EXTERNALIDADES DO TRANSPORTE NO JOGO DA MOBILIDADE URBANA[1]

Carlos Henrique Ribeiro de Carvalho[2]

SINOPSE

O artigo apresenta uma discussão teórica sobre a importância da internalização dos custos das externalidades negativas (custos sociais) do transporte urbano individual na estrutura de precificação do sistema de mobilidade. Defende-se que isso beneficiaria o transporte público coletivo, melhorando a qualidade de vida da população. Por meio da teoria de jogos, apresenta-se uma discussão sobre políticas públicas de precificação das externalidades do transporte urbano, sem as quais o transporte individual torna-se muito mais atrativo e predominante em detrimento do transporte coletivo público, o que torna o sistema de mobilidade urbana cada vez menos sustentável e inclusivo. O artigo apresenta as condições necessárias para que o equilíbrio de Nash coincida com o equilíbrio de Pareto, no qual o uso do transporte público coletivo se torna a melhor alternativa no jogo da mobilidade.

Palavras-chave: mobilidade urbana; externalidades e precificação.

ABSTRACT

The article presents a theoretical discussion on the importance of internalizing the negative externalities (social costs) of individual urban transport in the cost structure of the mobility system. This would benefit collective public transport and improving the population's quality of life. Through game theory there is a discussion about urban transport externalities pricing policies. Without externalities pricing policies, individual transport becomes much more attractive and predominant, which makes the urban mobility system increasingly less sustainable.

Keyword: urban mobility; externalities and pricing.

1 INTRODUÇÃO

Muito se discute sobre os problemas duais de financiamento para bens públicos puros (benefícios são públicos e custos são privados) e exploração de acessos comuns abertos (custos são públicos e benefícios privados). Sandler e Arce (2003) exploraram a teoria de jogos para discutir esses pontos na situação de terras com pastoreio coletivo, afirmando que há uma diferença básica nas motivações entre esses problemas. No caso do jogo da contribuição,

---

1. DOI: https://dx.doi.org/10.38116/brua33art15

2. Técnico de planejamento e pesquisa na Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Dirur/Ipea).

a melhor estratégia é não agir (não contribuir), pois o equilíbrio de Nash[3] ocorre quando ambos não contribuem, apesar do equilíbrio de Pareto[4] ocorrer na situação contrária, ou seja, os dois contribuindo. Assim, deveria haver políticas no sentido da ação. No uso de recursos comuns, ocorreria o inverso, sendo importante a adoção de políticas para inibir a ação que degrada os recursos por parte dos agentes.

O transporte urbano também poderia ser discutido sob esse prisma. Imagine-se uma modelagem da teoria de jogos para analisar o processo de escolha modal do transporte urbano, considerando como estratégias o uso do transporte individual (TI) ou do transporte público coletivo (TPU) pelos usuários, havendo o problema do financiamento do TPU e o uso excessivo dos recursos comuns das cidades, principalmente o espaço urbano limitado e o ar que a população respira.

A hipótese é que, se não houver políticas específicas de internalização das externalidades geradas, o equilíbrio do jogo tenderia para a situação em que as pessoas continuariam a utilizar seus carros e motos mesmo que isso trouxesse impactos negativos às cidades sob a forma de maior poluição, sinistros e congestionamentos, além de problemas de sustentabilidade financeira do TPU.

Adaptando a linha de análise de Sandler e Arce (2003) no caso do pastoreio coletivo para a situação do transporte urbano, buscou-se discutir, com base na teoria dos jogos, a necessidade de implementação de políticas de internalização dos custos das externalidades do transporte a fim de se atingir a condição de Pareto de maior uso do TPU pela população de usuários não cativos[5] desse modal. As seções seguintes apresentam a modelagem ilustrativa de jogos utilizada, a análise conceitual do processo de internalização das externalidades e as principais conclusões tiradas dessas discussões.

