

A ESTRUTURA DOS DESLOCAMENTOS COMO MEDIDA DA ESTRUTURA DE CENTRALIDADES: ESTUDO DE CASO DO RIO DE JANEIRO

José Brandão de Paiva Neto
Ígor Godeiro de O. Maranhão
Romulo Dante Orrico Filho

Universidade Federal do Rio de Janeiro
Programa de Engenharia de Transporte – PET/COPPE

RESUMO

As condições de deslocamento das pessoas no território e os fluxos de viagem correspondentes muito se alteraram com o crescimento urbano. O não reconhecimento da estrutura dessas novas regiões prejudica especialmente aqueles que moram nas periferias e se deslocam entre os novos centros. Este artigo visa à análise de um índice não laborioso, calculado a partir do padrão de movimentação das pessoas no território, para revelar a estrutura de centralidades urbanas no município do Rio de Janeiro. São comparadas seis formas de cálculo de centralidades, aplicando conceitos de densidade de viagens e, também, de diversidade de motivos e origens de viagem. Uma distinção é feita entre modos individuais e coletivos. Os resultados são analisados comparativamente com o índice de centralidades de IETS (2016), que utilizou um método mais laborioso, que requer mais informações. Os resultados sugerem que índices simplificados podem apresentar a estrutura de centralidades razoavelmente bem, mesmo frente aos indicadores obtidos de avaliações mais detalhadas.

ABSTRACT

The displacement conditions of people throughout the territory and the corresponding travel patterns have changed markedly with urban growth. The non-recognition of these new regions harms especially those who live in the peripheries and travel in between the new centralities. This paper aims at the analysis of a straightforward index, calculated from people's displacement patterns in the territory. It aims to reveal the structure of urban centralities in the city of Rio de Janeiro. The used methods compared six ways of calculating centralities, applying concepts of travel density, as well as diversity of both motives and origins of travel. A distinction is made between private and public transports. The results are analyzed comparatively with the IETS (2016) centrality index, which uses a more laborious method and requires more information. The results suggest that even simplified indexes can reveal the structure of centralities reasonably well, even in comparison with indicators obtained by more detailed evaluations.

1. INTRODUÇÃO

Já é um velho truísmo que o padrão de viagens de muitas grandes cidades e de muitas regiões metropolitanas passam por transformações importantes: estruturas monocêntricas perdem força e novos centros emergem, orbitando o centro histórico, ou a área central de negócios original. Esses fenômenos tornam as demandas difusas e os destinos, dispersos (Aguilera, 2005; Banister e Berechman, 2000; Bertaud, 2003; Hall, 1997a, 1997b; Lowe, 1998). Com efeito, modelos monocêntricos constituem simplificações audaciosas da morfologia urbana atual (Roth *et al.*, 2011). As grandes metrópoles brasileiras também passam por esses processos (cf. Lobo *et al.*, 2015; Orrico Filho *et al.*, 2016; Silva, 2012), pois inicialmente apresentavam um núcleo compacto que se espalhou, gerou subúrbios e englobou centros periféricos segundo a orientação das infraestruturas de transportes disponíveis em cada época (Langenbuch, 1971; Villaça, 1998).

As marcas desse passado monocêntrico geram consequências por vezes negativas por causa de dois aspectos principais. Em primeiro lugar, as infraestruturas urbanas já implantadas representam a alocação de elevadas quantidades de capital, e é por isso que a possibilidade de seu desligamento precisa vir acompanhada de uma análise criteriosa. Estendendo esse argumento, o conjunto da estrutura urbana já implantada restringe o número de caminhos que o desenvolvimento urbano pode seguir (Bertaud, 2004). Em segundo lugar, Clark (1958) já sugeria o problema da lentidão de processos intelectuais e educacionais, que leva muitas vezes

a pessoas em posições influentes terem uma ideia fixa na resolução de problemas que não mais existem, fato que ainda hoje é observado (Orrico Filho *et al.*, 2016) e pode inclusive ter certa medida de preconceito, já que muitos desses novos centros tem características populares e haveria resistência em reconhecê-los (Orrico Filho *et al.*, 2013).

Se o planejamento é sistematicamente antiquado e falho, por não incorporar as características de policentralidade das grandes cidades, a tendência é a produção e a reprodução de uma rede de transporte público de lógica radial (IPEA, 2004; Oliveira e Orrico Filho, 2013) e que costuma falhar em atender as demandas das populações da periferia e dos novos centros. Isso já seria um problema em si mesmo, mas torna-se pior por estimular parte da população a atender suas necessidades em viagens motorizadas individuais (Aguilera, 2005; Hall, 1997b). Essa maior taxa de motorização é problemática devido à crescente preocupação quanto à sustentabilidade desse modo (Banister, 2005; Vasconcellos, 2000). Seu uso indiscriminado, e sua priorização por parte do planejamento da mobilidade urbana são no mínimo discutíveis, pois não só ele pode representar um sacrifício significativo do orçamento familiar (Walks, 2017), como também um agravo à situação coletiva, já que aumenta o nível de congestionamentos e diminui a velocidade média do sistema de transporte urbano (Pero e Stefanelli, 2015). A consequência última é uma parcela da população deixada à mercê de um transporte público iníquo, ineficiente, precário e de baixa qualidade (Belisário, 2017; Vasconcellos, 2000, 2014).

