

ISSN 2318-2377



TEXTO PARA DISCUSSÃO Nº 630

**MATRIZES DE DISTÂNCIAS E TEMPO DE DESLOCAMENTO
RODOVIÁRIO ENTRE OS MUNICÍPIOS BRASILEIROS:
UMA ATUALIZAÇÃO METODOLÓGICA PARA 2020**

**Lucas Resende de Carvalho
Pedro Vasconcelos Maia do Amaral
Philippe Scherrer Mendes**

Março de 2021

Universidade Federal de Minas Gerais

Sandra Regina Goulart Almeida (Reitora)
Alessandro Fernandes Moreira (Vice-Reitor)

Faculdade de Ciências Econômicas

Hugo Eduardo Araujo da Gama Cerqueira (Diretor)
Kely César Martins de Paiva (Vice-Diretora)

Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (Cedeplar)

Frederico Gonzaga Jayme Jr (Diretor)
Gustavo de Britto Rocha (Vice-Diretor)

Laura Rodríguez Wong (Coordenadora do
Programa de Pós-graduação em Demografia)

Gilberto de Assis Libânio (Coordenador do
Programa de Pós-graduação em Economia)

Adriana de Miranda-Ribeiro (Chefe do
Departamento de Demografia)

Pedro Vasconcelos Maia do Amaral (Chefe do
Departamento de Ciências Econômicas)

Editores da série de Textos para Discussão

Aline Souza Magalhães (Economia)
Adriana de Miranda-Ribeiro (Demografia)

Secretaria Geral do Cedeplar

Maristela Dória (Secretária-Geral)
Simone Basques Sette dos Reis (Editoração)

<http://www.cedeplar.ufmg.br>

Textos para Discussão

A série de Textos para Discussão divulga resultados preliminares de estudos desenvolvidos no âmbito do Cedeplar, com o objetivo de compartilhar ideias e obter comentários e críticas da comunidade científica antes de seu envio para publicação final. Os Textos para Discussão do Cedeplar começaram a ser publicados em 1974 e têm se destacado pela diversidade de temas e áreas de pesquisa.

Ficha catalográfica

C331m	Carvalho, Lucas Resende de.
2021	Matrizes de distâncias e tempo de deslocamento rodoviário entre os municípios brasileiros : uma atualização metodológica para 2020 / Lucas Resende de Carvalho, Pedro Vasconcelos Maia do Amaral, Philipe Scherrer Mendes. - Belo Horizonte: UFMG / CEDEPLAR, 2021.
	12 p. : il. - (Texto para discussão, 630)
	Inclui bibliografia.
	ISSN 2318-2377
	1. Municípios. 2. Planejamento urbano. 3. Planejamento rodoviário – Brasil. I. Amaral, Pedro Vasconcelos Maia do. II. Mendes, Philipe Scherrer. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional. IV. Título. V. Série.
	CDD: 380.5

Elaborado por Leonardo Vasconcelos Renault CRB-
6/2211 - Biblioteca da FACE/UFMG. – LVR/032/2021

As opiniões contidas nesta publicação são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es), não exprimindo necessariamente o ponto de vista do Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (Cedeplar), da Faculdade de Ciências Econômicas ou da Universidade Federal de Minas Gerais. É permitida a reprodução parcial deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções do texto completo ou para fins comerciais são expressamente proibidas.

Opinions expressed in this paper are those of the author(s) and do not necessarily reflect views of the publishers. The reproduction of parts of this paper of or data therein is allowed if properly cited. Commercial and full text reproductions are strictly forbidden.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO E PLANEJAMENTO REGIONAL**

**MATRIZES DE DISTÂNCIAS E TEMPO DE DESLOCAMENTO
RODOVIÁRIO ENTRE OS MUNICÍPIOS BRASILEIROS:
UMA ATUALIZAÇÃO METODOLÓGICA PARA 2020**

Lucas Resende de Carvalho

Cedeplar/UFMG
lucasrc@cedeplar.ufmg.br

Pedro Vasconcelos Maia do Amaral

Cedeplar/UFMG
pedroamaral@cedeplar.ufmg.br

Philippe Scherrer Mendes

Cedeplar/UFMG
philipem@cedeplar.ufmg.br

**CEDEPLAR/FACE/UFMG
BELO HORIZONTE
2021**

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. METODOLOGIA	7
3. RESULTADO	8
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	11
5. REFERÊNCIAS	12

RESUMO

Esse trabalho descreve o procedimento metodológico para o cálculo de distâncias e do tempo de deslocamento entre os 5.570 municípios brasileiros a partir das APIs (*Application Programming Interface*) do Google Maps e, principalmente, OpenStreet Maps. Trata-se de uma atualização dos resultados de Carvalho et al. (2016). Os dados gerados por esse trabalho fornecem informações relevantes que podem ser insumos de outros trabalhos acadêmicos com as mais diversas aplicações como, por exemplo, aplicações em economia regional, modelos de alocação dinâmico, pesquisa operacional, econometria espacial ou modelos de equilíbrio geral. Sendo assim, o principal objetivo desse trabalho é construir um banco de dados que poderá ser utilizado em diversos estudos aplicados.