2 MODELAGEM DO JOGO DA MOBILIDADE URBANA

Para a construção do modelo, considere-se a situação na qual a população de uma cidade realiza seus deslocamentos motorizados por TI – basicamente, por automóveis –, ou por TPU – no caso, sistemas de ônibus com compartilhamento de vias com os automóveis.[6] Se a população escolhe se deslocar majoritariamente por TPU, haverá menos custos de externalidades representados pelo menor uso do espaço urbano; menor quantidade de vítimas de acidentes de trânsito; menor emissão de poluentes veiculares; entre outras. Por um lado, o transporte público apresenta menores externalidades, em função da maior eficiência desse tipo de transporte em relação ao TI. Por outro lado, se a população opta por majoritariamente realizar deslocamentos individualizados, as externalidades negativas do sistema de mobilidade são maiores.

3. O equilíbrio de Nash ocorre quando é fixada a jogada de ambos os jogadores e não há como um deles mudar de estratégia sem que haja perda de *payoff* ou bem-estar. A tendência é que o jogo termine em situações de equilíbrio de Nash.
4. O equilíbrio de Pareto ocorre quando é fixada a jogada de ambos os jogadores e não há como um deles mudar de estratégia sem que haja perda de *payoff* ou bem-estar de um deles. O ótimo de Pareto é a situação em que se otimizam os *payoffs* de ambos os jogadores simultaneamente. É o que se pode considerar como socialmente justo no processo de escolha.
5. Usuários não cativos são aqueles cuja renda lhes permite escolher que modal de transporte usar; usuários cativos são aqueles cuja renda não lhes permite utilizar transporte individual.
6. Esta é a realidade da maior parte dos centros urbanos brasileiros, abrangendo grande parte da população dessas cidades.

Dessa forma, pode-se representar esse processo de escolha em uma modelagem da teoria de jogos onde o *payoff*[7] dos indivíduos dependeria da interação entre a sua escolha e também da escolha dos demais indivíduos. Para ilustrar o raciocínio desenvolvido no trabalho, considere-se uma situação hipotética na qual existem dois indivíduos, ou dois grupos de indivíduos, com duas possibilidades de deslocamento motorizado: individual e coletivo.

Nessa situação hipotética, o custo privado[8] do TPU seria de 4 unidades monetárias (u.m.) quando no máximo um grupo opta pelo TPU, e 3 u.m. quando os dois grupos optam por ele, uma vez que o ganho de escala e produtividade reduz o custo da viagem. Mesmo sendo mais eficiente do que o TI, também há geração de externalidades negativas nesse transporte, apesar de estas serem bem menores do que o observado no TI.

O custo privado[9] do TI seria em média de 8 u.m. se apenas um grupo optasse por usá-lo, e de 9 u.m. se os dois grupos utilizassem esse tipo de modalidade de transporte – o custo é maior em função dos congestionamentos formados. De outro modo, se apenas um grupo utilizasse o TI, o custo com uso do espaço representaria 2 u.m.; se os dois grupos o utilizassem, esse custo subiria para 3 u.m., pois com maior demanda a tendência é que os gastos com estacionamento em espaço público e eventualmente com os pedágios também subiriam. O TPU não apresenta custo pelo uso do espaço urbano, já que não há necessidade de pagamento de estacionamento público nem de pedágios.

Além desses custos internalizados de responsabilidade direta dos usuários quando usam as modalidades motorizadas, podem-se considerar ainda na estrutura de custos dos sistemas de mobilidade os custos externos (externalidades negativas) gerados pelo uso das modalidades de transporte que são absorvidos pela sociedade em geral. Os maiores exemplos disso são os congestionamentos urbanos, que geram atrasos para toda a população; a poluição veicular, que provoca doenças respiratórias, principalmente em crianças e idosos; os sinistros de trânsito, que implicam custos adicionais na saúde, na previdência, no sistema patrimonial público e privado etc. (Ipea,1998; Carvalho *et al.*, 2015; Carvalho e Lucas, 2023; De Bruyn *et al.*, 2010).

Nesse exercício hipotético, seguindo a lógica de maior eficiência dos sistemas motorizados coletivos em relação aos individuais, além da maior geração de externalidades com o uso intensivo do TI (no caso de os dois grupos utilizarem o TI), trabalhou-se com valores do custo externo de 9 u.m. para os usuários de TI quando o outro grupo escolhe TPU, e 13 u.m. para os usuários de TI quando os dois grupos utilizam essa modalidade. Os custos externos do TPU seriam de 3 u.m. nessa modelagem exemplificativa.