Reverter esse quadro passa por melhor conhecer e compreender o território. Nesse sentido, parte-se do pressuposto de que as condições de deslocamento das pessoas no território e os fluxos de viagem correspondentes não só podem se constituir em um identificador de centralidades urbanas, mas podem ser uma forma de mostrar que regiões tradicionalmente periféricas ganham força e *status* socioeconômico. Se o nível de atividade industrial e comercial varia de forma importante de uma área para outra, para investigar a policentralidade, o fluxo de indivíduos seria um *proxy* adequado para determinação do nível atividade de uma área e (cf. Roth *et al.*, 2011; Villaça, 1998; Zhong *et al.*, 2017). Com efeito, o objetivo deste artigo é mostrar como um índice simples, calculado a partir do padrão de movimentação das pessoas no território, é suficiente para revelar a estrutura de centralidades urbanas. O Rio de Janeiro foi escolhido como estudo de caso.

Este artigo tem mais quatro partes. A seguir, são discutidos alguns dos principais estudos de identificação de centralidades da cidade do Rio de Janeiro. Na terceira parte, são trazidas considerações sobre o método e sobre a base de dados utilizada. Depois, a apresentação dos resultados, que antecede a quinta e última seção, com as conclusões e sugestões de trabalhos futuros.

2. SOBRE CENTROS CARIOCAS: ESTUDOS ANTERIORES

A teoria econômica mostra que os diversos setores econômicos, sobretudo os terciários, apresentam uma tendência importante de se agruparem segundo uma hierarquia de centros. Esses agrupamentos tendem, ainda, a acontecer nos lugares mais acessíveis do território, pois aí se concretiza melhor acesso às economias da aglomeração, acesso a um maior mercado consumidor e, também, acesso a serviços complementares, por parte das empresas. Essa estrutura de centros emerge a partir dos deslocamentos das pessoas – orientados por seu instinto de evitar o dispêndio excessivo de tempo e esforço (Villaça, 1998). Com efeito, estudos de identificação de centralidades deveriam ter essa fundamentação subjacente.

Dos estudos levantados que visam à medição da estrutura de centralidade da cidade do Rio de Janeiro, Conselho Nacional de Geografia (1967), Duarte (1974) e Kossmann e Ribeiro (1984) são os que mais se alinham ao princípio determinantes de que uma *alta concentração de atividade terciária*, aliada a um *alto grau de diversidade*, constituiria os [sub]centros e determinaria a magnitude de suas respectivas áreas de influência (cf. Santos, 1959; Villaça, 1998). Afinal, agrupamentos de múltiplos setores econômicos permitem o atendimento das necessidades das pessoas com menor quantidade de viagens mais curtas.

Os planos diretores municipais também procuraram versar sobre essas questões: tanto o de 1992 quanto o de 2011 sugerem a adoção dos critérios antepostos, mas pouco pode-se fazer em termos de análise crítica sobre eles, pois não foram encontrados os procedimentos metodológicos adotados. A nível municipal há, ainda, estudo da prefeitura do Rio de Janeiro (Rio de Janeiro, 2014), que utilizou quatro indicadores para construir o índice de centralidade: o montante arrecadado com o imposto sobre serviços, o número de vínculos empregatícios formais, o número de estabelecimentos formais de emprego e a quantidade de viagens atraídas. Sobre esse último, podem ser tecidas algumas considerações relevantes.

Ao utilizar o total indiferenciado de viagens atraídas não se leva em conta dois aspectos importantes. Primeiro, fluxos com origem e destino dentro de uma mesma área deveriam reduzir seu *status* de centralidade, pois essa área teria pouca capacidade de articulação com seu entorno. Segundo, se os fluxos, por mais concentrados que sejam, têm apenas um propósito – e.g. trabalho –, sugere-se baixa diversidade, a qual é característica inerente de um centro urbano.

A respeito dos indicadores socioeconômicos – i.e. número de vínculos empregatícios, número de estabelecimentos de emprego e arrecadação de ISS –, eles também pouco revelam a respeito da diversidade dos setores econômicos os quais pretendem representar. De fato, quanto maior a densidade, maior a *probabilidade* de que ela seja diversa (Batty *et al.*, 2003), mas parece pouco razoável adotar isso como pressuposto, ainda mais dada a quantidade de dados aos quais, hoje, é possível ter acesso. Ademais, a suspeita de que todos os indicadores apresentariam correlações importante uns com os outros foi confirmada nas próprias conclusões de Rio de Janeiro (2014). Com efeito, vieses relevantes podem estar presentes nesse estudo.

Dos trabalhos levantados, o mais recente foi o primeiro – e único, de nosso conhecimento – a tratar explicitamente o Rio de Janeiro como parte de uma estrutura metropolitana. Em “Centralidades da região metropolitana do Rio de Janeiro: relatório final”, do Instituto de Estudos do Trabalho e Sociedade (IETS, 2016), foram utilizados como indicadores as quantidades de (i) matrículas no Ensino Médio, (ii) empregadores, (iii) vínculos empregatícios – ponderados com peso 2 –, (iv) fluxos totais de pendularidade e (v) número de setores econômicos encontrados. Este último indicador mitigaria uma das desvantagens do índice de Rio de Janeiro (2014). Por fim IETS (2016) inova em seu recorte espacial, pois desenvolveu as unidades metropolitanas de informação (UMI) e dispensou o tradicional uso da divisão por bairros, comum nos estudos anteriores. As UMI são definidas a partir de

[...] critérios dimensionais (áreas maiores ou iguais aos setores censitários); de compatibilidade de uso e gestão (limites político-administrativos e institucionais preponderantes), além das características físico-ambientais e da ocupação territorial agregados a dados socioeconômicos. (IETS, 2016, p. 54).

A divisão por bairros, por sua vez, pode estar artificialmente separando lugares com conteúdo ambiental e socioeconômico homogêneo, já que pode ser fruto de critérios políticos e culturais. Esses critérios têm seu próprio mérito e sua própria importância, mas podem ir de encontro a estudos de natureza mais técnica, tais como o deste artigo.

