

USO DE CURVAS DE CONCENTRAÇÃO PARA AVALIAR DESIGUALDADES NA MOBILIDADE – O CASO DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO

Mariana Souza Carneiro

Universidade Federal do Rio de Janeiro
Programa de Engenharia de Transportes, COPPE

Claudio Falavigna

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales
Departamento de Construcciones Civiles

Romulo Dante Orrico Filho

Universidade Federal do Rio de Janeiro
Programa de Engenharia de Transportes, COPPE

RESUMO

Estudos abordando equidade e desigualdades no âmbito da mobilidade e do planejamento de transportes tem crescido significativamente nas últimas décadas. O objetivo desse artigo é propor uma nova abordagem para avaliar o conceito de equidade na mobilidade. Para cumprir esse objetivo, foram analisados, deslocamentos na cidade do Rio de Janeiro, sobre a perspectiva da equidade. Ferramentas tradicionais de mensuração de desigualdades econômicas, como a Curva de Lorenz e a Curva de Concentração, foram utilizadas para compreender as desigualdades no transporte. Os autores concluem que, a Curva de Concentração, apesar de não comumente utilizada na literatura com esse objetivo, contribui com uma análise mais adequada e completa do que a Curva de Lorenz.

ABSTRACT

Studies approaching equity and inequalities in mobility and transport planning have grown significantly in recent decades. The aim of this paper is to propose a new approach to evaluate the concept of equity in mobility. To do this, trips from the city of Rio de Janeiro, on the equity perspective, was analyzed. Traditional tools for measuring economic inequalities, such as the Lorenz Curve and the Concentration Curve, were used to understand inequalities in transport. The authors conclude that the Concentration Curve, although not commonly used in the literature for this purpose, contributes to a more adequate and complete analysis than the Lorenz Curve.

1. INTRODUÇÃO

O intenso e desordenado crescimento urbano vivenciado pelas cidades e regiões metropolitanas brasileiras a partir da década de 50, fez com que seus sistemas de transporte público tivessem o seu custo aumentado e qualidade diminuída, com impactos negativos na vida das pessoas e nos custos econômicos e ambientais para a sociedade. Mas essas externalidades negativas não são sentidas de forma uniforme pelos moradores da cidade.

Devido às barreiras e aos altos custos de viagem, muitas famílias de baixa renda limitam ou renunciam a certos tipos de viagens, diminuindo seu acesso a oportunidades de acesso ao trabalho, saúde, educação, e lazer, resultando em uma qualidade inferior de vida e diminuindo possibilidades de sair da pobreza (Lucas, 2012; Motte-Baumvol e Nassi, 2012). Existe uma questão econômica, política e social bem mais ampla nos processos de exclusão social, porém, isso não exime o transporte de sua parcela de contribuição na minimização dos problemas sociais, através da articulação de um transporte público acessível e de qualidade com o uso do solo.

Assim, conhecer melhor as os padrões de mobilidade específicos do deslocamento casa-trabalho, e estudar o seu custo para as pessoas de diferentes classes sociais é fundamental para:

avaliar a qualidade da vida nas cidades e regiões metropolitanas, verificar a coerência das atuais políticas públicas relativas à mobilidade e contribuir com novas perspectivas sobre o problema para melhor conduzi-lo, garantindo à todas e todos o seu direito à cidade.

Após uma revisão bibliográfica, esse trabalho propõe uma comparação entre a Curva de Lorenz e Curva de Concentração para análise de equidade na mobilidade. Para isso, serão avaliadas as desigualdades nos deslocamentos urbanos da cidade do Rio de Janeiro.

A partir desta introdução, este artigo é dividido em 5 seções. A seção 2 faz uma revisão de que formas ferramentas que abordam desigualdades econômicas já foram utilizadas em transportes. A seção 3 apresenta os dados e métodos utilizados nesse artigo. A seção 4 apresenta os resultados obtidos, e por fim, a seção 5 traz as considerações finais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Na revisão da bibliográfica, buscou-se entender como outros autores já abordaram o tema de planejamento de transporte a partir de ferramentas normalmente utilizadas para avaliar desigualdades econômicas.

A desigualdade no transporte refere-se a restrições que dificultem as pessoas de participar ou ter acesso às atividades sociais, como saúde, emprego, educação, lazer (Litman, 2014). Trabalhos anteriores que visaram olhar a mobilidade das cidades sobre a perspectiva de equidade, utilizam dois conceitos de equidade. A **equidade horizontal**, que tem a ver com justiça espacial na manutenção oferta equilibrada de transporte público e adequada às necessidades de deslocamento de todos os indivíduos, e a **equidade vertical**, que refere-se ao nível de adaptação da oferta de transporte às necessidades exclusivas de determinados grupos da população. Pode-se generalizar esses grupos em duas categorias. As pessoas de classes sociais mais desfavorecidas e de baixa renda, e, em segundo, as pessoas com necessidades especiais de mobilidade, como idosos ou indivíduos com deficiência (Ricciardi et al., 2015). Uma oferta inadequada de transporte ou uma má distribuição de oportunidades e serviços pela cidade pode contribuir para a exclusão social, especialmente de grupos mais vulneráveis. Por isso, análise da equidade vertical é essencial para compreender melhor o problema em cidades latinoamericanas, onde o componente da desigualdade social é tão forte.