Em termos de benefícios diretos para os usuários, pode-se considerar a disponibilidade e a acessibilidade ao território como o principal deles, sendo a acessibilidade dos usuários de TI maior, em função de este transporte oferecer um serviço porta a porta para qualquer lugar da cidade, a qualquer tempo. O TPU tem algumas restrições de acessibilidade em função da menor abrangência geográfica e da disponibilidade temporal (horários das viagens). Outros benefícios estão ligados às condições de rapidez e conforto dos deslocamentos, sendo que o TI apresenta melhores condições nesses itens.

7. O *payoff* pode-se interpretar, neste caso, como o bem-estar individual ou o nível de satisfação medido numa hipotética curva de utilidade.

8. Tarifa ou preço cobrado aos usuários diretos.

9. Gastos diretos dos usuários de veículos privados nos deslocamentos realizados, composto principalmente por gastos com combustíveis, entre outros custos diretos variáveis.

A tabela 1 apresenta os resumos desses parâmetros hipotéticos que embasarão os resultados de equilíbrio e, consequentemente, as análises contextuais realizadas.

TABELA 1

Parâmetros de custos e benefícios da modelagem de jogos para o caso de escolha entre usar TI ou usar TPU: situação hipotética

(Em u.m.)

Estratégias	Custos internos			Benefícios internos				*Payoff* privado (C = B - A)	Custos externos (D)	*Payoff* total (E = C - D)
	Custo da viagem	Uso do espaço urbano	Custo total (A)	Acessibilidade	Tempo de viagem	Conforto	Benefício total (B)			
Um grupo usa TI	8	2	10	10	6	6	22	12	10	2
Um grupo usa TPU	4	0	4	6	1	1	8	4	3	1
Dois grupos usam TI	9	3	12	10	5	5	20	8	14	-6
Dois grupos usam TPU	3	0	3	6	2	0	8	5	2	3

Elaboração do autor.
Obs.: Utilizaram-se valores hipotéticos.

3 EQUILÍBRIO DE NASH E CONDIÇÃO DE PARETO NO JOGO DA MOBILIDADE

A partir dos parâmetros hipotéticos estabelecidos (tabela 1), pôde-se calcular a tabela dos *payoffs* individuais (tabela 2) em função das estratégias adotadas pelos jogadores de acordo com a modelagem da teoria dos jogos. Como a escolha da tecnologia é individual e pressupõe a melhor relação custo-benefício privado imediato (maximização de sua utilidade), os custos externos não são considerados nesse processo. As pessoas consideram no processo de escolha modal apenas os custos internos privados da viagem (quanto vão gastar) e seus benefícios diretos privados ao usar aquela tecnologia.

TABELA 2

***Payoffs* da modelagem de jogos considerando apenas os parâmetros de escolha individual: custos e benefícios internos**

(Em u.m.)

	Estratégias	Grupo 2			
		Usar TI		Usar TPU	
Grupo 1	Usar TI	8	8	12	4
	Usar TPU	4	12	5	5

Elaboração do autor.

Assim, o grupo obtém máxima utilidade (bem-estar) quando utiliza TI e o outro grupo utiliza TPU (*payoff* de 12 u.m.). Isso ocorre porque ele se aproveita da máxima conveniência (benefícios) do TI, sem que haja muitos custos adicionais da intensificação da utilização dessa modalidade, já que o outro grupo utiliza TPU. Por outro lado, o menor *payoff* é obtido pelo grupo que escolhe usar TPU enquanto seu adversário no jogo utiliza TI. O *payoff* neste caso é de apenas 4 u.m. Os benefícios internos privados do TPU, por natureza, são menores do que os do TI, e isso se intensifica quando o outro grupo utiliza TI, em função da degradação das condições de operação (tempo de viagem) e também da perda de escala do TPU, que gera aumento de custos e tarifa (perda de produtividade).

