende-se que a adoção desses modelos em avaliações *ex-ante* deve revelar o desencadeamento de externalidades, sobretudo do ponto de vista social. Diante disso, este artigo se propõe a investigar até que ponto essas ferramentas representam e simulam as determinantes e as inter-relações das decisões locacionais de diferentes grupos socioeconômicos, de modo a permitir que as avaliações de intervenções em transportes revelem processos socioespaciais. Para tanto, buscou-se representar as decisões e as inter-relações mencionadas a partir de esforços de revisão bibliográfica (contribuições fenomenológicas conceituais). Na sequência, analisamos o modelo TRANUS com base nas representações desenvolvidas, concluindo que suas formulações matemáticas limitam a acreditação desse tipo de ferramenta analítica (contribuição metodológica).

Palavras-chave: Modelagem LUTI. Decisão locacional. Acessibilidade. Valor do solo. Processos socioespaciais.

RFA é Arquiteta e Urbanista, mestre e doutoranda em Engenharia de Transportes, e-mail: rebeca@det.ufc.br

CFGL é Engenheiro Civil, doutor em Engenharia de Transportes, e-mail: felipe@det.ufc.br

FFLMS é Engenheiro Civil, doutor em Engenharia de Transportes, e-mail: francolms@gmail.com

Abstract

LUTI models are widely used during the formulation of transport and land use policies and interventions. Compared to traditional transport models, they also seek to simulate location decisions based on changes in accessibility levels. In general, it's assumed that places with greater accessibility become more attractive, having better chances of developing in occupation terms. In practice, this dynamic can involve several phenomena, such as segregation and fragmentation, due to oscillations in land value which results from changes in the built environment. From this perspective, it's understood that the adoption of these models in ex-ante assessments should reveal the triggering of externalities, especially from a social point of view. Therefore, this article proposes to investigate how far these analytical tools represent and simulate the determinants and interrelationships of different socioeconomic groups locational decisions, making possible that these transport assessments reveal socio-spatial processes. To do so, two conceptual representations were developed about the decisions and interrelationships mentioned, based on bibliographic review efforts (conceptual phenomenological contributions). Then, we analyzed the TRANUS model based on the developed representations, concluding that its mathematical formulations limit the accreditation of this type of analytical tool (methodological contribution).

Keywords: LUTI modeling. Location decision. Accessibility. Land value. Socio-spatial processes.

Introdução

No âmbito das políticas públicas, os núcleos urbanos são constantemente retratados como sistemas complexos, isto é, como conglomerados constituídos por elementos de ordem inferior, os quais apresentam melhores resultados quando estabelecem relações entre si (Sokolowski & Banks, 2009). Essa compreensão vem sendo consolidada desde os anos 1950, quando as contribuições da Teoria Geral dos Sistemas, assim como aquelas relacionadas à Cibernetica, começaram a ser apropriadas pelas ciências sociais (Batty, 2009). Nessa perspectiva, o estado da arte tem afirmado reiteradamente a necessidade de um planejamento integrado que considere conjuntamente os chamados subsistemas urbanos (Bertolini *et al.*, 2005). Contudo, historicamente, é possível notar que muitas áreas do conhecimento enfrentaram (e ainda enfrentam) dificuldades de comunicação com as demais, a exemplo do campo dos transportes, cujos representantes permaneceram muito tempo em relativo isolamento, identificando problemas e elaborando soluções restritas ao que eles definiram como subsistema de transportes (Bruton, 1979).

Desse modo, durante sua emergência, essa disciplina assumiu a interface com outros subsistemas de forma bastante superficial. Em geral, os modelos tradicionais de tráfego utilizavam a localização das atividades como *inputs* para justificar a distribuição de viagens entre zonas espacialmente agregadas do território urbano. Apenas com o tempo, os analistas do subsistema de transportes, ou transportistas, reconheceram que seus esforços de análise e planejamento eram insuficientes para lidar com a complexidade que emerge do sistema urbano. O ponto de inflexão desses planejadores tomou forma através do conceito de planejamento LUTI (do inglês “*Land Use and Transport Interaction*”), que preconiza a existência de influências mútuas entre transportes e uso do solo (Brömmelstroet & Bertolini, 2011). Como resultado, observou-se a consolidação de diferentes modelos conceituais, os quais registram graficamente uma série de relações causais entre os elementos desses dois subsistemas urbanos (Cascetta, 2009; Miller, 2003; Wegener & Fürst, 1999).

Da mesma forma, porém com propósitos práticos, é possível destacar o desenvolvimento de modelos operacionais que são utilizados durante a formulação de políticas e projetos urbanos, por meio de exercícios prospectivos (Saujot *et al.*, 2016). Para isso, essas ferramentas buscam comparar a efetividade

das alternativas propostas, bem como estimar seus custos, taxas de retorno e externalidades, isto é, as consequências não idealizadas, positivas ou negativas, que as ações de algum ator causam sobre os demais, sem que exista compensação entre eles (Senna, 2014). Essencialmente, entende-se que esse tipo de avaliação, classificada como *ex-ante*, deve ser capaz de alertar diferentes atores sobre os impactos ocasionados pelas propostas no futuro, o que deve incluir discussões sobre equidade e exclusão social (Lucas, 2012; van Wee & Geurs, 2011). Nesse sentido, convém evidenciar que os investimentos em infraestrutura urbana, com destaque para os transportes e comunicações, são capazes de gerar oscilações no valor do solo (Smolka, 1979; Harvey, 2013), contribuindo para o desencadeamento de processos socioespaciais, como segregação ou fragmentação.

Nesse contexto, verifica-se que situações de valorização podem dificultar não só o acesso, mas também a permanência das camadas populacionais menos favorecidas que, então, tendem a migrar para outras regiões da cidade, em virtude da incapacidade de conviver com o aumento dos custos imobiliários (Smolka, 1979). Desse modo, tem-se que as escolhas locacionais desses grupos se tornam decisões reprimidas e dependentes, dentre outros fatores, da localização das camadas mais privilegiadas, que são capazes de atrair investimentos para suas regiões de interesse (Villaça, 2001). Como resultado dessa dinâmica socioespacial, podem surgir diversas implicações, a saber: altas taxas de desemprego, deslocamentos extremamente onerosos, baixa escolaridade, dentre outros (Ihlantfeldt & Sjoquist, 1998).

À vista disso, defendemos neste artigo que as avaliações *ex-ante* de políticas públicas de uso do solo e intervenções em transportes precisam se apoiar em modelos operacionais LUTI, capazes de reconhecer não só as principais inter-relações entre esses dois subsistemas urbanos, mas também os processos e fenômenos inerentes a cada um. Cabe dizer que a compreensão e o planejamento de sistemas complexos são esforços que costumam apresentar diversas dificuldades, dada a interdependência entre as partes integrantes (Morin, 2015). Além disso, nota-se que a utilidade de qualquer tipo de modelo é limitada a uma certa gama de problemas, considerando condições específicas (Ortúzar & Willumsen, 2011). Dessa forma, a capacidade de simular a escolha de localização, bem como outras nuances socioespaciais, pode configurar um dos grandes desafios dessas ferramentas, sobretudo quando se trata de aplicações em países subdesenvolvidos, onde o desenvolvimento urbano envolve diversas particularidades (Santos, 2018).

Isso posto, estabelecemos como objetivo geral deste artigo investigar em que medida os modelos operacionais LUTI representam e simulam as determinantes e as inter-relações das decisões locacionais de diferentes grupos socioeconômicos, de modo a possibilitar que avaliações *ex-ante* de intervenções em transportes revelem processos socioespaciais. Para alcançar esse objetivo, inicialmente, buscamos representar o processo decisório em destaque, bem como as inter-relações existentes entre as escolhas tomadas por diferentes camadas sociais (contribuições esperadas de cunho fenomenológico conceitual). Em seguida, utilizamos as representações desenvolvidas para fundamentar a crítica a um modelo operacional LUTI quanto à sua capacidade de simular o desenvolvimento de processos socioespaciais decorrentes de intervenções em transportes (contribuição metodológica). Por fim, concluímos o trabalho destacando suas principais contribuições, bem como registramos algumas recomendações para estudos futuros.