Na tabela abaixo, vemos de que forma os autores utilizaram os diferentes métodos de mensuração de desigualdade aplicando-os no planejamento de transporte:

Tabela 1: Revisão sobre as ferramentas utilizadas para avaliar Equidade

| Autor | Método | Conceito Avaliado | Variáveis Utilizadas |
|----------------------------------|-------------------------------|---|--|
| Delbosc e Currie, 2011 | Curva de Lorenz e Índice Gini | Equidade Horizontal e Vertical | Nível de Serviço (y) População & População + Emprego (x) |
| Ruiz, Pons, Lladó e Reynés, 2016 | Curva de Lorenz e Índice Gini | Equidade Horizontal = (Densidade Populacional / Nível de Serviço do Transporte) e Equidade Vertical = (Índice de Demanda Social por Transporte / Nível de Serviço do Transporte) | Nível de Serviço do Transporte (y) População & Demanda Social por Transporte (x) |

| | | | |
|--|---|--|--|
| Ricciardi, Xia e Currie, 2015 | Curva de Lorenz e Índice Gini | Equidade Horizontal e Vertical (Focado em: grupos de idosos, domicílios sem carros, e pessoas com baixa renda) | Índice de Oferta de Transporte Público (y) População (x) |
| Welch, Mishra, 2013 | Curva de Lorenz e Índice Gini | Equidade Horizontal | Conectividade (y) População (x) |
| Xia, Nesbitt, Daley, Najnin, Litman e Tiwari, 2016 | Curva de Lorenz e Índice Gini | Equidade Vertical - Focado em: grupos de idosos, domicílios sem carros, e pessoas com baixa renda | Oferta de Transporte Público (y) População (x) |
| Guzman , Oviedo e Rivera, 2017 | Curva de Lorenz e Índice Gini | Equidade Horizontal e Vertical | % Acessibilidade Potencial (y) População & População + Emprego (x) |
| Falavigna e Nassi, 2013 | Curva de Lorenz, Gini, Theil e índice de Atkinson | Equidade Horizontal | Distância de Viagem Diária e Tempo de Viagem Diário |
| Lucas, Wee e Maat, 2016 | Curva de Lorenz e índice Gini | Igualitarismo e Suficientarianismo | Acessibilidade (y) População (x) |
| Ventura, Jennings, Hidalgo, Pinedad, 2017 | Distribuição dos custos e benefícios gerados por quatro sistemas de BRT | Equidade Vertical – Focado em grupos com diferentes rendas | Benefício/Custo por faixa de renda |

Fonte: Elaboração própria

Após uma revisão da literatura, identificou-se que, dentro as ferramentas disponíveis para avaliar desigualdades, e normalmente utilizadas para análises econômicas, a Curva de Lorenz e o Índice Gini são as mais utilizadas.

Em seu trabalho, Wagstaff et al. (1991), faz uma análise crítica sobre 6 indicadores de desigualdade econômica – a razão entre quintis superior e inferior, o Índice Gini (e a curva de Lorenz), o pseudo Índice Gini (e a pseudo curva de Lorenz), o Índice de Dissimilaridade, o Índice de desigualdade SII (*slope index of inequality*) e o Índice de Concentração (e a curva de concentração associada) - afim de compreender quais são as ferramentas mais adequadas para mensurar desigualdades na saúde. Para isso, eles utilizam três critérios: que o indicador reflita a dimensão socioeconômica para desigualdades na saúde; que mostre as experiências de toda a população, e não apenas de 2 faixas da população, por exemplo.; e que seja sensível a mudanças na distribuição da população entre os níveis socioeconômicos grupos. Os autores concluem que apenas o índice SII e a curva de concentração (complementado pelo Índice de Concentração) atendem os requisitos mínimos de uma medida de desigualdade neste contexto.

A curva de concentração é uma representação gráfica da concentração de algo ao longo da população (Medeiros, 2012). Para construí-la, acumula-se no eixo x a fração de 0% a 100% da população, ordenada por alguma variável, e no eixo y acumula-se a fração de 0% a 100% de qualquer outra variável. Na Curva de Lorenz, que pode ser considerada um caso particular da curva de concentração, a variável utilizada para ordenar a população deve ser a mesma variável de distribuição do eixo y.

Nesse trabalho, propomos o uso da Curva de Concentração e da Curva de Lorenz, para melhor entender suas potenciais contribuições na avaliação da equidade no transporte.

3. DADOS E MÉTODOS

Serão utilizados nesse artigo dados de mobilidade e socioeconômicos da cidade do Rio de Janeiro para fazer uma comparação entre as potenciais contribuições das curvas de Lorenz e de Concentração. As próximas sessões descrevem a área de estudo e a pesquisa origem destino utilizada, a metodologia para criação das Curvas de Lorenz, e de Concentração, e cálculo dos Índices Gini e de Concentração.

3.1. Área de Estudo

A cidade do Rio de Janeiro, com aproximadamente 6 milhões de habitantes, é uma das maiores e mais ricas cidades da América do Sul, e também uma das mais desiguais. (UN-HABITAT, 2010).