Observe-se que o equilíbrio de Nash é alcançado quando ambos os grupos escolhem usar TI (*payoff* de 8 u.m.), ao contrário do equilíbrio de Pareto, que é alcançado quando os dois grupos escolhem utilizar o transporte público. As estratégias de Nash e Pareto são diametralmente opostas entre si, o que se torna um grande problema, pois o jogo tende a se equilibrar em uma situação muito distante do que se pressupõe socialmente desejável, de um ponto de vista da sustentabilidade econômica, ambiental e social.

Outro aspecto da teoria dos jogos que esse exercício mostra é que a estratégia de utilizar transporte público é dominada, enquanto a estratégia de utilizar o transporte motorizado individual é uma estratégia dominante. Ou seja, independentemente da situação do jogo (escolha do adversário), é sempre interessante escolher a modalidade individual, pois o *payoff* será maior. Esse é o maior dilema hoje da competição entre transporte público e privado. O primeiro não apresenta muita atratividade, com perda de qualidade frequente, além de a grande vantagem competitiva que possuía, que era a estrutura de custos tarifários baixos, estar se deteriorando com políticas de aumentos reais ocorridos nas últimas décadas (Carvalho *et al.*, 2013; Carvalho e Lucas, 2022).

Esse exercício mostra que em função dos altos benefícios privados no processo de escolha modal, a tendência de equilíbrio tende para a modalidade mais impactante sob o ponto de vista socioambiental, que é o transporte motorizado individual. Assim, o transporte público fica restrito às camadas mais pobres da população, enquanto os demais estratos sociais utilizam o TI majoritariamente. Com isso, não há escala suficiente para melhorar as condições de oferta e o sistema de transporte vai se degradando ao longo do tempo, reduzindo os seus benefícios internos e se distanciando cada vez mais das classes sociais superiores. E assim vai se consolidando o círculo vicioso do aumento do TI e da redução do TPU no mercado de transporte urbano (Carvalho *et al.*, 2013).

Fica claro que, se não houver políticas de oneração dos custos ou redução dos benefícios do TI, o TPU estará fadado a desaparecer, ou ficar restrito a uma demanda cativa formada por passageiros gratuitos e pessoas cuja renda não lhes permite migrar para o TI. Nessa situação, com o modelo atual de custeio ancorado na arrecadação tarifária, os sistemas tendem a se degradar cada vez mais.

4 INTERNALIZAÇÃO DAS EXTERNALIDADES E O NOVO EQUILÍBRIO DO JOGO

E se houvesse políticas públicas que internalizassem os custos externos das modalidades de transporte, como ficaria o equilíbrio do jogo? A tabela 3 mostra os resultados de equilíbrio do jogo considerando agora os custos externos (coluna E da tabela 1) associados à utilização de cada modalidade. É como se houvesse um imposto pigoviano[10] incidindo sobre cada composição de estratégias adotadas pelos grupos de indivíduos.

10. Imposto com base nas externalidades produzidas: quem polui mais paga mais (Pigou, 1920).

TABELA 3

***Payoffs* da modelagem de jogos considerando os parâmetros de escolha individual e a internalização dos custos externos associados a cada modalidade de transporte: custos e benefícios internos e externos**

(Em u.m.)

	Estratégias	Grupo 2			
		Usar TI		Usar TPU	
Grupo 1	Usar TI	-6	-6	2	1
	Usar TPU	1	2	3	3

Elaboração do autor.

Obviamente, com o aumento dos custos em função da incorporação das externalidades negativas na estrutura de custos das modalidades, os *payoffs* caem em todas as situações. O menor *payoff* agora ocorre na situação de ambos os grupos utilizarem o TI, porque os custos das externalidades compensados pelos usuários dessa modalidade são muito altos.

Nessa nova condição, o equilíbrio de Nash (tendência de equilíbrio do jogo) é encontrado na solução na qual os dois grupos optam por utilizar o TPU. Veja que essa solução também se constitui no equilíbrio de Pareto, pois não há como algum jogador mudar de estratégia sem que haja prejuízo para um dos jogadores. Isto se constitui na composição do jogo ideal, pois a solução de equilíbrio de Nash se iguala a uma solução de Pareto.

Para atingir essa solução de igualdade entre a solução de Nash e de Pareto, é necessária a adoção de políticas públicas que induzam as pessoas a atingirem esse resultado. Isto é conseguido com políticas que, por um lado, ou aumentem os custos do TI ou que reduzam seus benefícios, e por outro lado reduzam os custos do TPU ou aumentem seus benefícios.