Determinantes das decisões locacionais

A literatura de transportes tem tangenciado o debate sobre o processo de decisão locacional, considerando-o nos esforços conceituais e operacionais da modelagem LUTI. No geral, esse processo é vinculado à disponibilidade de espaço e à acessibilidade (Cascetta, 2009). Todavia, deve-se destacar que outras áreas, como as ciências sociais e econômicas, têm discutido o papel de um terceiro fator nessa equação: o valor do solo (Lefebvre, 1991; Singer; 1982). Cabe dizer que, em tais discussões, as relações

entre valor do solo e acessibilidade se mostram um tema recorrente, uma vez que o nível de acesso às atividades urbanas tende a gerar vantagens locacionais que são capitalizadas nos preços das propriedades, bem como nos valores dos aluguéis (Harvey, 2013). Ciente disso, Miller (2018) aponta que as relações entre valor do solo e acessibilidade ainda configuram uma lacuna a ser preenchida nas análises de políticas públicas, apesar dos evidentes avanços nos esforços de modelagem LUTI. Por conta disso, a seguir, discutimos sobre os papéis desses dois fatores na escolha de localização, sem ignorar a existência de outras determinantes que possam influenciar tanto as decisões, como a lógica de formação dos preços imobiliários.

Acessibilidade: definição e papel na decisão locacional

A acessibilidade é definida e mensurada de diversas formas nos estados da arte e da prática (Bertolini *et al.*, 2005). Contudo, tem-se consolidado a sua interpretação como a capacidade dos subsistemas de transportes (ST) e de uso do solo (SUS) em conferir oportunidades de engajamento em atividades, bem como em permitir que as atividades recebam pessoas, mercadorias e informações (Geurs & van Wee, 2013). Para representá-la, Geurs & van Wee (2004, 2013) sugerem a contemplação de quatro componentes, a saber: (i) locacional, que reflete a distribuição da oferta e da demanda de atividades no território; (ii) transportes, que descreve o custo de se alcançar um destino por meio de um modo específico de transporte; (iii) temporal, que considera a oferta de oportunidades em diferentes horários do dia, bem como o tempo que os indivíduos dispõem para participar de atividades; e (iv) individual, que retrata as necessidades, condições e oportunidades dos indivíduos.

Parte-se do pressuposto de que esses quatro componentes influenciam diretamente na acessibilidade, além de estabelecerem relações entre si. Por exemplo, nota-se que a espacialização das atividades determina a demanda por viagens, introduz restrições e delimita as oportunidades dos indivíduos. De forma semelhante, as necessidades e as características individuais são capazes de influenciar nas decisões locacionais e de viagem, além de diferenciarem o tempo disponível para a realização de atividades. Diante disso e reconhecendo que, tradicionalmente, as atividades são realizadas em pontos distintos do território, é possível visualizar a acessibilidade como um fator importante na escolha de localização, já que os (grupos de) indivíduos tendem a considerar as vantagens locacionais de cada região, sobretudo no que diz respeito às possibilidades de interação espacial (Harvey, 2013). Além disso, entende-se que vários aspectos são capazes de influenciar na acessibilidade, gerando benefícios, como a proximidade entre as atividades e o desempenho das infraestruturas de transportes.

Nessa perspectiva, Wegener & Fürst (1999) sugerem que a distribuição espacial da acessibilidade influência nas decisões locacionais de famílias e firmas (onde ocupar), assim como dos promotores imobiliários (onde construir), através da atratividade, conceito que se assemelha ao de vantagens locacionais. É certo que esses autores interpretam a acessibilidade enquanto medida de desempenho atinente aos transportes. De todo modo, ela permanece sendo vista como um atrativo, algo desejável. Contudo, como será abordado adiante, essa mesma condição de atratividade é explorada pelo mercado, se fazendo presente na formação dos preços imobiliários. Assim, a acessibilidade configura concomitantemente um atrativo e um empecilho nas escolhas de localização via alterações no valor do solo (de la Barra, 1989).

Teoria da Renda Fundiária: formação e papel dos preços imobiliários na decisão locacional

O debate em torno da valorização do solo tem suas raízes na Teoria da Renda Fundiária (RF), uma discussão que se atribui fundamentalmente à Marx. Em resumo, essa teoria busca sistematizar as relações

que são estabelecidas entre proprietários fundiários e capitalistas, os quais usufruem dos imóveis mediante pagamento de aluguéis (Ribeiro, 1986). Torna-se oportuno esclarecer que, embora originalmente essa teoria se refira à terra agrícola, muitos autores a utilizam para retratar o contexto urbano, considerando que nesse ambiente a RF se distancia de sua concepção original e aparece na forma de juros de um capital investido (Botelho, 2005). Em outras palavras, reconhece-se que as oscilações dos valores de uso e troca dos imóveis são regidas pelas benfeitorias e modificações no ambiente construído, particularmente através de investimentos em transportes e comunicações (Harvey, 2013). De acordo com a literatura especializada, são essas mudanças que condicionam os diferentes tipos de renda fundiária (Lojikine, 1979):

- **Absoluta**, que advém do direito de propriedade e tem seu valor definido em função da confrontação entre oferta e demanda;
- **Diferencial**, que decorre da captação de parte da mais-valia, considerando a capacidade construtiva e a localização do solo, assim como a quantidade de capital empregado sobre uma terra já utilizada;
- **Monopólio**, que provém das condições específicas, como a escassez de certos produtos e o poder de compra dos consumidores.

Nesses termos, até o pior terreno pode ser considerado rentável, pois uma parte da renda advém do direito de propriedade e é influenciada pela relação demanda/oferta (renda absoluta). Contudo, principalmente no meio urbano, deve-se considerar o valor que advém dos investimentos realizados no interior e no entorno dos terrenos. Assim, a renda diferencial permite que se considere a noção de acessibilidade, enquanto uma vantagem que resulta do trabalho humano. Além disso, essa renda abrange aspectos inerentes à capacidade construtiva, exemplificada pelas condições morfológicas e pelas normas urbanísticas. Entende-se que as diferenças de “construtibilidade” entre os terrenos produzem diferenças significativas no valor do solo, já que tornam algumas porções do território mais atrativas do que outras (Lojikine, 1979).

Já no que tange à renda de monopólio, tem-se como exemplo os lucros obtidos pela proximidade a atributos naturais, situação que retrata tanto o desejo dos consumidores, como a limitação de reprodução dessa condição. Desse modo, esse tipo de renda configura um recurso útil à compreensão de preços elevados em áreas remotas, porém provedoras de *status* para seus residentes (Guigou, 1982). Sabe-se também que as características qualitativas da vizinhança, com ênfase para as percepções sobre o entorno, são atualmente consideradas em modelos hedônicos de precificação, os quais visualizam os imóveis como “pacotes” de características dotadas de valores (Fávero *et al.*, 2008). Em adição, Singer (1982) evidencia o peso da expectativa atrelada às promessas de planos e intervenções.

Representação conceitual das determinantes das decisões locacionais

A construção da representação conceitual por nós almejada teve como origem a discussão sobre as relações entre os subsistemas urbanos. Em Rodrigue *et al.* (2013), essa interface é retratada através dos conceitos de padrão de uso do solo (acumulação espacial de atividades) e de forma urbana (infraestruturas físicas, como vias e espaços de livre circulação). Vale ressaltar que as relações sociais costumam se materializar no espaço, adquirindo uma dimensão espacial (Villaça, 2001). Cientes disso, na Figura 1, os autores vinculam essas relações ao conceito de estrutura espacial urbana que, neste trabalho, é compreendida como as interações entre as atividades ou ainda como as intenções de participação em atividades, que provêm de desejos e necessidades humanas (Arentze & Timmermans, 2009).