Como aspectos negativos, o índice pode também conter vieses porque não só três dos indicadores apresentariam altas correlações, mas também porque a um deles, sem maiores explicações, é atribuído peso dois. Baseado na discussão sobre o estudo de Rio de Janeiro (2014), parece razoável supor que o número de estabelecimentos, a quantidade de vínculos empregatícios e os fluxos totais de pendularidade seriam interdependentes. Além disso, considera apenas os movimentos pendulares, independentemente de sua origem. Com efeito, de um lado, desconsideram-se viagens com motivos de compras, lazer, ou as viagens realizadas para aquisição de outros serviços diversos; e, de outro, limita-se a noção do alcance do centro, que, por sua vez, seria um insumo importante à construção de uma hierarquia (cf. Duarte, 1974; Villaça, 1998).

Uma fraqueza comum a todos os métodos, inclusive reconhecida pela maioria deles é não considerar o setor informal de forma explícita, sendo este um setor responsável por importante parcela da atividade econômica no território da metrópole fluminense e do Brasil (Mihessen, 2014).

3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

A argumentação anterior leva à conclusão de que o estudo da localização dos [sub]centros intraurbanos precisa vir acompanhado do estudo da movimentação espaço-temporal de pessoas no território. A estruturação do espaço depende de saber para onde se vai – e se permanece – e com quais propósitos. Com efeito, foi escolhida uma abordagem inspirada na proposta por Zhong et al. (2017), a qual é detalhada a seguir.

A estatística de densidade $D(x, y)$, mostrada na Equação 1, mede o grau de concentração de atividades em uma dada unidade espacial de análise, o que, aqui, é representado pelo número de pessoas $N(x, y)$ atraídas para cada unidade de área (x, y) , normalizado pelo total de pessoas que visitam toda a área de estudo S – com total de $m * n$ unidades – durante um intervalo de tempo que está implícito.

$$D(x, y) = \frac{N(x, y)}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n N(i, j)} ; \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n D(i, j) = 1 \quad (1)$$

A diversidade é medida por meio de um índice de entropia, inicialmente utilizado em teoria da informação para quantificar a imprevisibilidade da informação contida num sistema (Shannon, 1948). Seu uso foi então extrapolado para diversas áreas do conhecimento, mas de particular interesse é a mensuração da diversidade de usos do solo do ambiente construído (Cervero e Kockelman, 1997; Kockelman, 1997). Se um determinado motivo de viagem explica a quase totalidade das viagens destinadas a algum lugar, a probabilidade desse evento é alta e sua ocorrência é a mais previsível, de modo que pouca informação nova é ganha a cada vez que se constata sua materialização. Quando as probabilidades de ocorrência de cada motivo forem iguais, em uma dada área, há uma situação de entropia máxima, pois cada viagem observada tende a apresentar um motivo diferente da anterior, de maneira tal que esse sistema contém mais informação. Matematicamente, a diversidade $E(x, y)$ é definida pela Equação 2, na qual $P_j(x, y)$ é a proporção daqueles que viajam à unidade espacial (x, y) , para engajar na atividade

j – do conjunto J de atividades possíveis – num período de tempo também implícito e que, naturalmente, deve ser o mesmo utilizado no cálculo da densidade.

$$E(x, y) = -\frac{1}{\ln(J)} \sum_{j=1}^J P_j(x, y) \ln(P_j(x, y)) ; \sum_{j=1}^J P_j(x, y) = 1 \quad (2)$$

As quantidades descritas pelas Equações 1 e 2 têm diferentes dimensões e diferentes significados físicos (Zhong *et al.*, 2017). Com efeito, para combiná-las em um índice único, elas são normalizadas a partir de seus dois respectivos maiores valores, o que gera um *ranking*. Isso é melhor compreendido matematicamente, a partir das Equações 3 e 4, que mostram, respectivamente a densidade normalizada, $R_D(x, y)$, e a diversidade normalizada, $R_E(x, y)$.

$$R_D(x, y) = \frac{D(x, y)}{\max D(x, y)} \quad (3)$$

$$R_E(x, y) = \frac{E(x, y)}{\max E(x, y)} \quad (4)$$

Por fim, a combinação de R_E e R_D em um índice se dá a partir de um processo de convolução, operação inspirada em conceitos de análise e processamento de sinais – para uma discussão dos princípios matemáticos, ver, por exemplo, Young, Gerbrands e Van Vliet (1998). De interesse, aqui, é a operacionalização do conceito e seus resultados. O índice de centralidade $C(x, y)$ de uma célula (x, y) é calculado como na Equação 5, cujo mecanismo é ilustrado na Figura 1.

$$C(x, y) = \sum_{\tau_1=-1}^{\tau_1=1} \sum_{\tau_2=-1}^{\tau_2=1} R_D(x, y) R_E(x - \tau_1, y - \tau_2) \quad (5)$$

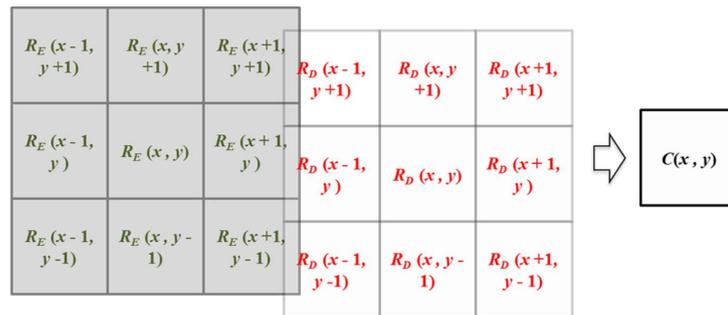


Figura 1: Processo de convolução espacial com contornos internos e externos contíguos. Fonte: Zhong *et al.* (2017)

Com efeito, a quantidade $C(x, y)$ de cada célula (x, y) , é resultado da soma de nove multiplicações. Isso implica em áreas com altos valores de densidade e diversidade se destacando como mais centrais, enquanto quantidades opostas irão se anular: é como se as células de densidade fossem filtradas pelas de diversidade, ou *vice-versa*.