Palavras-chave: matriz de distância percorrida; matriz de tempo de deslocamento; distritos municipais

ABSTRACT

This working paper describes the methodological procedure for calculating distances and travel time between the 5,570 Brazilian municipalities using the APIs from Google Maps (*Application Programming Interface*) and, mainly, OpenStreet Maps. This is an update of the results of Carvalho et al. (2016). The data generated by this work provide relevant information that can be used by other academic works with the most diverse applications, such as, for example, applications in regional economics, dynamic allocation models, operational research, spatial econometrics or general equilibrium models. Therefore, the main objective of this work is to build a database that can be used in several applied studies.

Keywords: traveling distance matrix; traveling time matrix; municipal districts

JEL classification: R15, R19, R39

1, INTRODUÇÃO

Independente do processo que tenha formado a distribuição da atividade produtiva no espaço, influenciado pelo clima, solo, matéria prima, mercado consumidor, etc., é notável o papel que os municípios exercem na dinâmica da reorganização espacial. Eles se destacam como importantes agentes no processo de desenvolvimento regional. É dentro deles que se localizam as atividades produtivas, industriais e de serviços, capazes de criarem externalidades positivas que reforçam sua concentração espacial. Nesta perspectiva, emerge uma corrente teórica preocupada em discutir os fatores determinantes da aglomeração urbana (MARSHALL, 1890; JACOBS, 1969, GLAESER et al, 1992). As vantagens resultantes da aglomeração urbana não se restringem ao âmbito da produção, e as cidades oferecem maior variedade de bens de consumo, de serviços públicos e maior possibilidade de contatos sociais, se tornando atrativas.

Saindo do município e caminhando em direção a rede de municípios, a estrutura urbana revela, por meio da distribuição espacial das cidades, as características do desenvolvimento econômico e social de uma determinada porção do território. Sua configuração responde a forças da dinâmica da urbanização, vista como um processo histórico de longa duração.

A função primordial de uma cidade é a de ser o centro de uma região, ainda que de um pequeno entorno rural. Portanto, o núcleo urbano desempenha um papel centralizador de oferta de serviços ao seu entorno imediato, provendo bens e serviços essenciais. Os serviços ou atividades econômicas existentes na sociedade são diversos e variam em sua complexidade, indo do mais básico ao muito complexo. Assim, a hierarquização da atividade econômica reflete, também, em uma hierarquização municipal onde essas atividades mais complexas são providas em lugares mais centrais. Neste cenário, uma maior oferta, e complexidade, de bens e serviços estaria diretamente relacionada à elevação da centralidade do município, com consequente ampliação de sua área de influência (CHRISTÄLLER, 1966).

Em função da existência dessa complexidade na oferta, destaca-se outro referencial teórico que auxilia a interpretação desse fenômeno. A Teoria do Lugar Central, desenvolvida por Christäller (1966) e Lösch (1954), baseia-se no princípio da centralidade e considera o espaço a ser organizado em torno de um núcleo urbano principal, chamado de lugar central. A região complementar, ou entorno, apresenta uma relação de codependência com o núcleo principal, já que este é o lócus de oferta de bens e serviços de natureza urbana. A Teoria do Lugar Central busca identificar o surgimento das funções nas cidades e como se dava a conformação que hierarquizava a rede de cidades. Assim, além da identificação desta centralidade, a teoria discute a influência exercida nesta região complementar.

Para discutir esta influência exercida na região complementar, a Teoria do Lugar Central utiliza o conceito de *alcance*. O alcance é definido como a distância máxima que o consumidor se dispõe a deslocar para ter acesso a um determinado bem ou serviço, variando em função da complexidade dessa atividade. Portanto, as distâncias percorridas e os tempos de deslocamento são variáveis fundamentais na determinação a atividade econômica, como por exemplo, para determinar: (i) a localização espacial de uma atividade, (ii) sua capacidade de polarização e (iii) seu coeficiente de concentração.