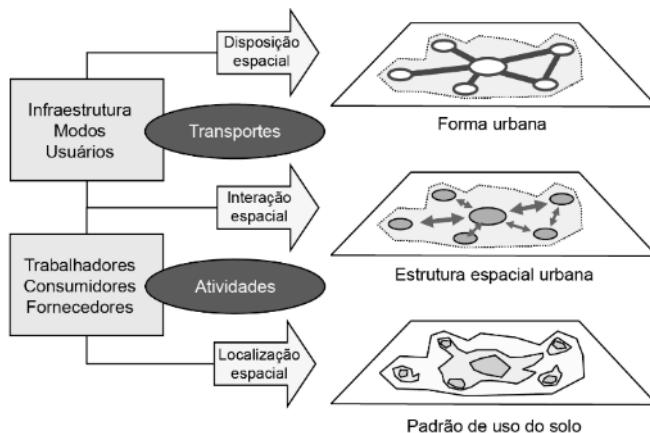


Figura 1 - Padrão de uso do solo, forma e estrutura urbana. Fonte: Traduzido de Rodrigue *et al.* (2013).

Assim, é possível entender essas três noções como diferentes modos de visualização da cidade, interpretada através de aspectos físicos e sociais. Também é razoável reconhecer que a localização das atividades, de onde deriva o padrão de uso do solo, é influenciada conjuntamente pela forma e pela estrutura urbana (Rodrigue *et al.*, 2013). Todavia, enfatizamos que as mudanças no uso do solo ocorrem gradativamente, pois estão atreladas às decisões locacionais de diferentes agentes, os quais estabelecem inter-relações. Tais escolhas, em comparação com as decisões de viagens (curto prazo), podem ser consideradas como de médio prazo (van Acker *et al.*, 2010), exigindo análises baseadas em recortes temporais mais longos. Ainda sobre a Figura 1, outro adendo se faz necessário: para falar nas relações entre essas camadas, propomos somar à forma urbana os elementos operacionais do ST, tais como serviços de transporte público e instrumentos de controle.

Isso posto, convém destacar que, em termos de modelagem LUTI, o Subsistema de Uso do Solo (SUS) comprehende tanto as interações entre as atividades, como o processo de localização de diferentes agentes (Lopes *et al.*, 2019). Por conta disso, entendemos que a estrutura urbana e o padrão de uso do solo podem ser associados a esse subsistema, enquanto a forma urbana e o nível de serviço remetem ao ST. Diante disso, a Figura 2 sistematiza nosso entendimento do processo de decisão locacional a partir dos conceitos discutidos nesta seção. Sobre essa proposta de modelo conceitual, reconhecemos que, embora se trate de uma representação única, as determinantes desse tipo de processo decisório possuem valores distintos para famílias e firmas, que consomem o espaço para fins de moradia e de localização de suas sedes, respectivamente.

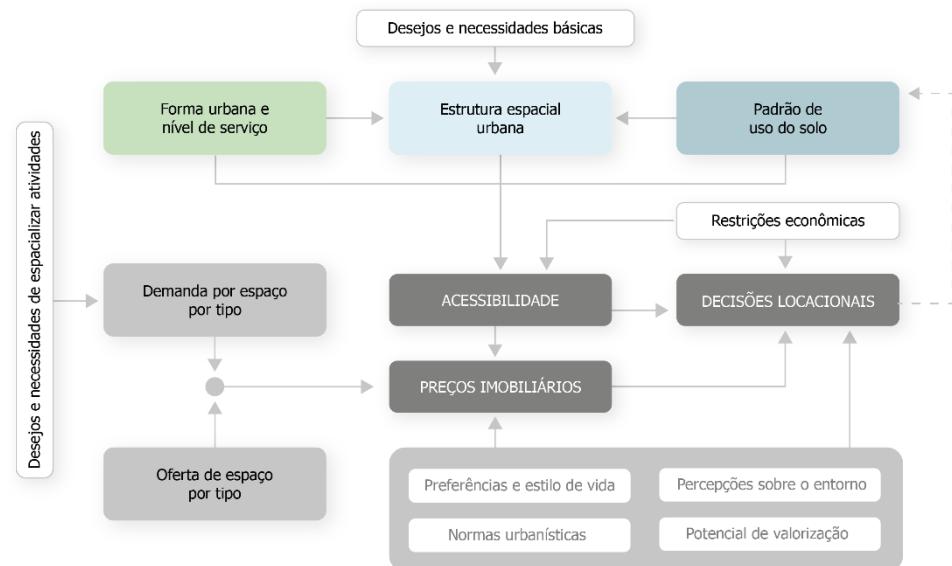


Figura 2 - Representação conceitual das determinantes das decisões locacionais. Fonte: Elaborado pelos autores.

Como pode ser observado na Figura 2, consideramos que as decisões locacionais são influenciadas principalmente pelos preços imobiliários e pela acessibilidade, que pode ser compreendida como ativa (no caso das famílias) ou passiva (para firmas), conforme definido por Cascetta (2009). De forma geral, a partir dessa representação, associamos a acessibilidade aos seguintes componentes: padrão de uso do solo (locacional/oferta); restrições econômicas (individual); forma urbana e nível de serviço (transportes). Nessa proposta, a estrutura urbana pode ser vinculada à demanda por atividades no território (locacional/demanda), de onde deriva a demanda por viagens, enquanto intenção de engajamento em atividades. É importante notar que o componente temporal da acessibilidade não corresponde diretamente a nenhuma dessas camadas, apesar de entendermos que, em alguma medida, ele rege as interações entre as atividades.

Na Figura 2, também consideramos as relações entre a precificação imobiliária e os tipos de RF: confrontação entre demanda e oferta por espaço (renda absoluta); normas urbanísticas e acessibilidade (diferencial); e preferências e estilo de vida daqueles que tomam as decisões locacionais (monopólio). Além disso, conferimos importância ao potencial de valorização do solo, bem como às percepções que os decisores têm sobre o entorno, a exemplo da sensação de segurança. Como também pode ser observado, entendemos que alguns desses aspectos influenciam a própria decisão locacional, justificando o interesse por algumas regiões da cidade, mesmo que existam limitações quanto à acessibilidade ou aos preços imobiliários. Por fim, atentamos para o papel do valor do solo na escolha de localização, reconhecendo que os grupos populacionais e os setores de atividades possuem restrições econômicas. Sobre isso, de la Barra (1989) aponta que algumas partes da cidade se tornam tão atrativas, por conta da acessibilidade e de outros fatores, que terminam apresentando preços imobiliários elevados, restringindo a ocupação dessas regiões aos setores com maior poder aquisitivo. À luz disso, com ênfase para os grupos populacionais, reconhece-se que as determinantes acima possuem pesos distintos para as diferentes classes econômicas.

Inter-relações entre as decisões locacionais de grupos socioeconômicos antagônicos

A noção de produção do espaço é uma discussão quase indissociável das obras de Lefebvre (1991) e de Harvey (2013). Através dela, vincula-se a compreensão do desenvolvimento urbano à lógica produtiva,

de modo que se pressupõe questões importantes como a existência de agentes produtores e de finalidades que orientam essa produção (Carlos, 2014). Desse modo, os autores abordam o espaço urbano como um produto social, resultante das ações acumuladas de diversos agentes que o produzem e o consomem. Nesse sentido, Corrêa (1989) sugere a existência dos seguintes grupos de agentes produtores: (i) proprietários dos meios de produção; (ii) proprietários fundiários; (iii) Estado; (iv) promotores, que representam o próprio mercado imobiliário como incorporadores, construtores, financiadores ou agentes comerciais; (v) e grupos sociais excluídos, que residem em habitações sociais ou modelam os loteamentos periféricos, favelas e outros assentamentos precários.