De acordo com o tabuleiro do jogo considerado, pode-se deslocar o equilíbrio de Nash do primeiro quadrante (TI *x* TI) para o último quadrante (TPU *x* TPU) quando o *payoff* da utilização de TPU pelos dois grupos é maior do que o *payoff* da situação em que os dois jogadores escolhem o TI. Dessa forma, pode-se chegar à seguinte equação:

$$B_{2ti} - C_{2ti} - CEx_{2ti} < B_{2tpc} - C_{2tpc} - CEx_{2tpc}$$

$$\Leftrightarrow B_{2ti} - B_{2tpc} - C_{2tpc} - C_{2ti} \quad < CEx_{2ti} - CEx_{2tpc} \qquad (1)$$

$$\Delta B - \Delta C < \Delta CEx \Leftrightarrow \Delta PayOff_{inicial(2ti\backslash 2tpc)} < \Delta CEx_{(2ti\backslash 2tpc)} \qquad (2)$$

Sendo:

- B_{2ti} = benefícios de utilizar o TI na situação em que ambos os jogadores utilizam o TI (acessibilidade, tempo de viagem e conforto);
- B_{2TPU} = benefícios de utilizar o transporte coletivo na situação em que ambos os jogadores utilizam o TPU (acessibilidade, tempo de viagem e conforto);
- C_{2ti} = custo interno total na situação em que ambos os jogadores utilizam TI (custos dos deslocamentos realizados mais uso do espaço urbano);
- C_{2TPU} = custo interno total na situação em que ambos os jogadores utilizam TPU (custo da tarifa e uso de espaço urbano);

- $CEx_{(2ti\backslash 2TPU)}$ = custos das externalidades na situação em que ambos os jogadores utilizam a mesma modalidade (congestionamentos, poluição, acidentes, entre outras); e
- $\Delta PayOff_{inicial}$ = diferença de *payoff* das soluções com estratégias homogêneas (ambos os grupos escolhem a mesma modalidade) no cenário inicial, sem considerar os custos externos das modalidades (*payoff 2TI - payoff 2TPU*).

A equação (2) nos mostra que a diferença dos custos externos que serão internalizados dos dois modais (ônus acrescentado sobre os custos privados) tem que ser maior que a diferença dos *payoffs* privados entre as duas modalidades para que haja transferência de demanda para o TPU. Ou seja, a política de oneração tem que garantir que a diferença de custos externos a favor do TPU seja maior do que a vantagem inicial que a escolha pelo TI tinha sobre a escolha do TPU em termos de utilidade ou bem-estar gerado.

Para que a solução de Nash seja única, vale a mesma condição para a situação de escolha híbrida (um grupo escolhe TI e o outro, TPU). Por analogia, chega-se à equação (3).

$$\Delta B - \Delta C < \Delta CEx \Leftrightarrow \Delta PayOff_{inicial(ti_tpc\backslash 2tpc)} < \Delta CEx_{(ti_tpc\backslash 2tpc)} \quad (3)$$

Sendo:

- $\Delta PayOff_{inicial(ti_tpc\backslash 2tpc)}$ = diferença de *payoff* das soluções com estratégias mistas no cenário inicial e a solução única de utilizar TPU, sem considerar os custos externos das modalidades (*payoff TIxTI - payoff TPUxTPU*); e
- $\Delta CEx_{(ti\text{-}TPU\backslash 2TPU)}$ = diferença entre os custos das externalidades (congestionamentos, poluição, acidentes, entre outras) da situação mista e os da situação em que ambos os grupos escolhem TPU (*CEx TI_TPUx2TPU*).