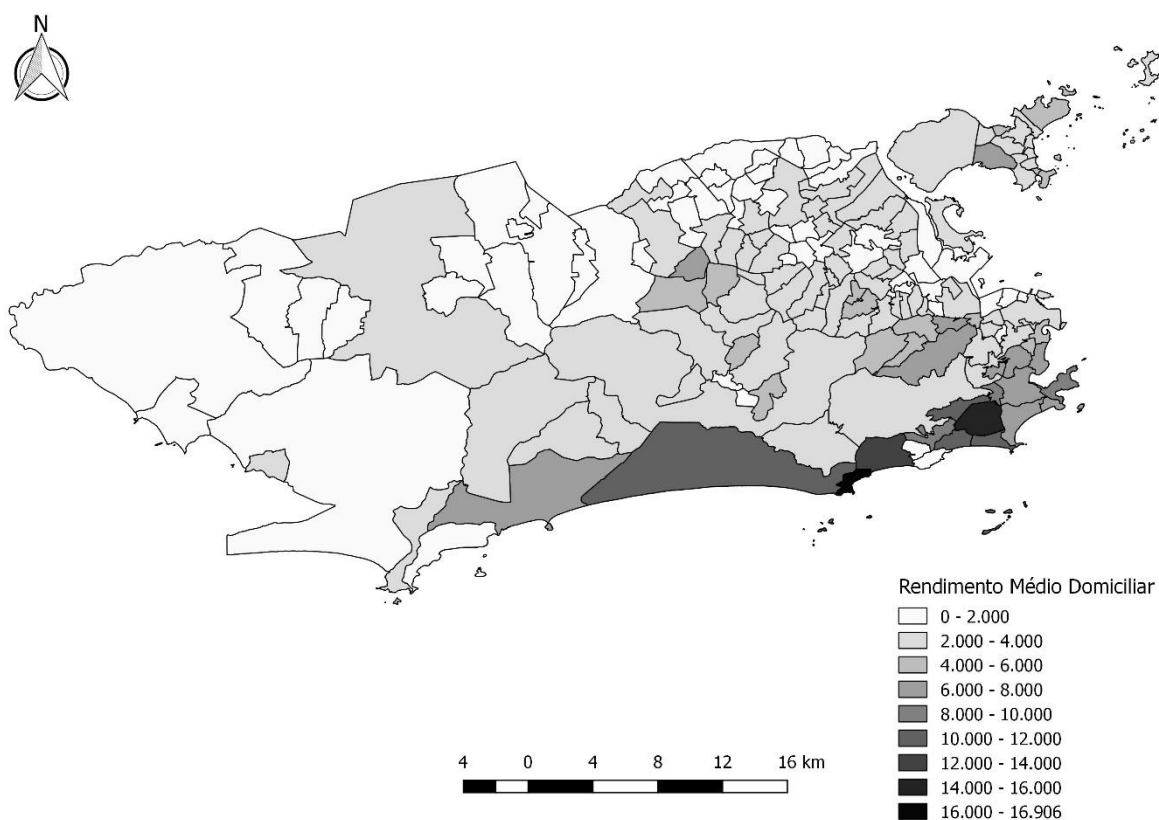


Figura 1: Mapa da cidade do Rio de Janeiro com o Rendimento Médio Domiciliar

Fonte: Elaboração própria

Nos anos 2003 e 2015, foram feitos para a região metropolitana do Rio de Janeiro, Planos Diretores de Transportes Urbanos (PDTU), a partir de pesquisas domiciliares e de interpretação.

Para a análise a ser desenvolvida, optou-se por utilizar os dados das pesquisas domiciliares mais recente. O banco de dados é separado em três conjuntos de informações principais: *Domicílios*, que traz dados gerais do domicílio, como a quantidade de cômodos da casa, quantidade de automóveis e de motos, e quantidade de pessoas que ali vivem; *Pessoas*, que descreve dados individuais como idade, sexo, renda, grau de instrução e setor da atividade de trabalho e *Deslocamentos*, que traz variáveis referentes às características das viagens realizadas no dia

anterior, como origem, destino, motivo da viagem, hora de saída e chegada, modo de transporte e tempo de duração.

Em relação à divisão modal, observa-se uma discrepância no uso do transporte público entre as famílias de diferentes níveis de renda. Em 2012, a 72% das viagens motorizadas são feitas pelo transporte público. Para as camadas mais pobres, esse número é de 85% e para as famílias com renda maior esse valor é de apenas 48% para as famílias de alta renda. O que mostra uma alta dependência do transporte público, principalmente pelas camadas mais pobres.

A **Tabela 2** proporciona os resultados dos indicadores de mobilidade por grupo de renda per capita e por posse de automóvel da cidade do Rio de Janeiro:

Tabela 2: Indicadores de Mobilidade por Faixas de Renda e Posse de Automóvel

| Indicadores | Unidade | Faixa de renda | | | Posse de automóvel | | | | Total |
|---|-----------------------|----------------|-------------|-------------|--------------------|-------------|-------------|------------|-------------|
| | | Baixa | Média | Alta | Não Respondeu | Não possui | 1 carro | 2 ou mais | |
| Total de domicílios | [domicílios] | 815.645 | 1.457.058 | 798.388 | 134.250 | 1.640.215 | 1.050.397 | 246.329 | 3.071.191 |
| Total de pessoas | [pessoas] | 2.114.424 | 2.772.846 | 1.433.176 | 243.153 | 3.382.207 | 2.127.839 | 567.248 | 6.320.446 |
| Total de pessoas que declaram viagens | [pessoas] | 1.679.516 | 2.258.527 | 1.094.490 | 194.183 | 2.554.606 | 1.769.701 | 514.042 | 5.032.533 |
| Total de pessoas que não declaram viagens | [pessoas] | 434.908 | 514.319 | 338.686 | 48.969 | 827.601 | 358.138 | 53.206 | 1.287.913 |
| Total de deslocamentos | [viagens] | 3.989.973 | 5.812.522 | 2.762.341 | 455.636 | 6.425.706 | 4.398.253 | 1.285.242 | 12.564.836 |
| Tempo de viagem total | [minutos] | 129.639.499 | 250.072.309 | 112.307.696 | 17.280.634 | 245.856.586 | 165.784.482 | 63.097.803 | 492.019.505 |
| Distância de viagem total | [km] | 21.850.070 | 47.201.781 | 26.329.240 | 3.054.814 | 39.493.107 | 35.780.278 | 17.052.893 | 95.381.092 |
| Total de automóveis | [automóveis] | 137.220 | 674.684 | 622.927 | S/D | 0 | 1.050.396 | 537.795 | S/D |
| Tamanho médio das famílias | [pessoas/domicílio] | 2,59 | 1,9 | 1,8 | 1,81 | 2,06 | 2,03 | 2,3 | 2,06 |
| Taxa de automóveis cada 1000 habitantes | [automóveis/1000hab.] | 65 | 243 | 435 | S/D | 0 | 493,64 | 948,08 | S/D |
| % de pessoas imóveis | [%] | 20,60 | 18,50 | 23,60 | 20,10 | 24,50 | 16,80 | 9,40 | 20,40 |
| Taxa familiar de viagens por dia (todos os casos) | [viagens/dia] | 4,89 | 3,99 | 3,46 | 3,39 | 3,92 | 4,19 | 5,22 | 4,09 |
| Taxa individual de viagens por dia (todos os casos) | [viagens/dia] | 1,89 | 2,1 | 1,93 | 1,87 | 1,9 | 2,07 | 2,27 | 1,99 |
| Taxa individual de viagens por dia (somente pessoas que declaram viagens) | [viagens/dia] | 2,38 | 2,57 | 2,52 | 2,35 | 2,52 | 2,49 | 2,5 | 2,5 |
| Tempo de viagem familiar (todos os casos) | [minutos/dia] | 159 | 172 | 141 | 129 | 150 | 158 | 256 | 160 |
| Tempo de viagem individual (todos os casos) | [minutos/dia] | 61 | 90,19 | 78,36 | 71,07 | 72,69 | 77,91 | 111,23 | 77,85 |
| Tempo de viagem individual (pessoas que declaram viagens) | [minutos/dia] | 77 | 110,72 | 102,61 | 88,99 | 96,24 | 93,68 | 122,75 | 97,77 |
| Duração média da viagem | [minutos/viagem] | 32,49 | 43,02 | 40,66 | 37,93 | 38,26 | 37,69 | 49,09 | 39,16 |
| Distância de viagem familiar (todos os casos) | [km/dia] | 26,79 | 32,4 | 32,98 | 22,75 | 24,08 | 34,06 | 69,23 | 31,06 |
| Distância de viagem individual (todos os casos) | [km/dia] | 10,33 | 17,02 | 18,37 | 12,56 | 11,68 | 16,82 | 30,06 | 15,09 |
| Distância de viagem individual (pessoas que declaram viagens) | [km/dia] | 13,01 | 20,9 | 24,06 | 15,73 | 15,46 | 20,22 | 33,17 | 18,95 |
| Extensão média da viagem | [km/viagem] | 5,48 | 8,12 | 9,53 | 6,7 | 6,15 | 8,14 | 13,27 | 7,59 |
| Velocidade média de deslocamento | [km/h] | 10,11 | 11,33 | 14,07 | 10,61 | 9,64 | 12,95 | 16,22 | 11,63 |