Esses agentes produzem o espaço através da “incorporação de novas áreas ao espaço urbano, densificação de uso do solo, deterioração de certas áreas, renovação urbana, relocação diferenciada de infra-estrutura e mudança, coercitiva ou não, do conteúdo social e econômico de algumas regiões”, (Corrêa, 1989, p. 11). Os grandes proprietários fundiários, assim como os promotores, atuam no sentido de obter a maior renda da terra possível, enquanto os proprietários dos meios de produção procuram ocupar regiões mais baratas, pois necessitam de terrenos amplos e baratos. Em situações de acentuada valorização imobiliária, os grupos sociais excluídos podem se tornar modeladores da cidade informal, isto é, aquela que compreende as regiões onde os serviços urbanos são precários ou inexistentes, e onde o setor informal tem sua base (UN-Habitat, 2003). Percebe-se, assim, a existência de conflitos entre os diferentes atores, o que permite tratar a cidade como um palco de lutas sociais (Maricato, 2001).

Há de se reconhecer também as articulações estabelecidas entre esses agentes, com destaque para o mercado imobiliário e o Estado, principalmente quando esse último atua no sentido de melhorar ou expandir a infraestrutura urbana (Wehba & Rufino, 2021). De forma geral, verifica-se que o crescimento econômico experimentado pelo setor imobiliário tem determinado, nas últimas décadas, a produção de empreendimentos residenciais em larga escala, demandando a produção de novas infraestruturas. Como consequência dessa dinâmica, tem-se o surgimento, por exemplo, dos condomínios de luxo em áreas periféricas, contrariando a tradicional lógica centro-periferia: em que as camadas mais privilegiadas ocupam as centralidades urbanas, cujas infraestruturas já se encontram consolidadas há mais tempo. Assim, a escolha de “onde construir” tomada pelos promotores imobiliários aparece como um elemento catalizador da produção espacial.

Todavia, enfatiza-se que alguns autores, a exemplo de Villaça (2001), apontam as famílias de alta renda como o setor que determina os vetores de crescimento da cidade e não os promotores propriamente ditos. Para esses autores, por motivos diversos, essa camada decide que regiões ocupar e, como possui uma relação estreita com o Estado, consegue atrair investimentos para essas áreas. A despeito dessas divergências, entende-se que é a presença da população mais abastada que confere a qualidade de *status* a uma região (Corrêa, 1989). Portanto, é possível dizer que as decisões desse grupo socioeconômico (onde ocupar), apoiadas pelas escolhas do mercado imobiliário (onde construir), induzem o Estado a intervir no domínio público, atuando no provimento de infraestruturas e serviços urbanos. Vale destacar que, em sua obra, Harvey (2013) confere notória importância aos investimentos em transportes e comunicações durante a produção espacial, resultando na construção de vantagens locacionais.

Como discutido anteriormente, essas vantagens estão atreladas à distribuição espacial da acessibilidade pelo território e, assim, dizem respeito às características funcionais dos subsistemas urbanos. Nessa perspectiva, destacamos que a introdução de uma nova infraestrutura de transporte (forma urbana) pode tornar uma região mais propícia à ocupação, levando a uma redistribuição geográfica do capital, na forma de investimentos públicos e privados sobre o ambiente construído (Harvey, 2019). Dessa redistribuição, surgem benefícios que se refletem na valorização dos lotes urbanos e, posteriormente, na alteração do padrão de uso do solo. À luz disso, na Figura 3, propomos uma representação conceitual das inter-relações entre as decisões locacionais de diferentes grupos

socioeconômicos, considerando dois tipos de intervenções em transportes: (i) tipo A, que normalmente tem como objeto a infraestrutura viária e ocorre em regiões ocupadas pelas classes mais altas; e (ii) tipo B, que costuma ser direcionada ao transporte público e é realizada nos espaços residuais, isto é, aqueles que não são visados por quem possui maior poder de compra (Smolka, 1979).

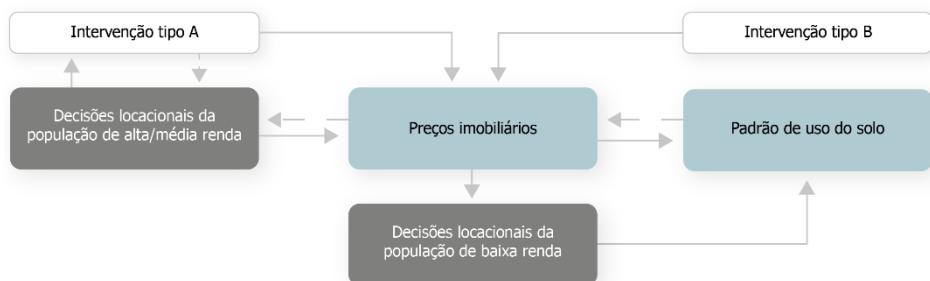


Figura 3 – Representação conceitual das inter-relações entre decisões locacionais de grupos socioeconômicos distintos. Fonte: Elaborado pelos autores.

De forma geral, os dois tipos de intervenções em transportes impactam no valor do solo, principalmente quando resultam em mudanças nos níveis de acessibilidade. Convém mencionar que o efeito dessas intervenções no valor dos imóveis depende de uma série de fatores, como: tipo de infraestrutura ou serviço implantado, uso do solo predominante e padrão socioeconômico da região afetada (Ibraeva *et al.*, 2020). Entretanto, deve-se considerar que cenários de valorização podem levar a movimentos migratórios das famílias e firmas que sejam mais sensíveis às alterações dos preços imobiliários, resultando em mudanças no padrão de uso do solo. Na prática, isso pode ocorrer dentro do próprio mercado legal, através da compra ou aluguel de imóveis baratos — geralmente localizados em regiões com baixos níveis de acessibilidade — ou por meio da adesão à cidade informal, resultando na formação ou no crescimento de assentamentos precários. Vale notar que ambas as intervenções podem refletir os desejos e as necessidades das classes privilegiadas ou, pelo menos, as intenções do mercado imobiliário. Em particular, no caso do tipo B, que ocorre em regiões que habitualmente fogem do interesse desses dois agentes, é possível que se assista ao desencadeamento de processos de gentrificação, isto é, de transformação de áreas ocupadas pela população de baixa renda em regiões voltadas para classes econômicas mais elevadas (Lees *et al.*, 2008).

Diante disso, vale ressaltar os dois tipos de segregação residencial reconhecidos pela literatura (Vasconcelos, 2013): (i) autossegregação, que resulta de uma decisão voluntária de reunir grupos socialmente homogêneos, cujos melhores exemplos são os loteamentos e condomínios de luxo; e (ii) involuntária, em que as pessoas são segregadas pelas mais variadas forças, a exemplo das relocações fomentadas pela oscilação dos preços imobiliários ou sob o pretexto de arrumação e de planos. Nota-se, portanto, que a segregação, por ser um fenômeno que se refere ao uso residencial, não pode ser desassociada das escolhas locacionais tomadas pelas famílias. Também é importante evidenciar que o processo de autossegregação desfaz a lógica centro-periferia, na medida em que alguns grupos privilegiados começam a deixar as áreas centrais e passam a residir em regiões mais distantes.

Nessas situações, destacamos que atividades relacionadas a outras esferas da vida social passam a ocupar paulatinamente essas regiões, tornando-as ainda mais atrativas e valorizadas (linhas tracejadas na Figura 3). Assim, ao se ultrapassar a dimensão residencial, passa-se a falar em fragmentação socioespacial, considerando tanto a desconexão com o tecido urbano consolidado, como a conformação de novas centralidades voltadas às classes abastadas (Sposito, 2013). Vale ainda reforçar que, posteriormente, é possível que a população de baixa renda ocupe informal ou formalmente as proximidades das novas centralidades, com o intuito de estabelecer relações, sobretudo na forma de

trabalho. Desse modo, destaca-se que a análise das dinâmicas urbanas precisa considerar simultaneamente aspectos temporais e espaciais, pois somente a integração espaço-tempo irá permitir uma melhor compreensão de como as mudanças no âmbito político-econômico contribuem para as práticas e os processos sociais (Harvey, 2019).