Neste artigo é proposta uma variação do método, na qual é calculada a diversidade, como na Equação 2, mas dessa vez a partir das diferentes origens das viagens destinadas a cada unidade espacial. Essa nova diversidade passa então por uma convolução com os valores calculados de $C(x, y)$. Acredita-se, assim, melhor embasar a discussão sobre o alcance e a influência de cada centro dentro da metrópole.

3.1 Unidades de análise

Escolheu-se como recorte espacial as Unidades Metropolitanas de Informação (IETS, 2016), mostradas na Figura 2, pois elas têm como características importantes:

- i. *Tamanho compatível com a escala da região metropolitana:* muitas unidades pequenas aumentariam a complexidade metodológica, a dificuldade computacional e a dificuldade de visualização e compreensão do todo;

- ii. *Compatibilidade com o nível de detalhamento da base de dados de origem e destino:* dados de origem e destino estão agregados em zonas de tráfego, de resolução mais fina, mas que podem ser agregadas até o nível de resolução das UMI, um tipo de processo que é relativamente direto e estatisticamente mais confiável do que uma desagregação (Smith, 2011);
- iii. *Apresentar divisões territoriais em nível intraurbano:* são corrigidas disparidades como as de municípios que não apresentavam subdivisões político-administrativas;
- iv. *Maior homogeneização entre as unidades territoriais:* foi buscada uniformidade a partir de critérios de uso do solo, cobertura da terra e meio ambiente; e de critérios político-institucionais, o que, em tese, minimizaria problemas de unidade de área modificável – cf. Wong (2009).

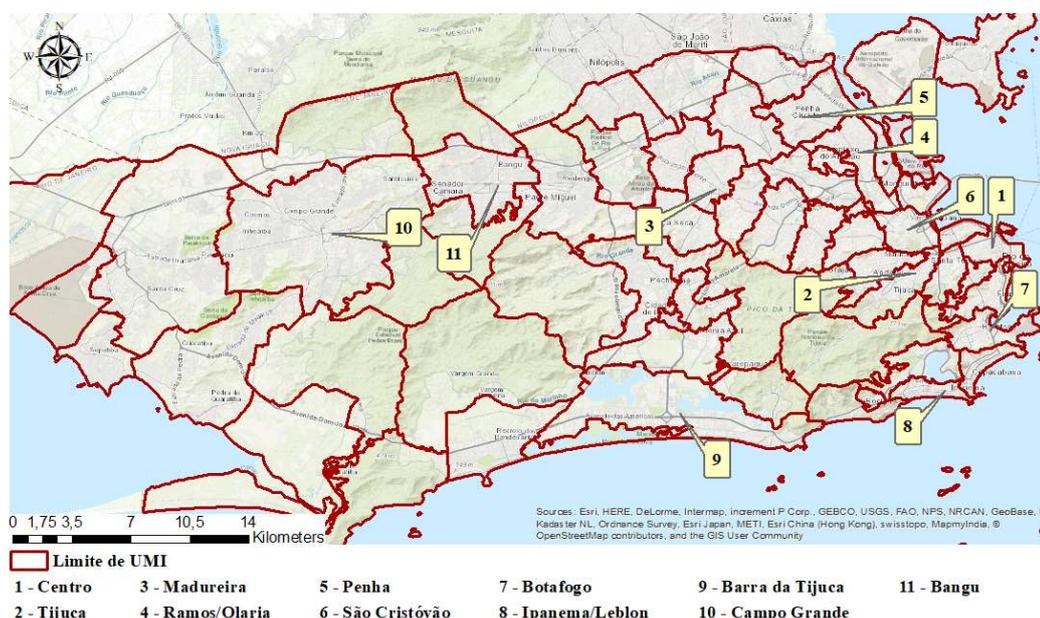


Figura 2: Município do Rio de Janeiro e sua divisão por UMIs. Fonte: elaboração própria, com base em IETS (2016).

A área urbanizada de cada UMI foi subdividida segundo uma malha quadriculada com células de 100x100m. A densidade de fluxo e a diversidade associadas a cada UMI foram associados a cada uma das quadrículas que a compõem. Nas fronteiras, cada quadrícula foi associada à UMI que preenchia a maior parte de sua área. De fato, para a análise em questão, as regiões de fronteira não agregam informações relevantes para a análise: elas apenas apresentam valores intermediários, de transição, entre os índices de centralidade de cada UMI. Com efeito, os dados de entrada e os resultados estão no nível das UMIs; as contas de obtenção do índice, a nível da malha quadriculada.

3.2 Origens, destinos, movimentos

Os fluxos de movimentação de pessoas foram obtidos da matriz de origem e destino da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, construída a partir de pesquisas domiciliares e de contagens volumétricas no ano de 2012 (SETRANS, 2012). A correspondência entre as Zonas de Tráfego – recorte espacial utilizado para a construção da matriz O-D – e as Unidades Metropolitanas de Informação é, em geral, direta e objetiva, pois a maior parte daquelas está completamente contida nestas.

São consideradas todas as viagens realizadas num período de 24 horas. Primeiro, os modos motorizados; em seguida, são avaliadas quais diferenças emergem entre os resultados – se é que emergem – quando os modos individuais e os modos coletivos são tratados em separado. Isso será feito numa tentativa de verificar a tese de Villaça (1998), na qual os ricos segregam-se em uma região da cidade e criam seu próprio centro, acessível por seu meio de transporte: o automóvel. Viagens de transporte ativo representam importante parcela dos deslocamentos metropolitanos (SETRANS, 2012), mas não parece razoável tratar essas viagens como articuladoras e estruturadoras das parcelas do vasto território do Rio de Janeiro.