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do PDTU 2015

Alguns resultados merecem ser destacados:

- Observa-se que o número de membros por domicílio aumenta de forma inversa à renda per capita, ou seja, os grupos de menor renda, em média, têm famílias com maior quantidade de membros.
- Em relação a taxa de motorização, observa-se que ela diminui para os grupos de menor renda, como era esperado, e obviamente aumenta para os grupos com maior posse de automóvel.
- A proporção de pessoas que não realizaram viagens no dia da pesquisa foi de 20,40%, em média. Em relação à posse de automóveis, esse valor é de 9,40% no caso de pessoas em domicílios que tenham 2 ou mais veículos, e aumenta quanto menor é a quantidade de veículos. Em relação à faixa de renda, o % de pessoas imóveis é de 20,6% para o grupo de baixa renda, 18,5% para o grupo na faixa de renda intermediária, e 23,6% para o grupo na maior faixa de renda, um valor maior que a média, bem mais alto do que o esperado.
- A distância média de viagem individual, quando calculada considerando somente aquelas pessoas que fizeram viagens no dia da pesquisa, apresentou uma tendência crescente com a renda per capita e com a posse de automóvel. Enquanto o tempo de viagem individual médio diminui à medida em que cresce a renda per capita e a posse de automóvel, indicando que os indivíduos com maior renda e com maior posse de automóvel estão percorrendo viagens maiores e em menor tempo.
- A velocidade média aumenta conforme o nível de renda, e com a maior posse de automóvel, indicando que os grupos de menores recursos se deslocam com uma velocidade menor. Esse fenômeno é coerente com a divisão modal citada acima, pois se observa que os grupos de baixa renda utilizavam em maior proporção os modos não motorizados e o transporte coletivo.

3.2. Curvas de Lorenz e Índice Gini

As Curvas de Lorenz e o cálculo do Índice Gini foram elaboradas com o pacote IC2 (Plat, 2012) do software R (R Core Team, 2014). Uma definição do coeficiente de Gini é oferecida por Cowell (2011) como a diferença média entre todos os possíveis pares de dados na população avaliada pela Eq. 1.

$$G = \frac{1}{2n^2 \mu_y} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n |y_i - y_j| \quad \text{Eq. 1}$$

Sendo n o total de unidades (pessoas ou famílias), y representa a renda recebida por cada pessoa (ou a variável de transporte avaliada, como número de viagens, distância ou tempo) e \bar{y} é a renda média (ou a média da variável correspondente).

3.3. Curvas de Concentração e Índice de Concentração

As Curvas de Concentração e o cálculo do Índice de Concentração também foram elaboradas com o pacote IC2 (Plat, 2012) do software R (R Core Team, 2014) o qual utiliza a equação proposta por O'Donnell et al. (2007). Dessa forma o índice de concentração pode ser calculado pela Eq. 2.

$$C = 1 - \frac{2}{n \cdot \mu} \sum_{i=1}^n y_i \cdot (1 - R_i) \quad \text{Eq. 2}$$

Onde, C é o índice de concentração, n é o número de indivíduos, R_i representa a ordem fracionária do indivíduo i , sendo $i=1$ (o indivíduo de menor renda ou da variável socioeconômica correspondente) e $i=n$ (o indivíduo de maior renda ou da variável socioeconômica correspondente). Finalmente, y_i representa o valor da variável principal (por exemplo, número diário de viagens do indivíduo) e μ representa a média.

Deve ficar claro que a variável de classificação socioeconômica pode ser a renda ou qualquer outra variável (neste trabalho foram utilizada a Faixa de Renda e a Posse de Automóveis) e a variável principal no caso da análise de mobilidade urbana pode ser qualquer variável relacionada com os deslocamentos das pessoas, neste trabalho avaliamos Número de Viagens Diário (NVD) e Tempo de Viagem Diário (TVD).

4. RESULTADOS

Nessa seção são apresentados os resultados do trabalho. Na Seção 4.1 a Curva de Lorenz e os Índices Gini e na Seção 4.2 as Curvas de Concentração e Índices de Concentração.