Crítica à modelagem das decisões locacionais em um modelo operacional LUTI

Tradicionalmente, os modelos operacionais LUTI são empregados para simular cenários futuros a partir da implementação dos planos e projetos urbanos em elaboração, porém tais modelos também podem ser utilizados como ferramentas de aprendizado a partir de informações extraídas de cenários conhecidos (Sajout *et al.*, 2016). Em ambas as finalidades, esses pacotes LUTI de modelos matemáticos, estatísticos e computacionais partem da simulação das decisões locacionais, bem como das decisões de viagem, para representar o sistema urbano. Para isso, os processos decisórios são simulados a partir de funções matemáticas e distribuições de probabilidades, cujas variáveis podem ser classificadas como:

- **Atributos**, que revelam as características das alternativas disponíveis para cada escolha. Esse tipo de variável pode ser modelado ou coletado em campo.
- **Parâmetros comportamentais**, que representam as tendências de quem toma a decisão. Esses parâmetros necessitam ser calibrados, isto é, determinados com base em um conjunto de dados observáveis (cenário-base), que servem para fins de comparação (Bonnel *et al.*, 2014).
- **Medidas de desempenho**, que representam as características funcionais dos subsistemas e resultam do processo de modelagem. Elas podem também ser utilizadas para retratar a interface entre os subsistemas.

Os atributos e as medidas de desempenho podem ser considerados como os determinantes dos processos decisórios, caracterizando as zonas do território de uma cidade. Já os parâmetros comportamentais tendem a representar os aspectos inerentes aos tomadores de decisão, refletindo restrições econômicas, preferências territoriais e níveis de liberdade de escolha. Em geral, verifica-se que esses parâmetros são determinados com base em cenários conhecidos e, então, utilizados para simular os cenários futuros (Hunt *et al.*, 2005). Portanto, tem-se que os modelos LUTI costumam basear suas simulações *ex-ante* em preferências comportamentais previamente conhecidas, apoiando-se em testes de validação. Esta etapa se refere ao poder preditivo dessas ferramentas (Bonnel *et al.*, 2014) e tem como objetivo garantir que os modelos obtenham medidas de desempenho adequadas a partir dos parâmetros calibrados, ainda que se verifique mudanças nos atributos espaciais. Para a comunidade acadêmica, uma boa forma de realizar esse procedimento é através da validação histórica, pois se entende que a capacidade de simular a evolução comportamental entre dois períodos conhecidos é um indicativo de que o modelo está funcionando corretamente (Sajout *et al.*, 2016).

Entretanto, a despeito da importância da validação histórica, destaca-se que a validação dos modelos deve condizer com os objetivos das simulações (Petty, 2009). Diante disso, considerando o escopo deste artigo, questionamos até que ponto os modelos operacionais LUTI são capazes de simular o desenvolvimento de processos socioespaciais em cenários futuros. Isso porque se reconhece que as decisões locacionais de diferentes segmentos socioeconômicos são regidas pelas ações de diversos agentes, como o Estado ou outros promotores imobiliários, que atuam de forma dinâmica e contínua no espaço-tempo. Nesse contexto, levantamos a hipótese, representada conceitualmente na Figura 3, de que as intervenções em transportes podem resultar em novos padrões de ocupação espacial, modificando o comportamento decisório dos grupos populacionais. Isso posto, a próxima subseção pretende analisar que categoria desses modelos pode ser utilizada para subsidiar o tipo de avaliação defendido.

Seleção do modelo operacional LUTI a ser analisado

Parte-se do entendimento de que a simulação de processos socioespaciais requer algumas especificidades de um modelo operacional LUTI. São elas: (i) possuir níveis adequados de agregação, tanto no que se refere aos decisores (possibilitando separá-los em distintos grupos socioeconômicos), como à divisão do espaço (ao permitir a definição de zonas com menores níveis de agregação); (ii) basear as decisões locacionais em atributos, parâmetros e medidas de desempenho, favorecendo a discussão sobre as determinantes de cada processo decisório; e (iii) apresentar certo nível de dinamicidade, reconhecendo que os processos decisórios atinentes a cada subsistema possuem diferentes escalas de tempo. Cabe dizer que, em termos de modelagem computacional, afirmar que um modelo é dinâmico também pode significar que ele simula as decisões ao longo do tempo e não apenas em um ponto ou período específico (Waddell, 2002).

Nessa perspectiva, evidenciamos que os modelos LUTI podem ser divididos em: modelos baseados em interação espacial, econométricos e de microssimulação (Lopes *et al.*, 2019). Os primeiros tratam o SUS como um sistema secundário, de forma que se concentram efetivamente nas decisões atinentes ao ST. Por outro lado, os modelos microscópicos apresentam um nível de desagregação que não interessa à discussão proposta neste artigo, visto que detalham as decisões no nível do indivíduo ou firma, considerando curtos intervalos temporais. Segundo Sousa *et al.* (2017), os modelos econométricos aparecem como as ferramentas mais adequadas às análises de planejamento estratégico e tático, por simularem mudanças comportamentais em decisões dos grupos populacionais em intervalos de médio e longo prazos. Os mesmos autores diferenciam o sistema TRANUS (Modelistica, 2011) de outros modelos econométricos pelas seguintes razões: (i) permite a divisão do setor populacional em segmentos sociais e do território em zonas a serem definidas pelo modelador; (ii) considera que as relações entre os subsistemas são mútuas e ocorrem em tempos distintos; e (iii) baseia os processos decisórios em modelos de escolha discreta, de tal forma que a probabilidade de um grupo escolher certa alternativa está atrelada às suas características socioeconômicas, bem como aos atributos dessa alternativa (Ortúzar & Willumsen, 2011).

Análise descritiva da modelagem realizada pelo TRANUS

Apesar de ser considerado um “modelo” LUTI, o TRANUS (sigla que advém da aglutinação entre “Transportes” e “Usos do Solo”) é uma ferramenta formada por vários programas, os quais desempenham diferentes papéis na simulação das decisões locacionais e de viagens (de la Barra, 1989). Tais programas buscam simular o funcionamento dos subsistemas urbanos, bem como a própria interface entre eles, através de formulações matemáticas, as quais se apoiam em premissas simplificadoras. Em sua estrutura, os elementos dos subsistemas modelados se encontram organizados a partir da noção de demanda e oferta. No caso do uso do solo, o lado da demanda é conduzido pela interação entre as atividades, bem como pelas suas necessidades de alocação espacial. Enquanto isso, a oferta é representada pelo espaço disponível para ocupação. Neste ponto, é importante destacar que essa ferramenta não simula as decisões que envolvem os promotores imobiliários, nem modela as alterações na estrutura fundiária, de modo que ela é considerada uma variável exógena atrelada a investimentos estatais em infraestrutura urbana (de la Barra, 1989).

Como outros modelos LUTI econométricos, o TRANUS simula os processos decisórios a partir de intervalos discretos de tempo, considerando dados transversais (Lopes *et al.*, 2019). Por essa razão, a literatura confere a esses modelos a condição de quase-dinâmicos, já que eles não simulam os processos decisórios ao longo do tempo (Miller, 2018). Como consequência dessa abordagem, tais modelos costumam assumir a premissa de equilíbrio, garantindo que a demanda seja atendida a cada intervalo

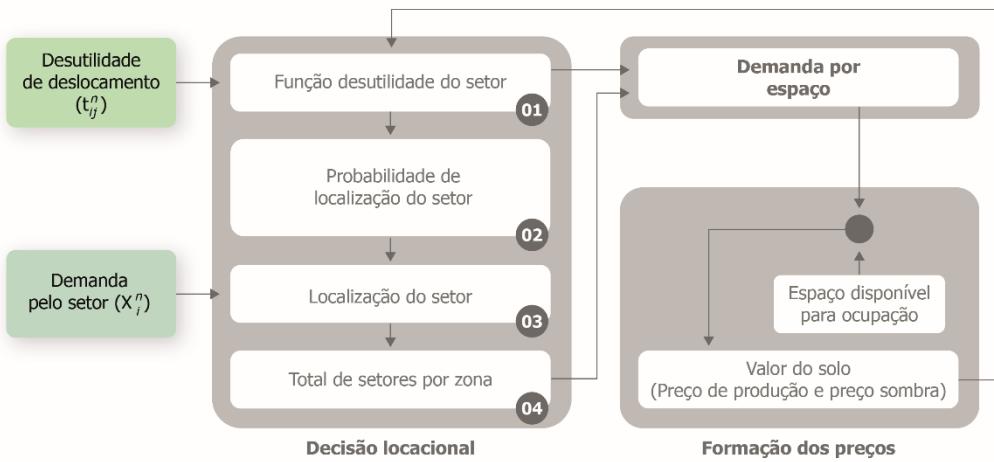
(Sousa et al., 2017). Nessa perspectiva, enfatizamos o abismo que existe entre modelo e realidade (entenda-se a cidade), já que é mais provável que os subsistemas urbanos estejam em um constante estado de adaptação inercial (Hunt *et al.*, 2003). Apesar dessa premissa ser bastante forte, entendemos que ela seja suficientemente adequada para a modelagem de sistemas tão complexos como as cidades, permitindo a simulação das decisões de atores distintos. No caso do SUS, esse equilíbrio é regulado pelos preços imobiliários através de um processo iterativo que busca garantir que toda demanda seja satisfeita, ou seja, que todas as famílias e firmas ocupem o espaço.