Sobre os motivos de viagem analisados, acredita-se coerente retirar da análise as viagens destinadas ao domicílio, pois não estão diretamente associadas a operações econômicas, mas à reprodução a longo prazo da força de trabalho (Jorgensen Jr, 1998).

Quadro 1: Síntese das variantes do índice de centralidade proposto

Código do índice	Densidade de viagens por modo		Diversidade	
	Coletivo	Individual	Motivos	Origens
C_Mtv_Mot	SIM	SIM	SIM	NÃO
C_Mtv_Col	SIM	NÃO	SIM	NÃO
C_Mtv_Ind	NÃO	SIM	SIM	NÃO
C_Org_Mot	SIM	SIM	SIM	SIM
C_Org_Col	SIM	NÃO	SIM	SIM
C_Org_Ind	NÃO	SIM	SIM	SIM

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise dos indicadores de centralidade propostos se dividiu em duas etapas: primeiro, eles foram confrontados com os índices de centralidade de IETS (2016); segundo, deles foram extraídas informações a partir de suas medidas de tendência central.

A comparação do indicador proposto com o indicador de IETS (2016) se deu, primeiramente, a partir da análise dos coeficientes de correlação. Nesse sentido, foram analisados os histogramas de cada índice e foram, também, executados testes de normalidade – a saber, o de Kolmogorov-Smirnov. Todos os índices apresentam desvios da normalidade, o que implica na utilização de coeficientes de correlação não-paramétricos. Portanto, escolheu-se o tau de Kendall, já que há escores ordenados que apresentam o mesmo posto. Os resultados desse procedimento constam na Tabela 1.

A título de ilustração, a Figura 3 apresenta uma matriz com diagramas de dispersão entre os valores de centralidade obtidos no estudo de IETS (2016) e os resultados de dois dos índices de centralidade propostos por este artigo. Estes últimos, produto da combinação da densidade de viagens por modos motorizados com, de um lado, a diversidade de motivos de viagem, e, de outro, a diversidade tanto de motivos quanto de origens. Indo ao encontro do parágrafo anterior, os marcadores dos diagramas da Figura 3 representam não os valores dos índices em si, mas os seus respectivos *rankings*. Isto é, cada um dos três foi numerado segundo sua ordem decrescente e ao maior valor foi atribuído o número 1. Dessa forma, pode-se melhor perceber o comportamento monotônico entre os diferentes índices.

A Tabela 1 e a Figura 3 sugerem que mesmo índices simplificados, como os propostos por este trabalho podem apresentar a estrutura de centralidades razoavelmente bem, mesmo frente a indicadores obtidos de avaliações mais detalhadas, como o de IETS (2016). Outrossim, isso

também vai ao encontro das discussões levantadas no referencial teórico, que indicam ser a movimentação de pessoas no espaço intraurbano aquilo com o real potencial estruturador.

Tabela 1: Correlação – tau de Kendall – entre índices de centralidade. Fonte: elaboração própria, com base em IETS (2016) e SETRANS (2012)

	IETS	C_Mtv_Mot	C_Mtv_Col	C_Mtv_Ind	C_Org_Mot	C_Org_Col	C_Org_Ind
IETS	1,000	,720**	,689**	,657**	,736**	,703**	,685**
C_Mtv_Mot		1,000	,869**	,762**	,905**	,853**	,743**
C_Mtv_Col			1,000	,647**	,856**	,916**	,651**
C_Mtv_Ind				1,000	,746**	,652**	,885**
C_Org_Mot					1,000	,887**	,757**
C_Org_Col						1,000	,668**
C_Org_Ind							1,000

** A correlação é significativa no nível 0,01 (1 extremidade)

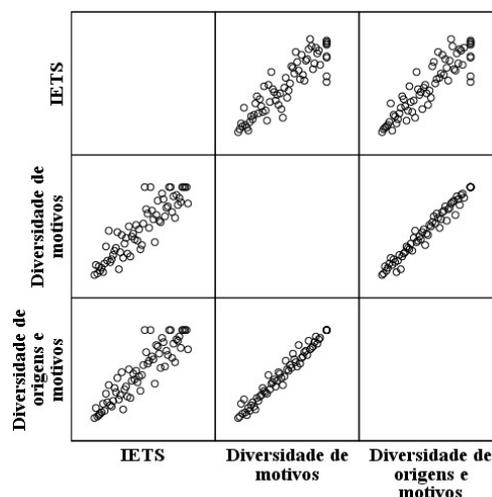


Figura 3: Diagramas de dispersão dos índices de centralidade propostos, considerando C_Mtv_Mot, C_Org_Mot e IETS (2016). Fonte: elaboração própria, com base em IETS (2016) e SETRANS (2012).

Agora, na segunda etapa, é feito o cálculo e análise das medidas de tendência central dos indicadores propostos – Tabela 2 – e dos respectivos diagramas de caixa – Figura 4. Para uma melhor visualização e comparação entre os *boxplots* das diferentes variações do índice, isto é, desagregando as viagens por modo e considerando, ou não a diversidade de origens, os índices foram normalizados a partir de seus respectivos maiores valores.

Foram feitas análises dos histogramas e foi executado, também, o teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov. Os únicos dois indicadores a se aproximarem de uma distribuição normal são a diversidade de origens, para todos os modos de viagem e para os modos coletivos de viagem, com este último estando mais próximo da normalidade do que aquele primeiro. Com efeito, as análises de correlação foram executadas a partir do teste não paramétrico do tau de Kendall, pois há escores ordenados que apresentam o mesmo posto. Os resultados da correlação para a densidade de viagens e a as diversidades de motivos e de origens estão na Tabela 3. Não se julgou necessário apresentar a correlação entre esses dois últimos indicadores e os índices de

centralidade, pois se estes são uma composição daqueles, uma correspondência significativa entre eles seria mais do que esperada.