4.1. Curvas de Lorenz e Índice Gini

A Figura 2 mostra os resultados das distribuições de NVD, TVD e DVD, ou seja, a proporção de viagens, distância e tempo que é “consumida” pela população quando esta é ordenada de acordo com a mesma variável (número de viagens, tempo ou distância). Vemos que tanto a curva de número de viagens diárias (NDV) quanto no tempo de viagem diário (TDV) existe um 20% da população que não declarou viagens no dia da pesquisa. Por outro lado, esse valor aumenta para o caso da distância de viagem diária (DVD), pois, além dos indivíduos que não viajaram, as distâncias foram computadas a partir da distância entre os centroides dos bairros. Assim, as viagens com origem e destino no mesmo bairro ficaram com distância zero.

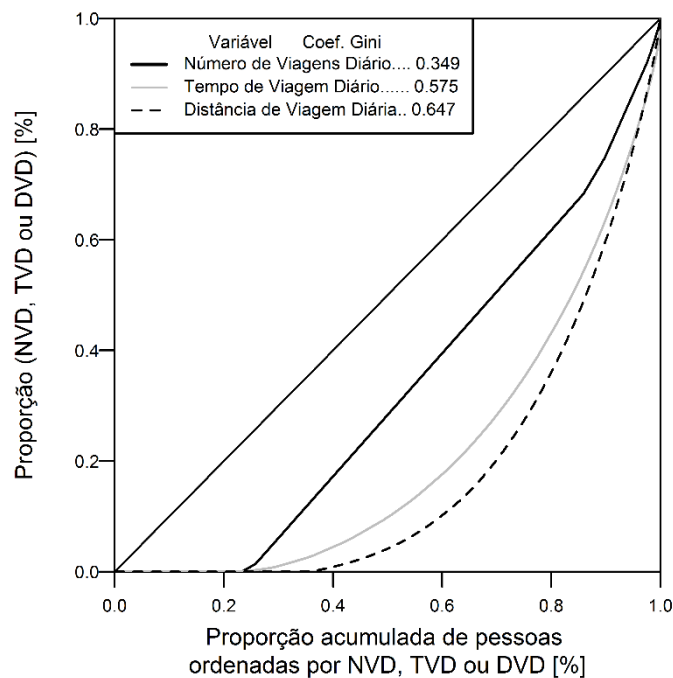


Figura 2: Curva de Lorenz do Número de Viagens Diário (NVD), Tempo de Viagem diário (TVD) e Distância de Viagem Diária (DVD)

Ao utilizar a Curva de Lorenz nesse caso, a ferramenta se mostra insuficiente para captar a relação da condição socioeconômica da população, com variáveis que mostram características de transporte, uma vez que a variável em que a população é ordenada no eixo x, deve ser a mesma variável de transporte do eixo y. A partir da Figura 2, somente é possível afirmar que a distribuição da distância percorrida diária (DVD) é uma variável com maior dispersão do que a do tempo (TVD) ou o número de viagens diárias (NVD) (de fato o coeficiente de Gini é maior), mas não é possível obter conclusões de desigualdade, pois não foi levada em conta nenhuma variável socioeconômica (Wagstaff et al., 1991).

4.2. Curvas de Concentração e Índice de Concentração

A Figura 3 traz os resultados da Curva de Concentração para o número de viagens diárias, tempo de viagem diário e distância de viagem diária, ordenando a população por faixas de renda e por posse de automóveis, respectivamente. Importante ressaltar que, dependendo da distribuição da variável, a curva pode estar localizada acima da reta de 45 graus, indicando que essa variável é “consumida” em maior proporção pelos indivíduos de menor renda (ou de menor posse de automóveis).

Os resultados da Curva de Concentração considerando a Faixa de Renda como variável de classificação da população (figura da esquerda na Figura 3), se observa que 50% da população com menor renda consome menos de 40% da distância de viagem (e 40% do tempo). A distribuição das três variáveis (número de viagens, tempo e distância) são bem próximas à linha de equidade com valores do coeficiente de concentração muito próximos de zero, sendo a distância é a variável mais desigual.