No que diz respeito ao ST, a demanda representa as necessidades de deslocamento, enquanto a oferta comprehende a infraestrutura física e os aspectos operacionais de controle e operação. Nesse caso, a relação demanda/oferta é simbolizada pelo nível de serviço das infraestruturas. Já no que concerne a interface entre esses subsistemas, assume-se que modificações no padrão de uso do solo influenciam imediatamente os padrões de deslocamento, enquanto o impacto inverso somente será percebido em período subsequente (de la Barra, 1989). Parte-se do entendimento que as desutilidades de deslocamento atuais (tempo e custo monetário) influenciam a localização de famílias e firmas entre cenários distintos. Em contrapartida, as interações estabelecidas entre as atividades geram fluxos socioeconômicos, que são traduzidos em deslocamentos na modelagem do ST.

Cabe destacar que essas interações são operacionalizadas através de matrizes insumo-produto, de forma análoga à economia industrial. Nesses termos, os representantes das famílias e firmas são classificados em: setores básicos, de varejo e populacionais. Todos esses setores podem ser subdivididos, tornando possível a segmentação populacional conforme seus rendimentos (baixa, média e alta renda). Assim, assume-se que esses setores interagem entre si para realizar as seguintes atividades: residir, empregar e fabricar bens/serviços. Enquanto a primeira atividade é produzida pelos residentes, as demais ficam à cargo dos setores produtivos. Quando analisadas do ponto de vista da produção, as atividades abordam a localização dos setores, pois cada entidade realiza sua produção no seu local de origem, seja um domicílio ou uma sede comercial. Já quando são visualizadas sob a perspectiva do consumo, as atividades revelam as interações, na forma de demanda por outros setores, compreendendo a noção de estrutura urbana. Essa lógica é incorporada pelas formulações matemáticas inerentes ao SUS, conforme descrito e criticado a seguir.

Análise crítica da modelagem do subsistema de uso do solo no TRANUS

De forma geral, a modelagem do SUS realizada pelo TRANUS pode ser dividida em três etapas (Figura 4). São elas: (i) simulação das decisões locacionais; (ii) estimativa da quantidade de espaço a ser consumida; e (iii) determinação dos preços imobiliários. Deles, dedicamos atenção especial ao primeiro, pois são as funções matemáticas desse grupo que contêm as determinantes (atributos e medidas de desempenho) das decisões locacionais, além dos parâmetros comportamentais que são calibrados para cada setor. Nesse ponto, destacamos que os responsáveis pela modelagem calibram os parâmetros comportamentais a partir de dados observáveis, garantindo que as medidas de desempenho se aproximem do cenário atual. Nesse caso, busca-se alcançar as quantidades de setores e de solo ocupado por zona no cenário-base. Embora as formulações que dizem respeito à demanda por espaço não sejam analisadas neste artigo, reconhecemos a importância dessa demanda na formação dos preços imobiliários, conforme representado na Figura 2.



Equação	Legenda	Determinante
1. $U_{ij}^n = \lambda^n (p_j^n + h_j^n) + t_{ij}^n$	p_j^n Preço de produção h_j^n Preço sombra t_{ij}^n Desutilidade de deslocamento λ^n Fator preço	Preços imobiliários Forma urbana e nível de serviço Restrições econômicas
2. $Pr_{ij}^n = \frac{(A_j^n)^{\alpha^n} \exp(-\beta^n \bar{U}_{ij}^n)}{\sum_j (A_j^n)^{\alpha^n} \exp(-\beta^n \bar{U}_{ij}^n)}$	\bar{U}_{ij}^n Desutilidade marginal A_j^n Atratividade α^n Fator de escala β^n Elasticidade da decisão locacional	Preços, forma e nível de serviço Padrão de uso do solo Restrições econômicas
3. $X_{ij}^n = X_i^n \times P_{ij}^n$	X_i^n Demanda pelo setor	Estrutura espacial urbana
4. $X_j^n = \sum_i X_{ij}^n$	$\sum_i X_{ij}^n$ Interações do setor	Estrutura espacial urbana

Figura 4 – Modelagem do SUS (TRANUS) – Equações da decisão locacional. A letra “n” corresponde aos setores especificados pelo modelador, enquanto as letras “i” e “j” compreendem respectivamente, as zonas de consumo e de produção desses setores. Fonte: Elaborada pelos autores.

A função desutilidade (Equação 1) apresenta duas parcelas, a saber: o desempenho dos transportes (t_{ij}^n) e os preços imobiliários, representados pelos preços de produção (p_j^n) e sombra (h_j^n). A principal diferença entre esses dois tipos de preços é que o primeiro advém da relação demanda/oferta modelada, enquanto o segundo representa aspectos subjetivos da decisão locacional, como segurança ou preferências territoriais (Sousa, 2016). Desse modo, com o preço sombra, o TRANUS consegue modelar situações em que o preço do solo de uma área é maior (ou menor) por motivos que não estão atrelados exclusivamente à quantidade de pessoas que ali desejam residir, como residir próximo à praia, parques ou praças. Para regular o peso dessas determinantes, o modelo incorpora o fator de preço (λ^n) que indica qual parcela da função predomina nas decisões de cada setor. Tal parâmetro é calibrado a partir de um cenário-base, sendo mantido fixo durante a simulação de cenários futuros. Da mesma maneira, somente os preços de produção são modelados nas avaliações *ex-ante*, enquanto os preços sombras são mantidos constantes entre os cenários. Como consequência, assume-se que as tendências comportamentais não irão se alterar após intervenções de transporte. Pela discussão deste artigo, entende-se que os preços sombras poderiam ser vinculados às prospecções dos promotores imobiliários, já que são esses agentes que modificam a oferta do SUS, influenciando as novas formas de ocupação do futuro.

Na sequência, a primeira função é incorporada por um modelo probabilístico *logit multinomial* (Equação 2). Dele, destaca-se as seguintes variáveis: atratividade da zona para o setor (A_j^n), fator de escala (α^n) e elasticidade da decisão locacional (β^n). O atributo atratividade exerce um papel oposto à desutilidade, sendo oportuno que represente as vantagens locacionais das zonas de ocupação. Em geral, os métodos convencionais tratam a atratividade como uma variável *dummy* (0 ou 1), conferindo valor

nulo quando não houver nenhum representante do setor na zona. Dessa forma, é possível associar esse atributo às características funcionais do uso solo, considerando a oferta das atividades pelo território. Assim, também seria possível vincular a atratividade a algum indicador inerente ao componente locacional da acessibilidade. Enquanto isso, os dois parâmetros comportamentais dessa equação revelam aspectos inerentes aos setores, representando o grau de liberdade do processo decisório, isto é, a capacidade de um setor usufruir as vantagens locacionais de uma zona, apesar dos custos envolvidos na escolha.