Tabela 2: Medidas de tendência central dos indicadores selecionados. Fonte: elaboração própria, a partir de SETRANS (2012)

	Máximo	Média	Desvio Padrão
Densidade	,177	,015	,025
<i>Coletivos</i>	,225	,015	,030
<i>Individuais</i>	,116	,015	,021
Diversidade de motivos	,860	,510	,275
<i>Coletivos</i>	,951	,424	,283
<i>Individuais</i>	,916	,375	,303
Diversidade de origens	,765	,333	,196
<i>Coletivos</i>	,749	,292	,201
<i>Individuais</i>	,616	,206	,171
Centralidade (densidade e motivos)	5,551	,590	,915
<i>Coletivos</i>	5,151	,368	,707
<i>Individuais</i>	9,000	,758	1,397
Centralidade (densidade, motivos e origens)	49,955	3,461	6,972
<i>Coletivos</i>	46,355	2,168	5,892
<i>Individuais</i>	61,319	3,856	8,579

Tabela 3: Coeficientes de correlação do Tau de Kendall** para as densidades de viagem e diversidade de origens e de motivos. Fonte: elaboração própria, a partir de SETRANS (2012)

		Densidade			Diversidade de motivos			Diversidade de origens		
		Todos	Col.	Ind.	Todos	Col.	Ind.	Todos	Col.	Ind.
Densidade	Motorizados	1,00	,85	,75	,49	,46	,51	,51	,54	,56
	Col.		1,00	,60	,48	,48	,48	,54	,56	,55
	Ind.			1,00	,47	,42	,52	,51	,51	,52
Diversidade de motivos	Motorizados				1,00	,73	,51	,43	,42	,38
	Col.					1,00	,35	,40	,43	,33
	Ind.						1,00	,48	,46	,61
Diversidade de origens	Motorizados							1,00	,86	,66
	Col.								1,00	,59
	Ind.									1,00

** A correlação é significativa no nível 0,01 (1 extremidade)

A análise da tabela aponta para duas conclusões. Primeiro, a correlação entre as densidades de viagens por modos coletivos e modos individuais é apenas moderada, o que sugeriria alguma medida de dissociação entre os destinos daqueles que, de um lado, viajam em modos individuais e, de outro, viajam em modos coletivos. A segunda é baseada no fato de as correlações entre a densidade de viagens e a diversidade de motivos serem, também, moderadas. Isto é, uma região densa não se constitui necessariamente em um lugar diverso. Com efeito, seria necessário agregar uma medida de diversidade à caracterização de um centro. A densidade é importante porque são as pessoas e seus deslocamentos que estruturam o espaço urbano, mas ela deve vir acompanhada de diversidade pois do contrário ter-se-ia caracterizado um centro especializado, que não polariza o território de maneira importante (Villaça, 1998).

Os diagramas de caixa da Figura 4 foram desenhados após cada índice ter sido padronizado entre 0 e 1: como as variâncias são muito elevadas, não padronizar os dados poderia prejudicar a visualização dos diagramas. A figura mostra mais indicativos de que os centros dos usuários de transporte individual são diferentes dos centros daqueles que se utilizam de modos coletivos. Também podem ser percebidas diferenças nos resultados quando se agrega o indicador de diversidade de origens.

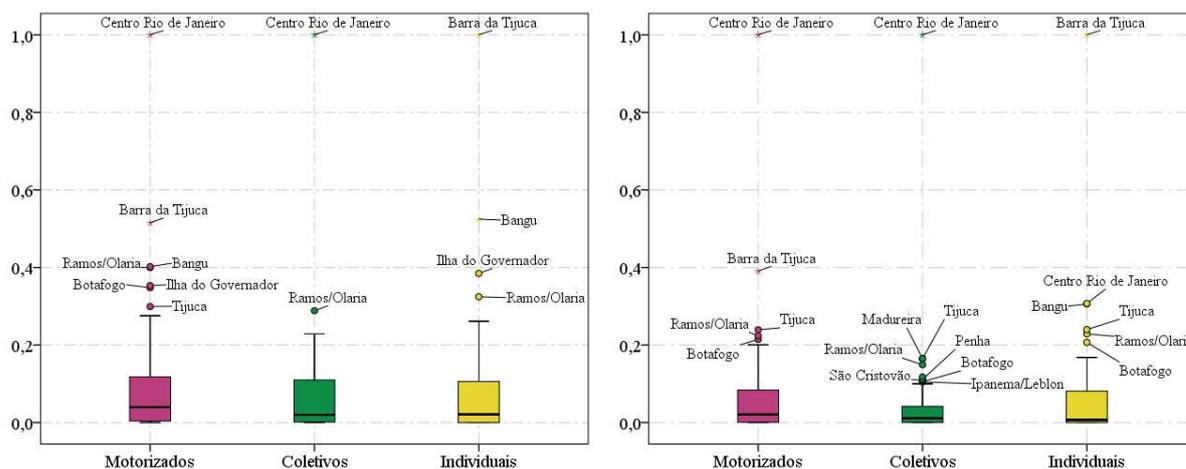


Figura 4: Índices de centralidade padronizados, por modo, calculados a partir da densidade de viagens e da diversidade de motivos (esq.) e da diversidade de origens (dir.). Fonte: elaboração própria, a partir de dados da SETRANS (2012)

Se os indicadores de centralidade são construídos de forma a assumir valores cada vez maiores conforme cresce a característica de centro de uma região, seria razoável assumir que as UMI com comportamento *outlier* coincidiriam com as centralidades da cidade do Rio. Especificamente, os *outliers* maiores do que o quarto quartil. Situações onde, ao contrário, não há valores atípicos caracterizariam uma região descentralizada, nas quais mesmo havendo um centro principal, este não teria um caráter polarizador tão significativo sob todo o resto.