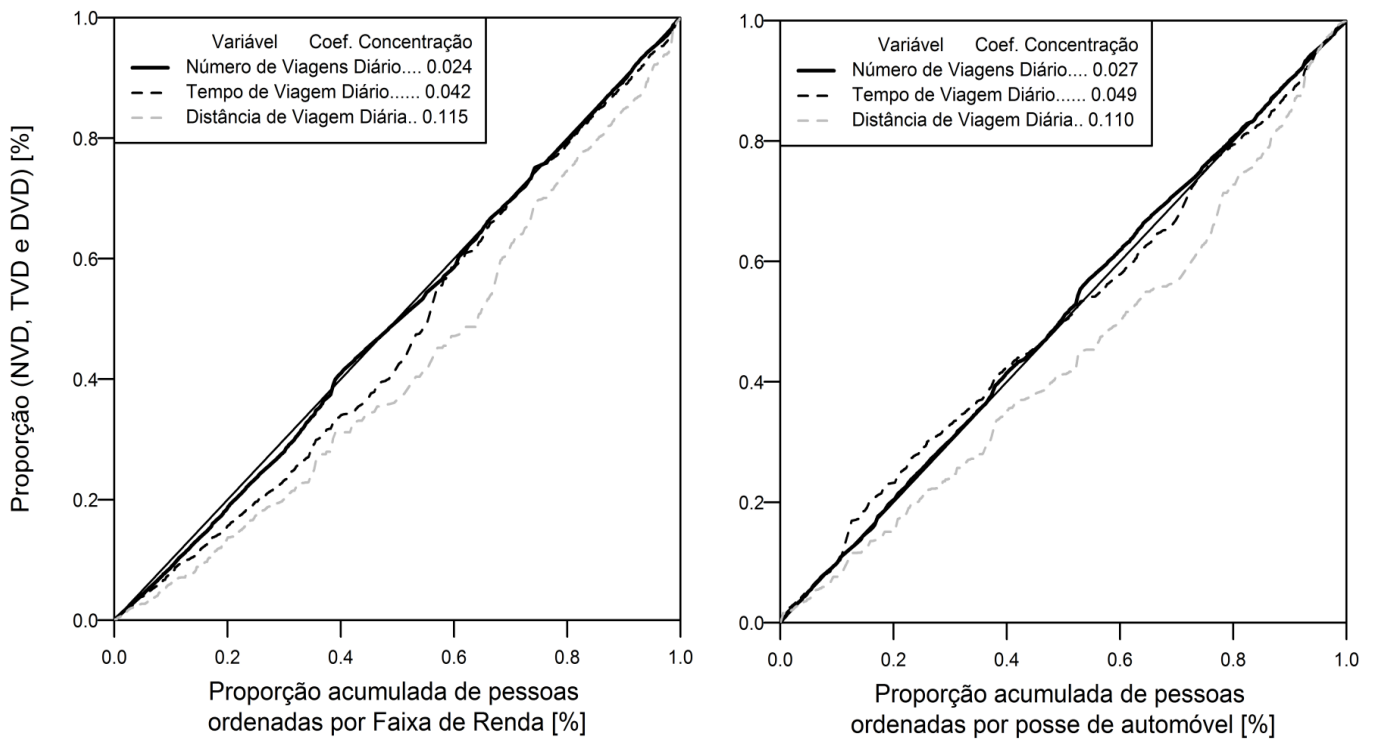


Figura 3: Curvas de Concentração do Número de Viagens Diário (NVD), Tempo de Viagem diário (TVD) e Distância de Viagem Diária (DVD) ordenando a população segundo a Faixa de Renda (acima) e Posse de Automóvel

Considerando que a distribuição modal é um ponto importante para entender as desigualdades na mobilidade quotidiana, nas Figuras 4 e 5 foram calculadas as curvas de Concentração das variáveis número de viagens e tempo de viagem desagregadas por modo de transporte, considerando modos motorizados individuais e coletivos e os modos não motorizados.

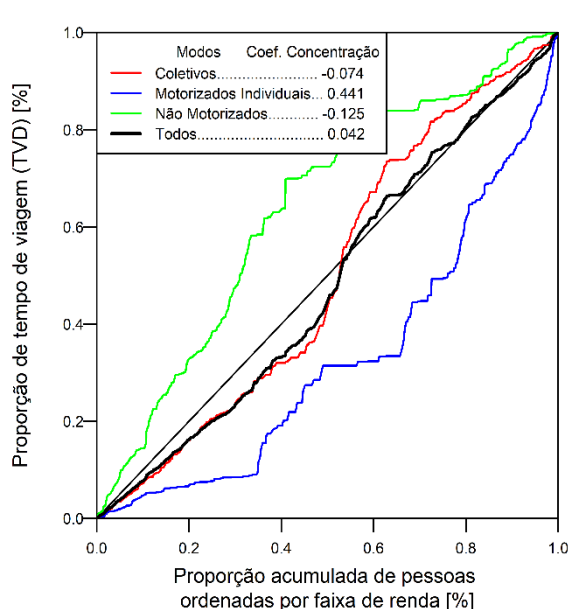
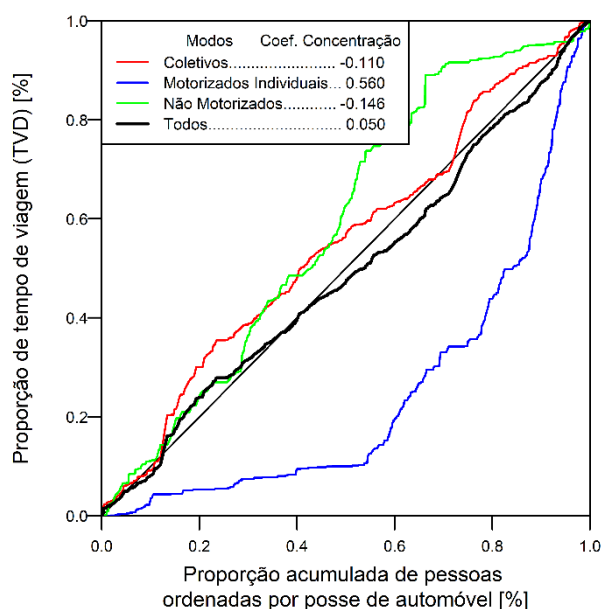
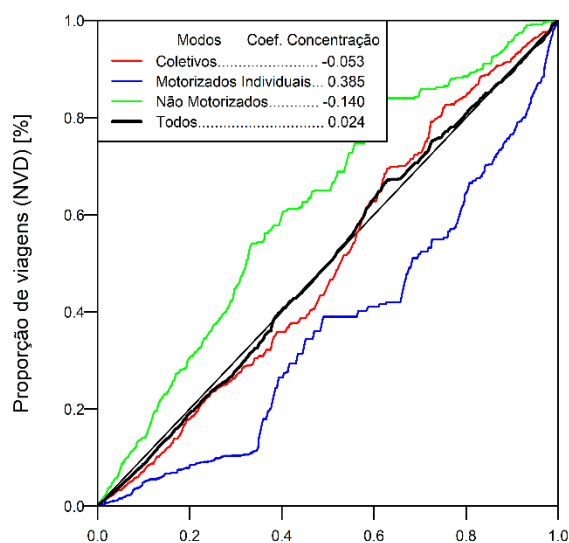
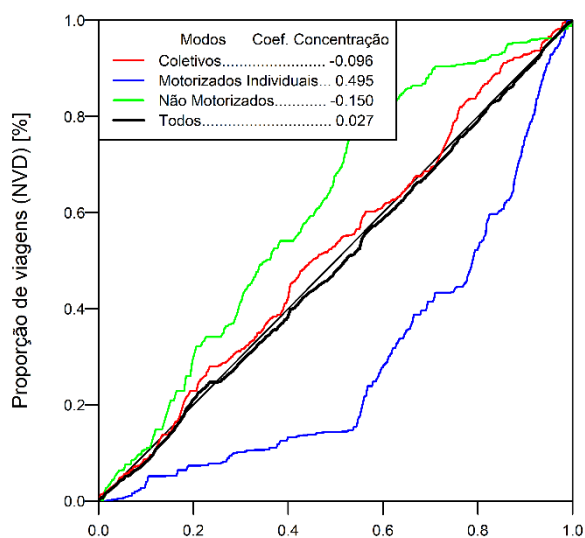