Posteriormente, cada probabilidade “ $i-j$ ” é multiplicada pela demanda pelos setores na zona “ i ” de consumo (Equação 3). Ou seja, utilizando o setor populacional como exemplo, essa demanda pode ser representada como a quantidade da população de baixa renda que é demandada na zona “ i ”. Assim, os representantes dos setores são distribuídos pelo território a partir de seus engajamentos em atividades. Portanto, é possível dizer que a “demanda pelos setores” também representa o componente locacional da acessibilidade, na medida em que pode ser associada à estrutura urbana; enquanto a atratividade é relacionada ao padrão de uso do solo. Por fim, considerando todas as zonas de consumo “ i ”, o modelo obtém os setores que produzem suas atividades (entenda-se, localizam-se) em uma determinada zona através de um somatório (Equação 4).

Diante disso, verificamos que o TRANUS representa a maior parte das determinantes apontadas na Figura 2, assumindo que os preços sombras são capazes de revelar preferências territoriais, as quais podem advir de aspectos subjetivos e de vantagens construtivas. Contudo, nota-se que ele não é capaz de prever o potencial de valorização vinculado à expectativa de planos e intervenções. Ademais, destacamos que essa ferramenta considera as restrições e os interesses específicos de cada grupo socioeconômico, refletindo o componente individual da acessibilidade. Já no que concerne às inter-relações entre as escolhas de localização, reforçamos que o TRANUS não simula a tomada de decisão do Estado, sobretudo no que diz respeito à distribuição de infraestrutura urbana. Como em qualquer modelo, as intervenções estatais devem ser introduzidas como dados exógenos; e geralmente o são para fins de avaliação. Desse modo, retomando a Figura 3, apontamos que não são modeladas as eventuais intervenções do tipo A, geralmente catalisadas pelos movimentos de autossegregação.

Além disso, ressaltamos que através dos métodos usuais de calibração e validação somente serão modelados os processos socioespaciais que forem previamente conhecidos, já que os parâmetros comportamentais não se alteram como resultado do modelo. Contudo, considerando a discussão deste trabalho, entende-se que alguns parâmetros e atributos podem ser associados a indicadores específicos, com o intuito de agregar maior confiabilidade à simulação de cenários futuros. Por fim, reforçamos a necessidade da simulação de pelo menos dois cenários-horizonte, com o intuito de contemplar a integração tempo-espacó. Isso porque, na qualidade de um modelo quase-dinâmico, o TRANUS simula as decisões locacionais de forma discreta e, portanto, as inter-relações entre as escolhas de diferentes grupos precisam ser operacionalizadas sequencialmente.

Conclusões e recomendações

Acreditamos que este trabalho tenha produzido dois tipos de contribuições importantes: (a) fenomenológica, fruto das sínteses conceituais das determinantes da decisão locacional e das inter-relações dessa decisão para grupos socioeconômicos distintos (Figuras 2 e 3); e (b) metodológica, com os questionamentos decorrentes da discussão do alinhamento entre a fundamentação conceitual apresentada e a formulação matemática inerente a modelos LUTI econometrícios desse fenômeno.

À luz da discussão realizada, observamos inicialmente que a localização das atividades já não configura um simples dado de entrada, tendo se tornado objeto dos esforços de modelagem LUTI. Contudo, mesmo nos modelos conceituais, ainda é possível constatar algumas inadequações referentes

ao processo de decisão locacional. Em vista disso, como primeira contribuição fenomenológica conceitual, buscamos evidenciar as relações entre os preços imobiliários e a acessibilidade, identificando esses dois elementos como as principais determinantes das escolhas de localização. Além disso, destacamos a existência de alguns fatores intangíveis, os quais são capazes de influenciar simultaneamente a escolha retratada e a dinâmica imobiliária. Tratando-se de diferentes grupos socioeconômicos, reconhecemos que essas determinantes assumem pesos distintos, principalmente em contextos de notória desigualdade social.

Em adição, destacamos que a população privilegiada consegue fomentar oscilações nos preços imobiliários, atraindo intervenções estatais para as suas regiões de interesse. Consequentemente, é possível que se assista ao desenvolvimento ou fortalecimento de processos socioespaciais como segregação e fragmentação. Assim, como segunda contribuição fenomenológica conceitual, buscamos representar as inter-relações entre as decisões locacionais de grupos antagônicos, considerando a integração espaço-tempo. Conforme discutido, essas decisões se interligam através dos preços imobiliários, que se alteram após a ação de diferentes atores, que produzem e modelam o espaço. Como resultado, entre cenários temporais distintos, é possível notar alterações no uso do solo.

À luz das representações conceituais aqui desenvolvidas, buscamos então investigar se o modelo operacional LUTI selecionado representava adequadamente as determinantes do processo de decisão locacional; bem como se o seu mecanismo era capaz de simular as inter-relações mencionadas anteriormente. Diante dessa análise, concluímos que mesmo plataformas LUTI consolidadas como o TRANUS podem falhar na simulação de processos socioespaciais decorrentes de intervenções no ST, principalmente quando o planejador responsável pela modelagem não se apropria adequadamente da ferramenta e tampouco do fenômeno. Acreditamos que tal conclusão configure uma contribuição metodológica deste trabalho, na medida em que se reconhece que a modelagem operacional LUTI deve ser executada (e antes concebida) com base em modelos conceituais acerca do fenômeno de interesse.

Por fim, recomendamos para pesquisas futuras a ampliação dessa discussão para modelos LUTI desagregados, bem como para outros métodos de análise no contexto de avaliações ex-ante, os quais possam ser utilizados em diferentes escalas espaciais e temporais, considerando os distintos níveis de planejamento e tomada de decisão.

Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES pela concessão de bolsa de mestrado e ao CNPq pela concessão de bolsa de produtividade em pesquisa, ambas fundamentais ao desenvolvimento deste trabalho.

Referências

- Arentze, T., & Timmermans, H. (2009) A need-based model of multi-day, multi-person activity generation. *Transportation Research. Part B: Methodological*, 43(2), 251–265. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2008.05.007>.
- Batty, M. (2009). Cities as complex systems: scaling, interactions networks, dynamics and urban morphologies. In Meyers, R. A. (Ed.). *The Encyclopedia of Complexity & System Science* (vol. 1, p. 1041-1071). New York: Springer.
- Bertolini, L., Le Clercq, F., & Kapoen, L. (2005). Sustainable accessibility: a conceptual framework to integrate transport and land use plan-making. Two test-applications in the Netherlands and a reflection on the way forward. *Transport Policy*, 12(3), 207-220. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tranpol.2005.01.006>.
- Bonnel, P., Coulombel, N., Prados, E., Sturm, P., Boittin, C., Bouzouina, L., Delgado, J. C., Delons, J., Bonnel, P., Coulombel, N., Prados, E., Sturm, P., Arnaud, E., Bonnel, P., Coulombel, N., Prados, E., Sturm, P., & Arnaud, E. (2014). A survey on the

calibration and validation of integrated land use and transportation models. In *Symposium Towards Integrated Modelling of Urban Systems*. Lyon.

Botelho, A. (2005). *O financiamento e a financeirização do setor imobiliário: uma análise da produção do espaço e da sócio-espacial através do estudo do mercado da moradia na cidade de São Paulo* (Tese de doutorado). Universidade de São Paulo, São Paulo.

Brömmelstroet, M. T., & Bertolini, L. (2011). The role of transport-related models in urban planning practice. *Transport Reviews*, 31(2), 139-143. <https://doi.org/10.1080/01441647.2010.541295>

Bruton, M. J., (1979). *Introdução ao Planejamento dos Transportes* (1. ed.). Rio de Janeiro: Interciência.

Carlos, A. F. A (2014) Da "Organização" à "Produção" do Espaço no Movimento do Pensamento Geográfico In CARLOS, A. F. A., SOUZA, M. L.; SPOSITO, M. E. B. (orgs.) *A Produção do Espaço: agentes e processos, escalas e desafios* (53-73). São Paulo: Contexto.

Cascetta, E. (2009). *Transportation Systems Analysis* (2a ed.). New York: Springer.