Por fim, deve-se ressaltar a necessidade da análise da área de influência, aqui representada pelo indicador de diversidade de origens de viagem. Após sua utilização, as centralidades identificadas melhor vão ao encontro não só do trabalho de IETS (2016), que foi utilizado como referência comparativa, mas também dos demais estudos citados na segunda seção.

5. CONCLUSÕES

A partir apenas da densidade do fluxo e das diversidades de origens e de destinos, foi construído um índice de que apresenta correspondência importante com os demais estudos de centralidade levantados no referencial, mesmo aqueles que constroem seus índices de forma mais laboriosa (e.g. Duarte, 1974; IETS, 2016). Isso sugere que os estudos apontados no referencial estariam medindo, na verdade, a movimentação das pessoas, pois a densidade de empregos e serviços em um lugar, por exemplo, em última instância, repercute no quão maior ou menor será a circulação ali. Isso também pode significar que mesmo abordagens aparentemente simplificadas podem resultar em resultados coerentes.

Análises morfológicas dos centros partem do pressuposto de que uma maior oferta de serviços – e.g. comércio, empregos, equipamentos públicos – se traduz em maior uso do espaço, o que não necessariamente acontece. Estudar os fluxos de movimentação determinam se essa

capacidade instalada está ou não ociosa. Adicionalmente, uma grande quantidade de serviços e de infraestrutura instalados em um dado lugar não tornam um centro imutável. Mudanças diferenciais no acesso às diferentes partes de uma região urbana podem minguar centros existentes e fazer proliferarem-se novos (cf. Villaça, 1998). Os fluxos de movimentação de pessoas podem ser importantes em sinalizar esse tipo de tendência de mudança, sobretudo quando associados à contabilização da diversidade de origens associada a cada lugar.

Como limitação, há o fato de que a pesquisa de origem e destino da região metropolitana do Rio ter sido feita a partir de uma amostra pequena, o que pode gerar problemas de representatividade em algumas partes do território. Utilizar outras cidades, com bases de dados mais bem amostradas, além de permitir a extração de análises mais consistentes, permite testar a robustez do método em contextos socioeconômicos distintos.

Próximos trabalhos podem contribuir por meio de uma análise mais detalhada acerca da área de influência dos centros revelados. Neste artigo já se sugere um descolamento entre as centralidades daqueles que se utilizam de transporte individual e daqueles que se utilizam de modos coletivos. Com efeito, é pertinente investigar o perfil socioeconômico de quem se dirige a esses centros, de modo a quantitativamente confirmar – ou refutar – a tese de Villaça (1998), de que as camadas de alta renda estabeleceram-se preferencialmente numa região da cidade e lá criaram seus próprios centros, acessíveis pelo automóvel: seu meio de transporte preferencial.

Por fim, contribuições futuras podem buscar paralelos entre indicadores de acesso e o grau de centralidade. Isto é, buscar relações quantitativas entre o quão fácil é chegar em dada parcela do território e quão alta é a hierarquia do lugar, numa escala de centralidades.

REFERÊNCIAS

- Aguilera, A. (2005) Growth in commuting distances in French polycentric metropolitan areas: Paris , Lyon and Marseille. *Urban Studies*, 42(9), 1537–1547.
- Banister, D. (2005) *Unsustainable transport: city transport in the new century*. Routledge, Abingdon.
- Banister, D., e Berechman, J. (2000) *Transport Investment and Economic Development*. (1st ed). UCL Press, London.
- Batty, M., Besussi, E., Maat, K., e Harts, J. A. N. J. (2003) Cities : Density and Diversity in Space and Time. *Built Environment*, 30(4), 324–337.
- Belisário, A. (2017) Auditoria inédita mostra prefeitura à mercê dos empresários de ônibus no Rio. *Agência Pública*. Obtido 21 de setembro de 2017, de <https://apublica.org/2017/09/auditoria-inedita-mostra-prefeitura-a-merce-dos-empresarios-de-onibus-no-rio/>
- Bertaud, A. (2003) Metropolis: the spatial organization of seven large cities. D. Watson, A. Plattus, & R. Shibley (Eds), *Time-Saver Standards for Urban Design* (1ª., p. 1.2-1 à 1.2-14). McGraw-Hill Education.
- Bertaud, A. (2004) The spatial organization of cities: deliberate outcome or unforeseen consequence? Obtido 20 de agosto de 2017, de http://alainbertaud.com/wp-content/uploads/2013/06/AB_The_spatial_organization_of_cities_Version_31.pdf
- Cervero, R., e Kockelman, K. (1997) Travel demand and the 3 Ds: density, diversity and design. *Transportation Research, Part D*, 2(3), 199–219.
- Clark, C. (1958) Transport: Maker and Breaker of Cities. *The Town Planning Review*, 28(4), 237–250.
- Conselho Nacional de Geografia. (1967) *A área central da cidade do Rio de Janeiro*. IBGE, Rio de Janeiro.
- Duarte, H. da S. B. (1974) A cidade do Rio de Janeiro: descentralização das atividades terciárias. Os centros funcionais. *Revista Brasileira de Geografia*, 36(1), 53–98.
- Hall, P. (1997a) Modelling the post-industrial city. *Futures*, 29(415), 311–322.
- Hall, P. (1997b) The future of the metropolis and its form. *Regional Studies*, 31(March), 211–220. doi:10.1080/00343409750134647
- IETS. (2016) Centralidades da Região Metropolitana do Rio de Janeiro: Relatório Final. Instituto de Estudos do Trabalho e Sociedade, Rio de Janeiro.
- IPEA. (2004) *Regulação e organização do transporte público urbano em cidades brasileiras : estudos de caso*.