Figura 4: Curvas de Concentração do Número de Viagens Diário (NVD) e Tempo de Viagem diário (TVD) ordenando a população segundo a Faixa de Renda desagregado por modo de transporte Individual, coletivo e Não Motorizado

Figura 5: Curvas de Concentração do Número de Viagens Diário (NVD) e Tempo de Viagem diário (TVD) ordenando a população segundo a Posse de Automóveis desagregado por modo de transporte Individual, coletivo e Não Motorizado

A Figura 4 mostra a distribuição do NVD e TVD por faixas de renda. Na distribuição do número de viagens, a distribuição não motorizada é mais concentrada entre os indivíduos de baixo nível econômico (valor do IC: - 0,150) e a distribuição de transporte coletivo aparece mais próxima da linha da igualdade (valor do IC: -0,096). A distribuição do transporte motorizado individual é a mais afastada da linha de equidade e parece estar mais concentrada entre os indivíduos mais ricos (valor do IC: 0,495). Para a distribuição dos tempos de viagem, os deslocamentos não motorizados também estão mais concentrados entre os indivíduos de baixo nível econômico (valor do IC: - 0,148) e a distribuição de transporte coletivo aparece mais próxima da linha da igualdade (valor do IC: -0,110).

Na Figura 5 vemos as distribuições do NVD e TVD por posse de automóvel. No número de viagens diárias, os deslocamentos não motorizados estão mais concentrados entre os indivíduos com menor renda (valor do IC: -0,140), os deslocamentos por transporte coletivo aparecem abaixo da linha da igualdade para a população com menor posse de automóvel, e acima da linha da igualdade para a população com maior posse de automóvel. E os deslocamentos por transporte individual aparecem abaixo da linha de equidade, mas apresentam uma menor desigualdade (valor do IC: 0,385), do que quando a comparação é feita por faixas de renda. Para a distribuição dos tempos de viagem, os deslocamentos por transporte individual motorizado também apresentam um IC menor (valor do IC: 0,441), do que no caso anterior. Os deslocamentos não motorizados aparecem acima da linha de equidade (valor do IC: 0,125), e os deslocamentos por transporte coletivo aparecem abaixo da linha da igualdade para a população com menor posse de automóvel, e acima da linha da igualdade para a população com maior posse de automóvel.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na avaliação de desigualdades no âmbito da mobilidade, ordenar a população por variáveis socioeconômicas traz contribuições mais adequadas à análise, pois nos permite compreender como a variável de transporte do eixo y, está distribuída entre a população ordenada por alguma variável socioeconômica. Ordenar a população pela mesma variável de transporte utilizada no eixo x, como seria o caso da Curva de Lorenz, mostra simplesmente a “dispersão” da variável na população. O que pode ser interessante para avaliar equidade horizontal, como no caso da distribuição da oferta de um serviço público na cidade (Delbosc e Currie, 2011; Welch, Mishra, 2013), mas é insuficiente para avaliar equidade vertical. Para o caso das cidades Latinoamericanas, onde ainda temos elevados índices de desigualdades socioeconômicas, resulta interessante entender como as desigualdades no transporte estão relacionadas com as condições socioeconômicas, por isso consideramos que as curvas e índices de Concentração são ferramentas interessantes que devem ser incorporadas nas análises de equidade na mobilidade urbana.

Ainda que o artigo apresente um enfoque nas metodologias para mensurar as desigualdades na mobilidade, o estudo de caso trouxe algumas conclusões referentes às desigualdades na mobilidade do Rio de Janeiro. Destaca-se, por exemplo, que a taxa média de imobilidade, isto é, proporção de pessoas que não declararam viagens no dia da pesquisa, é de 20%, um valor notavelmente menor que o 46% declarado no PDTU de 2003 (Motte-Baumvol e Nassi, 2012). Inclusive é menor que o observado em cidades de outros países Latinoamericanos, como Córdoba (Argentina) ou Montevideu (Uruguai) com 30% e 36% respectivamente (Falavigna e Hernández, 2016). Uma possível causa dessa variação na taxa de imobilidade entre o PDTU 2003 e 2015 seja uma diferença na metodologia da pesquisa e nas viagens que foram levadas

em conta. O PDTU de 2003 levou em conta todas as viagens de 300 metros ou mais, o PDTU não existe uma definição formal, mas no banco de dados existem registros de viagens de 1 minuto. A variação da taxa de imobilidade segundo a classificação por faixa de renda não parece razoável, sendo que a faixa de maior renda tem uma imobilidade maior. Isso é contrário ao observado em outros trabalhos (Falavigna e Hernández, 2016). Por outro lado, o valor da taxa de imobilidade de acordo com a classificação por posse de automóvel, apresenta um comportamento razoável sendo maior para as pessoas que não possuem automóveis (25,5%) do que para aqueles grupos que tem um (16,8%) ou dois ou mais carros (9,4%).

Outro aspecto que mostra o nível de desigualdade na mobilidade quotidiana é a diferença na velocidade média de deslocamento, sendo que as pessoas que declaram menor faixa de renda se movimentam com uma velocidade 40% menor às pessoas de maior faixa de renda (10 km/h e 14km/h respectivamente). A diferença na velocidade média de deslocamento é ainda maior quando a classificação é por posse de automóvel.