Corrêa, R. L. (1989) *O Espaço urbano*. São Paulo: Ática.

de la Barra, T. (1989). *Integrated land use and transport modeling - decision chains and hierarchies*. Cambridge: Cambridge University Press. <http://dx.doi.org/10.1017/CBO9780511552359>.

Fávero, L. P. L., Belfiore, P. P., & De Lima, G. A. S. F. (2008). Modelos de Precificação Hedônica de Imóveis Residenciais na Região Metropolitana de São Paulo: Uma Abordagem sob as Perspectivas da Demanda e da Oferta. *Estudos Econômicos*, 38(1), 73-96. <https://doi.org/10.1590/s0101-41612008000100004>.

Geurs, K. T., & van Wee, B. (2004). Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: Review and research directions. *Journal of Transport Geography*, 12(2), 127-140. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2003.10.005>

Geurs, K. T., & van Wee, B. (2013) Land use and transporte. In: van Wee, B; Annema, J. A.; Banister, D. (orgs.) *Transport System and Transport Policy* (p. 78-100). Cheltenham: Edward Elgar.

Guigou, J. L (1982) *La Rente Fonciere*. Paris: Económica.

Harvey, D. (2013) *Os limites do capital*. São Paulo: Boitempo.

Harvey, D. (2019). *Spaces of global capitalism: a theory of uneven geographical development* (3. ed.). London: Verso.

Hunt, J. D., Kriger, D. S., & Miller, E. J. (2005). Current operational urban land-use-transport modelling frameworks: A review. *Transport Reviews*, 25(3), 329-376. <https://doi.org/10.1080/0144164052000336470>.

Ibraeva, A., Correia, G. H. de A., Silva, C., & Antunes, A. P. (2020). Transit-oriented development: A review of research achievements and challenges. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 132 (October 2019), 110-130. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.10.018>

Ihlanfeldt, K. R., & Sjoquist, D. L. (1998). The Spatial Mismatch Hypothesis: A Review of Recent Studies and Their Implications for Welfare Reform. *Housing Policy Debate*, 9(4), 849-892. <https://doi.org/10.1080/10511482.1998.9521321>

Lees, L; Slater, T. ; & Wyly, E. (2008). *Gentrification*. New York: Routledge.

Lefebvre, H. (1991) *The Production of Space*. Oxford: Blackwell.

Lojikine, J. (1979). "Existe uma renda fundiária urbana?" In Forti, R. (org.) *Marxismo e Urbanismo Capitalista: textos críticos*. São Paulo: Editora Ciências Humanas.

Lopes, A. S., Loureiro, C. F. G., & Van Wee, B. (2019). LUTI operational models review based on the proposition of an a priori ALUTI conceptual model. *Transport Reviews*, 39(2), 204-225. <https://doi.org/10.1080/01441647.2018.1442890>

Lucas, K. (2012). Transport and social exclusion: Where are we now? *Transport Policy*, 20, 105-113. doi:10.1016/j.tranpol.2012.01.013

Maricato, E. (2001). *Brasil, cidades: alternativas para a crise urbana* (3. ed.) Petrópolis: Vozes.

Miller, E. J. (2003). Land Use: Transportation Modeling. In K. G. Goulias (Ed.), *Transportation systems planning: methods and applications* (p. 155–178). CRC PRESS.

Miller, E. J. (2018). Accessibility: measurement and application in transportation planning. *Transport Reviews*, 38(5), 551-555. <https://doi.org/10.1080/01441647.2018.1492778>.

Modelistica (2011). TRANUS - Descrição Geral. Caracas: Modelistica.

Morin, E. (2015). *Introduction à la pensée complexe*. Paris: Le Seuil.

Ortúzar, J. D., & Willumsen, L. G. (2011). *Modelling Transport* (4th ed.). Wiley.

Petty, M. D. (2009) Verification and Validation. In Sokolowski, J. A., & Banks, C. M. (eds.) *Principles of Modeling and Simulation* (121-149). New Jersey: Wiley.

Ribeiro, L. C. Q. (1986) *Notas sobre a renda da terra urbana*. Cadernos IPPUR/UFRJ, 1.

Rodrigue, J.-P., Comtois, C., & Slack, B. (2013). *The Geography of Transport Systems* (3rd ed.). Routledge.

Saujot, M., de Lapparent, M., Arnaud, E., & Prados, E. (2016). Making land use - Transport models operational tools for planning: From a top-down to an end-user approach. *Transport Policy*, 49, 20-29. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2016.03.005>

Santos, M. (2018) *A Urbanização Desigual: a Especificidade do Fenômeno Urbano em Países Subdesenvolvidos* (3. ed.). São Paulo: Edusp.

Senna, L. A. S. (2014) *Economia e Planejamento dos Transportes*. Rio de Janeiro: Elsevier.

Singer, P. (1982) O Uso do Solo Urbano na Economia Capitalista. In Maricato, E. (org.) *A Produção Capitalista da Casa (e da Cidade) no Brasil Industrial* (2a ed.). São Paulo: Alfa-Omega.

Smolka, M. (1979) *O preço da terra e valorização imobiliária urbana: esboço para o enquadramento conceitual da questão*. Rio de Janeiro: IPEA.

Sokolowski, J. A., & Banks, C. M. (2009). *Principles of Modeling and Simulation*. Wiley.

Sousa, F. F. L. de M. (2016). *Metodologia de Calibração para Modelos integrados dos transportes e uso do solo* (Dissertação de mestrado). Departamento de Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

Sousa, F. F. L. de M., Loureiro, C. F. G., & Lopes, A. S. (2017). Representação do fenômeno urbano por meio de modelos integrados dos transportes e uso do solo: revisão da literatura e discussão conceitual. *TRANSPORTES*, 25(4), 96-108. <https://doi.org/10.14295/transportes.v25i4.1319>.

Sposito, M. E. B. (2013) Segregação socioespacial e centralidade urbana. In Vasconcelos, P. A., Corrêa, R. L., Pintaudi, S. M. (orgs.) *A cidade contemporânea: segregação Espacial* (61-93). São Paulo: Contexto.

Wee, B., & Geurs, K. (2011). Discussing equity and social exclusion in accessibility evaluations. European *Journal of Transport and Infrastructure Research*, 11(4), 350–367. Retrieved from http://www.ejtir.tbm.tudelft.nl/issues/2011_04/abstracts/2011_04_01.asp

Van Acker, V.; Van Wee, B., & Witlox, F. (2010) When Transport Geography Meets Social Psychology: Toward a Conceptual Model of Travel Behaviour, *Transport Reviews*, 30(2), 219-240. <https://doi.org/10.1080/01441640902943453>.

Vasconcelos, P. A. (2013). Contribuições para o debate sobre processos e formas socioespaciais nas cidades. In Vasconcelos, P. A., Corrêa, R. L., & Pintaudi, S. M. (Orgs.). *A cidade contemporânea: segregação Espacial* (p. 17-38). São Paulo: Contexto.

Villaça, F. (2001). *Espaço intra-urbano no Brasil*. Studio Nobel: FAPESP: Lincoln Institute.

UN-Habitat. (2003). The challenge of slums: global report on human settlements. London: Earthscan Publications Ltd.

Waddell, P. A. (2002) UrbanSim: Modeling Urban Development for Land Use, Transportation, and Environmental Planning. *Journal of the American Planning Association*, 68(3), 297-314. doi:10.1080/01944360208976274.

Wehba, C. & Rufino, M. B. (2021) Os significados da infraestrutura nos negócios imobiliário-financeiros: reflexões a partir de três empreendimentos liderados pela Odebrecht. In Rufino, M. B. & Wehba, C. (orgs.), *Infraestrutura na reestruturação do capital e do espaço: análises em uma perspectiva crítica* (p. 169-197). Rio de Janeiro: Letra Capital.

Wegener, M., & Fürst, F. (1999). Land-Use Transport Interaction: State of the Art. Dortmund: Institut für Raumplanung. <http://ideas.repec.org/p/wpa/wuwpur/0409005.html>

Editor responsável: Rodrigo Firmino

Recebido: 03 nov. 2021

Aprovado: 12 abr. 2022