Apesar de uma recente emergência e inserção de cidades médias no tecido urbano nacional (SCHERER e AMARAL, 2020), o país ainda apresenta forte heterogeneidade espacial da rede urbana, marcada pela quase ausência de diferentes níveis hierárquicos que se completam e de forte polarização de Regiões Metropolitanas e exclusão de boa parte do interior (SIMÕES e AMARAL, 2011). O movimento de interiorização do território, que tem levado a reorganizações espaciais nas últimas décadas, apesar de bastante lento, tende a conferir maior significado aos centros intermediários no processo de articulação da rede urbana.

Muitas são as discussões acerca de questões espaciais para o Brasil. Abordagens que destacam a concentração da atividade produtiva, tendências à desconcentração, velocidade do processo, impactos locais ou regionais de políticas, dentre tantos outros pontos relevantes para o debate. Dentro da perspectiva da localização e da polarização, discutir questões relacionadas à distância (ou alcance) se mostram bastante relevantes a vários destes debates. E é nesse contexto que esse trabalho apresenta o procedimento metodológico utilizado para a atualização das distâncias percorridas e tempo de deslocamento entre os municípios brasileiros calculados por Carvalho et al. (2016).

Os dados gerados por esse trabalho se mostram relevantes insumos de outros trabalhos acadêmicos com as mais diversas aplicações como, por exemplo, aplicações em economia regional, modelos de alocação dinâmico, pesquisa operacional, econometria espacial ou modelos de equilíbrio geral. Sendo assim, o principal objetivo desse trabalho é construir um banco de dados que poderá ser utilizado em diversos estudos aplicados.

Esse texto para discussão é organizado em três seções, além desta introdução. A próxima seção apresenta a estratégia metodológica adotada, seguida pela seção que exhibe o resultado encontrado para a minimização de distância e tempo das 27 capitais brasileiras. Por fim, a seção de considerações finais conclui o trabalho e apresenta suas principais limitações.

2. METODOLOGIA

A construção da base de dados foi realizada em três etapas:

1. Uma vez que a API do OpenStreet Maps não realiza automaticamente a função de nominatim, i.e. encontrar uma localização (latitude e longitude) por meio do nome ou endereço (geocoding), foi realizada uma primeira consulta utilizando a Geocoding API do Google Maps. O objetivo dessa primeira etapa foi encontrar a coordenada geográfica do perímetro urbano de cada um dos 5.570 municípios do Brasil. A escolha da utilização dessa API elimina um possível viés de se utilizar a coordenada do centroide do polígono municipal que, muitas vezes, não coincide com a localização exata do centro urbano, especialmente para municípios de grande extensão territorial, como os localizados na região norte do país. Preferiu-se ainda o uso das coordenadas advindas do Google Maps em detrimento das coordenadas das sedes municipais fornecidas pelo IBGE por estarem aquelas mais diretamente conectadas às malhas rodoviárias.

2. Com a determinação das coordenadas de todos os 5.570 municípios, foi acessada a API do OpenStreet Map para o cálculo das distâncias percorridas e tempo de deslocamento, par a par, por carro, via modal rodoviário. As consultas tiveram início no dia 7 de junho de 2020 e terminaram em 22 de outubro de 2020. Uma simplificação metodológica adotada nesse trabalho foi a consulta no sentido ‘one way’, ao invés de consultas para uma viagem ‘round trip’. A consulta foi organizada iniciando dos municípios de menor código do IBGE em direção aos maiores. Por exemplo, foi realizada a consulta da distância percorrida e tempo de deslocamento do município com menor código IBGE – 110001 (Alta Floresta d’Oeste – RO) – até o maior código IBGE – 530010 (Brasília – DF). Para o percurso no sentido contrário, de Brasília até Alta Floresta d’Oeste, foi utilizado o resultado anteriormente encontrado. Com isso o número de consultas foi reduzido pela metade, assumindo a hipótese simplificadora de que os deslocamentos de ida e volta têm a mesma distância e duração.
3. Após a realização de todas as consultas, foi construída a base de dados duplicada, preenchendo os dados das viagens no sentido ‘round trip’. A base está organizada no formato *stacked* ou *long*, com 31.024.900 linhas e quatro colunas: origem, destino, distância percorrida (quilômetros) e tempo de deslocamento (horas).
4. O OpenStreet Map considera apenas o modal rodoviário para cálculo das distâncias percorridas e tempo de deslocamento. Sendo assim, pode ocorrer um viés em não levar em consideração o modal hidroviário, especialmente para os municípios da Amazônia Legal. Isso posto, as distâncias que envolvem algum município da Amazônia Legal e que forem 20% maiores que as estimadas por Carvalho et al. (2016) serão substituídas pelas informações calculadas no trabalho pregresso, correspondendo a 1,16%.