Finalmente, destacamos a evidente desigualdade no uso dos diferentes modos de transporte. Quando se observa de forma agregada as desigualdades nas variáveis de mobilidade (NVD, TVD e DVD na Figura 3) são baixas, de fato os valores de concentração na Figura 3 são próximos a zero mostrando baixa desigualdade. A diferença aparece quando as variáveis de mobilidade são computadas de forma desagregada segundo o modo de transporte (Motorizado individual, coletivo ou modos Não Motorizados), como foi apresentado nas Figuras 4 e 5. Claramente, existe uma notável desigualdade na distribuição dos modos de transporte, sendo que os grupos de maior renda utilizam muita maior proporção os modos motorizados individuais (curva azul por baixo da linha de 45 graus e o índice de concentração positivo com valores entre 0,38 e 0,56) e as pessoas de menor renda são responsáveis pela maior proporção das viagens feitas em modos não motorizados (curva verde por cima da reta de 45 graus e valores de índice de concentração negativos entre -0,12 e -0,15). Destaca-se que o transporte coletivo é o modo que apresenta uma distribuição menos desigual, ou seja, o uso de transporte coletivo é razoavelmente bem distribuído na população (muito próximo à linha de equidade) o que mostra a importância do transporte público para satisfazer as necessidades de mobilidade e acesso de toda a população.

Algumas limitações foram encontradas a partir dos próprios dados da pesquisa origem destino, e os autores acreditam que podem ser vencidas com modificações na metodologia da pesquisa. Mais informações sobre as distâncias percorridas nos deslocamentos, como ter os dados de origem e destino georreferenciados, seria de grande ajuda. O dado socioeconômico *faixa de renda* quando fornecido de forma tão agrupada, como dividido em 3 intervalos, impede uma investigação mais minuciosa e alguns resultados importantes podem ter sido minimizados por isso, como a desigualdade. Assim, em pesquisas futuras, seria de maior contribuição à pesquisa, ter o próprio valor da renda, ou pelo menos, mais intervalos de faixa de renda.

As curvas de concentração são uma ferramenta interessante para aprofundar de forma quantitativa as análises de equidade do transporte. As principais sugestões para pesquisas futuras são relacionadas com os seguintes aspectos: testar novas variáveis de mobilidade, como por exemplo, o custo generalizado de viagem ou variáveis relacionadas com a acessibilidade. Recomenda-se procurar novas variáveis de classificação socioeconômica. Um ponto forte das curvas de concentração é que podem ser uma excelente ferramenta para comparar desigualdades

na mobilidade entre cidades diferentes ou também para avaliar os impactos após a implantação de um projeto de transporte (ex ante- ex post).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CELFI (Centro Latinoamericano de Formación Interdisciplinaria) e à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo apoio financeiro recebido para o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Censo Demográfico 2010. *Informações dos Bairros e Regiões Administrativas*. IBGE, 2011. Disponível em: <http://downloads.ibge.gov.br/downloads_estatisticas.htm>.
- Cowell, F., 2011, *Measuring Inequality*. 3rd edition. Oxford, Oxford University Press.
- Delbosc, A. e Currie, G., 2011. Using Lorenz curves to assess public transport equity. *Journal of Transport Geography*, 19, 1252–1259
- Falavigna, C.; e Hernández, D. 2016 Assessing inequalities on public transport affordability in two latin American cities : Montevideo (Uruguay) and Córdoba (Argentina). *Transport Policy* 45 (2016) 145–155
- Falavigna, C., e Nassi, D., 2013. Assessing Inequality in Travel Time and Distance Consumption in Córdoba City, Arnetina. *13th WCTR, July 15-18, – Rio de Janeiro, Brazil*.
- Guzman, L., Oviedo, D. e Rivera, C., 2017. Assessing equity in transport accessibility to work and study: The Bogotá region. *Journal of Transport Geography* 58, 236–246.
- Litman, T., 2014. Evaluating Transportation Equity. Victoria Transport Policy Institute.
- Lucas, K. (2012) Transport and social exclusion: Where are we now? *Transport Policy*, 20, pp. 105-113.
- Lucas, K., Wee, B. e Maat, K., 2016. A method to evaluate equitable accessibility: combining ethical theories and accessibility-based approaches. *Transportation*, 43:473–490.
- Medeiros, M., 2012. Medidas de Desigualdade e Pobreza. Ed. UnB.
- Motte-Baumvol, B., e Nassi, C. D. (2012) Immobility in Rio de Janeiro, beyond poverty. *Journal of Transport Geography*, 24, pp. 67–76.
- O'Donnell, O., Van Doorslaer, E., Wagstaff, A., Lindelow, M. (2007) *Analyzing Health Equity Using Household Survey Data: A Guide to Techniques and their Implementation*. The World Bank
- Plat, D. (2012) Inequality and Concentration Indices and Curves. R package. Disponível no repositório CRAN.
- PDTU. (2013) *Plano Diretor de Transporte Urbano da Região Metropolitana do Rio de Janeiro*. Secretaria de Estado de Transportes. Governo do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ.
- R Core Team (2014) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. <http://www.R-project.org>.
- Ricciardi, A., Xia J., e Currie, G., 2015. Exploring public transport equity between separate disadvantaged cohorts: a case study in Perth, Australia. *Journal of Transport Geography* 43 (2015) 111–122
- Ruiz, M., Pons, J., Lladó, M., e Reynés, M., 2016. Evaluación de la equidad del servicio de transporte público: El caso de Palma de Mallorca Assessing equity of public transport: the case of Palma (Mallorca, Illes Balears). *Estudios Geográficos* Vol. LXXVII, 281, pp. 619-646.
- Ventera, Jennings, Hidalgo, Pinedad, 2017. The equity impacts of bus rapid transit: A review of the evidence and implications for sustainable transport. *International Journal of Sustainable Transportation*
- UN-HABITAT. (2010). State of the World's Cities 2010/2011- Cities for All: Bridging the Urban Divide (p. 244). UN-HABITAT.
- Wagstaff, A., Paci, P., & van Doorslaer, E. 1991. On the measurement of inequalities in health. *Social Science & Medicine*, 33(5), 545–557.
- Welch, T., e Mishra, S., 2013. A measure of equity for public transit connectivity, *Journal of Transport Geography*. 33, 29–41.
- Xia, J., Nesbitt, J., Daley, R., Najnin, A., Litman T., e Tiwari, S., 2016. A multi-dimensional view of transport-related social exclusion: A comparative study of Greater Perth and Sydney, *Transportation Research Part A*, 94, 205–221