De acordo com as equações (2) e (3), o equilíbrio de Nash é deslocado para a situação em que os dois grupos escolhem utilizar o TPU. Essa estratégia torna-se dominante quando a variação dos *payoffs* das estratégias de equilíbrio de Nash do jogo inicial (ambos utilizam TI), além da variação dos *payoffs* das soluções mistas, é menor do que a variação dos custos externos entre a solução homogênea de uso do TPU e as demais soluções que consideram o TI como estratégia possível. Desse modo, para que o TPU seja atrativo, a diferença das compensações das externalidades geradas entre as soluções que utilizam o TI e a solução de utilização exclusiva do TPU tem que ser maior do que as vantagens diretas de utilizar o TI, seja de forma exclusiva, seja de forma partilhada com o TPU. A forma de fazer isso é criar políticas de compensação pelas externalidades geradas por cada modalidade, internalizando assim esses custos não contabilizados na estrutura de jogo inicial.

Assim, a política de onerar o TI ou reduzir seu benefício relativo para tornar o TPU mais atrativo tem que gerar um resultado líquido superior à condição inicial da vantagem comparativa do TI no processo de escolha modal. Vale ressaltar que, para alterar o equilíbrio do jogo a favor do TPU, não necessariamente essa estrutura de ônus adicional sobre o TI tem que atingir exatamente o valor da diferença das externalidades geradas pelas modalidades; ela tem apenas que ser superior à diferença dos *payoffs* da situação inicial, na qual os custos externos não são considerados, conforme caracterizado na equação (3). Neste caso, há um deslocamento do equilíbrio em favor do TPU, apesar de nem todas as externalidades serem compensadas, apenas parte delas.

$$\Delta PayOff_{inicial(2ti\backslash 2tpc)} < \Delta PayOff_{inicial(ti-tpc\backslash 2tpc)} < \hat{O}nus_{TI} \leq \Delta CEx_{(2ti\backslash 2tpc)} \Leftrightarrow Deslocamento\ equilíbrio\ Nash\ a\ favor\ TPU \quad (4)$$

Sendo:

- $\hat{O}nus_{TI}$ = conjunto de medidas que visam onerar o TI e favorecer o TPU, seja aumentando seus custos privados, seja reduzindo seus benefícios diretos.

De acordo com a equação (4), a política de onerar o TI tem que gerar um resultado líquido a favor do TPU superior aos benefícios diretos (privados) de usar o TI na situação inicial. Assim, a questão-chave para uma política de oneração do TI a favor do TPU se torna a internalização dos custos das externalidades geradas pelas modalidades. A fim de mudar o equilíbrio de Nash para uso do TPU, é necessário que a oneração seja maior do que a variação dos benefícios privados no equilíbrio inicial. Além disso, se as variações das externalidades forem menores do que as variações dos benefícios privados, não vale a pena adotar medidas como esta, pois o custo privado seria muito alto para um baixo benefício social. A hipótese que se aventa aqui é que o custo das externalidades de sistemas com alto índice de uso de TI motorizado é tão elevado que compensaria a adoção de políticas restritivas do TI, pois os benefícios sociais das medidas compensariam os seus custos privados (Carvalho e Lucas, 2023).

Há muitas evidências da baixa atratividade do TPU em relação ao TI no Brasil, assim como os altos custos das externalidades envolvidas nos modos motorizados individuais, de forma a corroborar a hipótese aventada acima (Pereira, 2021; Carvalho e Lucas, 2022). O que realmente falta no país são políticas de oneração do uso do TI e de aumento da atratividade do TPU, de forma que promovam efetivamente o deslocamento do equilíbrio de Nash para a condição de Pareto, em que o uso de modalidades mais sustentáveis geraria maior bem-estar individual e consequentemente maior bem-estar coletivo. O artigo completo que está sendo desenvolvido sobre o tema abordará melhor as medidas de restrições ao TI e o aumento da atratividade do TPU.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No jogo da mobilidade urbana, observa-se claramente uma tendência de equilíbrio na estratégia de usar o TI em detrimento do transporte coletivo público no Brasil entre os usuários com possibilidade de escolha (não cativos). Essa tendência é indesejada em função das maiores externalidades geradas no sistema de transporte urbano e da baixa escala de uso, que provoca degradação da oferta de TPU, prejudicando os usuários mais pobres e cativos.