Todas essas rotinas foram executadas no R versão 4.0.0 (2020-04-24) “Arbor Day” utilizando os pacotes tidyverse versão 1.3.0 e o jsonlite versão 1.6.1, no sistema operacional CentOS 7.7.1908.

3. RESULTADO

O número de combinações dos 5.570 municípios, dois a dois, não permite que os resultados calculados sejam apresentados nesse trabalho. Por essa razão, tendo como exemplo, as tabelas abaixo apresentam o tempo médio de deslocamento e a distância percorrida entre as 27 capitais brasileiras.

TABELA 1
Tempo médio despendido pelo trajeto ótimo rodoviário, em horas

O/D		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Porto Velho	1	0																										
Rio Branco	2	8	0																									
Manaus	3	17	25	0																								
Boa Vista	4	120	116	103	0																							
Belém	5	53	61	64	135	0																						
Macapá	6	117	125	127	43	91	0																					
Palmas	7	45	53	62	140	20	96	0																				
São Luís	8	59	68	70	141	13	43	16	0																			
Teresina	9	59	67	71	142	14	97	14	7	0																		
Fortaleza	10	68	76	80	151	23	105	21	12	8	0																	
Natal	11	71	79	88	159	31	112	29	20	15	8	0																
João Pessoa	12	69	77	85	159	31	58	27	21	15	10	2	0															
Recife	13	67	75	84	158	31	111	26	20	14	11	4	2	0														
Maceió	14	64	73	81	159	31	111	23	21	14	12	7	5	3	0													
Aracaju	15	61	69	78	158	31	111	20	20	14	14	10	8	6	3	0												
Salvador	16	59	67	76	158	31	59	18	21	15	15	14	12	10	8	4	0											
Belo Horizonte	17	45	53	61	149	40	117	19	34	29	30	30	27	26	23	20	17	0										
Vitória	18	53	61	70	157	43	124	27	34	27	28	27	25	23	20	17	15	7	0									
Rio de Janeiro	19	47	55	64	148	45	64	25	39	33	33	33	31	29	27	23	21	5	8	0								
São Paulo	20	42	50	59	143	42	119	22	36	33	37	37	34	33	30	27	25	8	13	6	0							
Curitiba	21	44	52	60	139	47	124	27	40	37	43	42	40	38	36	33	30	13	19	11	6	0						
Florianópolis	22	48	56	64	141	51	64	31	44	41	46	46	44	42	40	36	34	17	23	15	10	4	0					
Porto Alegre	23	51	59	67	136	56	133	36	49	46	52	51	49	47	45	42	39	22	28	20	15	10	6	0				
Campo Grande	24	30	38	47	131	43	113	21	35	33	40	41	39	37	34	31	29	16	23	17	12	13	17	19	0			
Cuiabá	25	22	30	39	133	39	104	20	34	32	39	44	41	40	37	34	32	20	28	24	19	21	25	28	9	0		
Goiânia	26	35	43	51	143	31	108	11	25	23	30	33	31	29	27	23	21	11	18	16	11	15	19	24	10	11	0	
Brasília	27	37	46	54	146	31	108	10	25	21	27	30	28	26	24	21	18	9	16	15	12	17	21	26	13	13	3	0

TABELA 2**Distâncias computadas entre as capitais brasileiras no modal rodoviário, em quilômetros**