- Ipea, Brasília.
- Jorgensen Jr, P. (1998) *Demanda de transporte e centralidade: um estudo da distribuição espacial de viagens na cidade do Rio de Janeiro*. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Kockelman, K. M. (1997) Travel behavior as function of accessibility, land use mixing, and land use balance: evidence from San Francisco Bay Area. *Transportation Research Record*, 1607, 116–125.
- Kossmann, H. T., e Ribeiro, M. A. C. (1984) Análise espacial das cadeias de lojas do comércio varejista no Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Geografia*, 46(1), 197–218.
- Langenbuch, J. R. (1971) *A estruturação da grande São Paulo: estudo de geografia urbana*. Unicamp.
- Lobo, C., Matos, R., Cardoso, L., Comini, L., e Pinto, G. (2015) Expanded commuting in the metropolitan region of Belo Horizonte: evidence for reverse commuting., 219–233.
- Lowe, J. C. (1998) PATTERNS OF SPATIAL DISPERSION IN METROPOLITAN COMMUTING., (December), 37–41. doi:10.2747/0272-3638.19.3.232
- Mihessen, V. D. (2014) *Mobilidade Urbana e Mercado de Trabalho no Rio de Janeiro Metropolitano*. Universidade Federal Fluminense.
- Oliveira, M., e Orrico Filho, R. D. (2013) Inserting controlled competition in transport networks: design of the bidding process in three brazilian cities. *13th WCTR* (p. 1–20). World Conference on Transport Research Society, Rio de Janeiro.
- Orrico Filho, R. D., Mello, J. A. V. B., e Mello, A. J. R. (2016) Centralidade baseada em deslocamentos e seus reflexos sobre a estrutura monopolicentrica da região metropolitana do Rio de Janeiro. *Investigaciones Geográficas: Boletín del Instituto de Geografía*, 2016(89), 74–89. doi:10.14350/ig.46184
- Orrico Filho, R. D., Santos, E. M. dos, Afonso, H. C. A. da G., Oliveira, M. H. S., Almeida, P. E. M. de, Ribeiro, R. G., Rosa, B. O., Augusto da Silva, F., Rattón Neto, H. X., Aragão, J. J. G. de, e Maia, M. L. A. (2013) *Redes de transporte público coletivo urbano: um roteiro metodológico para sua concepção*.
- Pero, V., e Stefanelli, V. (2015) A questão da mobilidade urbana nas metrópoles brasileira. *Revista de Economia Contemporânea*, 19(3), 366–402.
- Rio de Janeiro (município) (2014) Proposta de Metodologia para Hierarquização dos Centros e Subcentros da Cidade do Rio de Janeiro. *Macrodiagnóstico da Secretaria Municipal de Urbanismo*. Rio de Janeiro. Obtido 13 de outubro de 2017, de <http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/5333332/4139322/22DiagnosticoCentralidadeSMUCMP062014.pdf>
- Roth, C., Kang, S. M., Batty, M., e Barthe, M. (2011) Structure of Urban Movements: Polycentric Activity and Entangled Hierarchical Flows., 6(1), 2–9. doi:10.1371/journal.pone.0015923
- Santos, M. (1959) *A cidade como centro de região*. Livraria Progresso, Salvador.
- SETRANS. (2012) Pesquisa origem e destino da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Brasil.
- Shannon, C. E. (1948) A Mathematical Theory of Communication. *The Bell System Technical Journal*, 27(April 1928), 379–423.
- Silva, É. T. da. (2012) *Estrutura urbana e mobilidade espacial nas metrópoles*. UFRJ.
- Smith, D. A. (2011) *Polycentricity and Sustainable Urban Form*. University College London.
- Vasconcellos, E. A. De. (2000) *Transporte urbano nos países em desenvolvimento: reflexões e propostas*. Annablume.
- Vasconcellos, E. A. De. (2014) *Políticas de transporte no Brasil: a construção da mobilidade excludente*. Manole, Barueri.
- Villaça, F. (1998) *Espaço intraurbano no Brasil*. (2ª.). Studio Nobel, São Paulo.
- Walks, A. (2017) Driving the poor into debt? Automobile loans, transport disadvantage, and automobile dependence. *Transport Policy*, (December 2016), 1–13. doi:10.1016/j.tranpol.2017.01.001
- Wong, D. (2009) The modifiable areal unit problem. A. S. Fotheringham & P. A. Rogerson (Eds), *The SAGE Handbook of Spatial Analysis* (1ª., p. 105–123). SAGE Publications.
- Young, I. T., Gerbrands, J. J., e Van Vliet, L. J. (1998) *Fundamentals of image processing*. Delft University of Technology, Delft.
- Zhong, C., Schla, M., Mu, S., Batty, M., e Schmitt, G. (2017) Revealing centrality in the spatial structure of cities from human activity patterns., 54(2), 437–455. doi:10.1177/0042098015601599

José Brandão de Paiva Neto
 brandao.paiva@pet.coppe.ufrj.br

Ígor Godeiro de O. Maranhão
 igormaranhao@pet.coppe.ufrj.br

Romulo Dante Orrico Filho
 romulo@pet.coppe.ufrj.br

Universidade Federal do Rio de Janeiro
 Programa de Engenharia de Transporte – PET/COPPE
 Centro de Tecnologia Bloco H - Sala 106
 Cidade Universitária - RJ - Brasil
 CEP 21949-900