Em um jogo com dois grupos de jogadores, formados por pessoas não cativas do TPU, que têm como estratégias o deslocamento pela cidade por TI ou TPU, destacou-se que o equilíbrio de Nash do jogo está na alternativa dominante de usar o TI por ambos os jogadores. Entretanto, a condição de Pareto se encontra na opção diametralmente oposta do jogo, onde ambos usam o TPU em função da redução das externalidades negativas. Não por acaso, o TPU vem perdendo demanda e atratividade nos últimos trinta anos, sucessivamente (NTU, 2021).

Mostrou-se que, para se deslocar o equilíbrio de Nash do jogo para a condição de Pareto, em que ambos usam o TPU, é necessário internalizar os custos das externalidades negativas do transporte, numa situação em que a diferença do benefício privado gerado na alternativa de equilíbrio inicial (TI *x* TI) em relação aos benefícios privados das outras combinações de

estratégias seja considerada. Para isso, há necessidade de implementar políticas que onerem o uso do TI ou que aumentem os benefícios do TPU em relação ao TI. Geralmente, são medidas restritivas ao TI: aumento do custo de insumos; restrição ou cobrança pelo uso do espaço; aumento dos impostos do TI; entre outras. Não necessariamente todas as externalidades precisariam ser compensadas para se atingir a condição de Pareto desejada. Se as diferenças de benefícios privados entre as estratégias de Nash e Pareto forem menores que o total de externalidades, uma parte dos custos externos internalizada bastaria para deslocar o equilíbrio do jogo para a situação mais favorável (uso do TPU em detrimento do TI). Aqui, não entramos no mérito das questões morais ligadas à necessidade de compensação total das externalidades negativas do TI.

Os desafios para os governantes são grandes quando se trata de onerar o TI, pois o *lobby* do automóvel é forte, e a classe média apresenta fortes resistências para reduzir o uso ou deixar de usar o TI, mesmo nos tempos atuais onde as questões ambientais e de melhoria da qualidade de vida urbana se tornaram centrais nos desenhos das políticas públicas. A esperança é que aos poucos a sociedade vá se dando conta da importância de se pensar coletivamente em um mundo extremamente desigual e individual.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, Carlos Henrique R. *et al*. **Estimativas dos custos dos acidentes de trânsito no Brasil**. Brasília: Ipea, 2015. (Relatório de Pesquisa). Disponível em: https://portalantigo.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/160516_relatorio_estimativas.pdf.

CARVALHO, Carlos Henrique R. *et al*. **Tarifação e financiamento do transporte público**. Brasília: Ipea, jul. 2013. (Nota Técnica, n. 2). Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1365/1/Nota_Tecnica_Tarifa%c3%a7%c3%a3o_e_financiamento_do_transporte_p%c3%bablico_urbano.pdf.

CARVALHO, Carlos Henrique R.; LUCAS, Vander M. **Novas fontes de custeio do transporte público urbano**: princípios e potencialidades. Brasília: Ipea, dez. 2022. (Texto para Discussão, n. 2824). Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/11625/1/TD_2824_Web.pdf.

_____. **Avaliação de políticas de custeio extratarifário dos sistemas de transporte público urbano no Brasil**. Brasília: Ipea, ago. 2023. (Texto para Discussão, n. 2907). Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/12353.

DE BRUYN, Sander *et al*. **Shadow prices handbook**: valuation and weighting of emissions and environmental impacts. Delft: CE Delft, March 2010. (Report). Disponível em: https://cedelft.eu/wp-content/uploads/sites/2/2021/04/7788_defMainReportMaKMV_1271765427.pdf.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Custos dos congestionamentos de trânsito no Brasil**. Brasília: Ipea, 1998.

NTU – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS. **Anuário da NTU**: 2020-2021. Brasília: NTU, 2021. Disponível em: https://www.ntu.org.br/novo/upload/Publicacao/Pub637677328510412847.pdf.

PEREIRA, Rafael *et al*. **Tendências e desigualdades da mobilidade urbana no Brasil**: o uso do transporte coletivo e individual. Rio de Janeiro: Ipea, jul. 2021. (Texto para Discussão, n. 2673). Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/10713.

PIGOU, Arthur C. **The economics of welfare**. London: Macmillan, 1920.

SANDLER, Todd; ARCE, Daniel. Pure public goods versus commons: benefit-cost duality. **Land Economics**, v. 79, n. 3, p. 355-368. 2003.