O/D		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Porto Velho	1	0																										
Rio Branco	2	511	0																									
Manaus	3	891	1403	0																								
Boa Vista	4	1747	7788	864	0																							
Belém	5	2571	3083	3066	3505	0																						
Macapá	6	2194	2706	2689	2291	1227	0																					
Palmas	7	2966	3471	3856	3838	1223	1561	0																				
São Luís	8	3732	4238	3539	3978	794	2460	1262	0																			
Teresina	9	3644	4150	3577	4017	910	1739	1113	440	0																		
Fortaleza	10	4234	4739	4167	4606	1505	2328	1702	893	593	0																	
Natal	11	4997	5503	5888	5110	2009	2937	2311	1396	1097	515	0																
João Pessoa	12	4829	5334	5719	5141	2070	3590	2241	1599	1163	671	182	0															
Recife	13	4711	5217	5601	5106	2034	2857	2123	1564	1127	801	284	118	0														
Maceió	14	4483	4988	5373	5105	2033	2856	1894	1563	1126	949	541	375	257	0													
Aracaju	15	4226	4732	5116	5121	2049	2872	1638	1578	1142	1122	782	615	497	270	0												
Salvador	16	4033	4539	4923	5204	2132	3658	1445	1662	1225	1206	1090	924	806	579	322	0											
Belo Horizonte	17	3047	3552	3937	10393	2680	3018	1529	2722	2317	2383	2370	2203	2086	1859	1602	1410	0										
Vitória	18	3555	4061	4445	11006	3103	3649	2040	2632	2196	2176	2131	1965	1847	1620	1364	1161	515	0									
Rio de Janeiro	19	3570	4076	4460	10497	3108	4146	1957	3150	2623	2604	2591	2424	2306	2079	1823	1631	437	515	0								
São Paulo	20	3145	3651	4035	10072	2923	3261	1772	2919	2670	2943	2930	2763	2646	2419	2162	1970	589	1002	428	0							
Curitiba	21	3177	3683	4068	10147	3184	3521	2033	3261	3063	3350	3337	3170	3053	2826	2569	2377	996	1412	838	404	0						
Florianópolis	22	3478	3983	4368	10333	3484	4476	2333	3561	3363	3638	3625	3458	3340	3113	2857	2665	1284	1700	1126	692	303	0					
Porto Alegre	23	3578	4084	4468	9891	3867	4481	2716	3886	3688	4078	4065	3898	3780	3553	3297	3105	1724	2140	1566	1132	701	458	0				
Campo Grande	24	2165	2671	3055	9078	2820	3068	1670	2862	2708	3220	3345	3179	3061	2834	2578	2386	1329	1842	1417	995	992	1294	1420	0			
Cuiabá	25	1460	1965	2350	9009	2481	2362	1582	2775	2620	3209	3525	3358	3241	3013	2757	2565	1576	2089	1971	1574	1692	1993	2120	707	0		
Goiânia	26	2392	2897	3282	9921	1980	2318	829	2022	1867	2377	2655	2488	2371	2144	1887	1695	895	1400	1294	897	1238	1540	1867	844	899	0	
Brasília	27	2594	3099	3484	10122	1962	2299	811	2004	1695	2177	2454	2288	2170	1943	1687	1494	742	1247	1162	1004	1397	1674	2026	1046	1077	204	0

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho disponibiliza um insumo importante que poderá ser utilizado em futuros trabalhos nas mais diversas áreas de conhecimento. Devido ao grande volume de consultas e ao tempo gasto para o seu cálculo, não será necessário que em futuros trabalhos todo esse esforço seja realizado repetidamente. Sendo assim, a base de dados completa encontra-se disponível no link abaixo ou mediante solicitação aos autores.

<https://www.dropbox.com/sh/1gx8xwdddrwz2gt/AADzJoAeDD7KXTKZoqPLWiJza?dl=0>

A principal limitação desse trabalho, especialmente para os distritos municipais localizados na região Norte, é a utilização somente do modal rodoviário. Não levar em conta a possibilidade do deslocamento por hidrovias pode acarretar distâncias percorridas e tempo de deslocamento maiores do que o realmente observado pelas populações nessas regiões. Além disso, as futuras expansões, duplicações e investimentos na estrutura da rede rodoviária no país impõe que o exercício aqui realizado seja repetido com alguma periodicidade.

5. REFERÊNCIAS

- Carvalho, L. R., Junior, A. A. B., do Amaral, P. V. M., & Domingues, E. P. (2016). Matrizes de distâncias entre os distritos municipais no Brasil: um procedimento metodológico. *Texto para Discussão*, CEDEPLAR/UFMG (532).
- Christaller, W. *Central places in Southern Germany*. Prentice-Hall, Englewood Cliff, 1966.
- Glaeser, E. L.; Kallal, H. D.; Scheinkman, J. A.; Shleifer, A. Growth in Cities. In: *Journal of Political Economy*. V.100, no6, p. 1126-1152, 1992.
- Jacobs, J. *The Economy of Cities*. Nova York: Random House, 1969.
- Marshall, A. *Principles of economics: an introductory*. 8ed. Londres: Macmillan, 1890.
- Lösch, A. *The economics of location*. Yale University, London. 1954.
- Scherer, C. E. M.; Amaral, P. V. M. do. O espaço e o lugar das cidades medias na rede urbana brasileira. *Revista brasileira de estudos urbanos e regionais*. V.22, E202001, 2020.
- Simões, R.; Amaral, P. Interiorização e Novas Centralidades Urbanas: Uma Visão Prospectiva para o Brasil. *Economia*, v. 12, n. 3, p. 553-579, 2011.