

Uma Análise da Vulnerabilidade das Capitais Brasileiras à Pandemia do SARS-CoV-2

Métodos de Decisão Multi-Critério

Carlos André de Mattos Teixeira

08/06/2021

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica
Universidade Federal do Pará

Agenda de Apresentação

1. Introdução
2. Artigo Correlato
3. Materiais e Métodos
4. Resultados
5. Conclusão

Introdução

Final de 2019, em Wuhan, China [2]:

- Casos de uma pneumonia não identificada reportados pela OMS;
- Variante do coronavírus, denominado SARS-CoV-2;
- Doença pelo Coronavírus 2019, ou COVID-19;

O primeiro caso de COVID-19 no Brasil [3]:

- Hospital Albert Einstein, na cidade de São Paulo, em fevereiro de 2020.

De acordo com o Worldometer [5] em ~~19 de abril de 2021~~ 07 junho de 2021:

Casos Confirmados

~~13,9 Milhões~~
16,9 Milhões

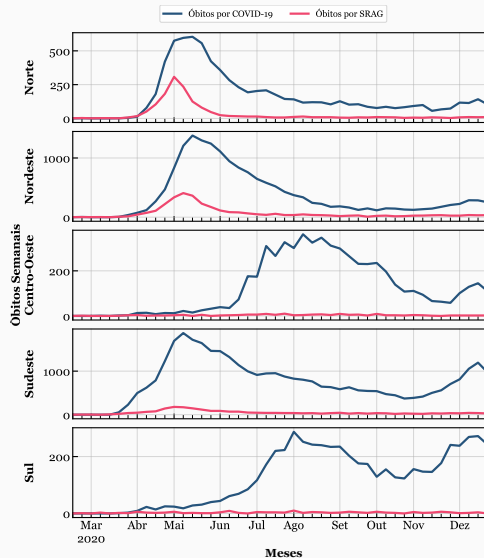
3º Lugar Mundial

Óbitos Reportados

~~373 Mil~~
474 Mil

2º Lugar Mundial

- A pandemia da COVID-19 atingiu o país de maneira **desigual** e com um alto grau de **subnotificação de mortalidade** [4];
- Necessidade de analisar e definir as **regiões de maior vulnerabilidade** [1];
- Possibilitar o direcionamento de medidas de controle e contenção do vírus prioritariamente nessas regiões.



Objetivo do Trabalho

Identificar as **capitais brasileiras com maior vulnerabilidade** a pandemia do SARS-CoV-2, baseando-se em **critérios sociais, econômicos, demográficos e epidemiológicos**.

Artigo Correlato

Utiliza MCDA para analisar a vulnerabilidade das meso-regiões de Minas Gerais, contribuindo para o direcionamento de políticas públicas;

Vulnerabilidade

Grau de exposição à doença por um conjunto de aspectos individuais ou coletivos;

Conjuntos de Critérios

Sociais, demográficos, econômicos, infraestrutura de saúde, população em risco e epidemiológicos;

A vulnerability analysis for the management of and response to the COVID-19 epidemic in the second most populous state in Brazil

Igor Silva Campos ¹, Vinicius Ferreira Aratani ¹, Karina Baltor Cabral ¹, Jean Ezequiel Limongi ¹, Stefan Vilges de Oliveira ^{1*}

¹ Federal University of Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais, Brazil.

***Mailing address:** Department of Collective Health, Faculty of Medicine, Federal University of Uberlândia. Avenida Pará, 1720, Campus Umuarama, Block 2U, Room 8, Umuarama, CEP 38405320. Uberlândia, Minas Gerais-Brazil.

Indicators	Simulations						
	1*	2*	3*	4*	5*	6*	7*
Demographic							
Population percentage living in urban area	X						X
Demographic density	X						X
Social							
Percentage of inadequate sanitation		X					X
Human Development Index		X					X
Illiteracy percentage		X					X
Gini index		X					X
Economic							
Population percentage with monthly income bigger than 70 reais (equivalent US\$ 13)			X				X
Population percentage with health insurance			X				X
Gross Domestic Product			X				X
Healthcare infrastructure							
Number of respirators by a thousand habitants				X			X
Number of beds by a thousand habitants				X			X

Recursos

- **PROMETHEE** - Preference Ranking Method for Enrichment Evaluation
- **PRADIN** - Programa de Apoio à Tomada de Decisão baseado em Indicadores

Simulações Realizadas

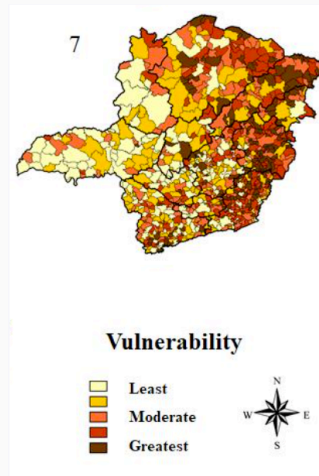
- 6 Simulações com conjuntos diferentes
- 1 Simulação com todos os conjuntos

Resultados foram interpretados como uma escala de vulnerabilidade, com notas de 1 a 5 para cada meso-região.

Artigo Correlato

Mesoregions and groups		Indicators (%)						
		Demographic	Social	Economic	Healthcare infrastructure	Population at risk	Epidemiological	General
Campo das Vertentes	1	8.3	19.4	11.1	22.2	5.6	16.7	25.0
	2	25.0	33.3	27.8	25.0	16.7	13.9	22.2
	3	22.2	33.3	41.7	19.4	16.7	30.6	25.0
	4	19.4	13.9	11.1	13.9	27.8	19.4	19.4
	5	25.0	0.0	8.3	19.4	33.3	19.4	8.3

- Estudo realizado para cada município do estado;
- Tabela agrupa os municípios por meso-região e indica a porcentagem de municípios em cada grau de vulnerabilidade;
- Maior vulnerabilidade em regiões urbanas, devido as características da COVID-19.



Materiais e Métodos

Seleção de Critérios

Critérios			Tipo	Fonte
Sociais	Densidade Demográfica	DD	1	Censo IBGE 2010
	Índice de Gini	GINI	-1	Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil 2010
	Índice de Desenvolvimento Humano	IDH	1	Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil 2010
Econômicos	População com renda domiciliar per capita inferior a US\$1,9/dia	RDPC	-1	Mapa da Desigualdade 2020
	PIB per capita	PIB	1	Censo IBGE 2010
Epidemiológicos	Casos por 100mil habitantes	INC	-1	Ministério da Saúde - https://congressoemfoco.uol.com.br/covid19/
	Letalidade	LET	-1	Ministério da Saúde - Painel COVID
	Subnotificação de Mortalidade (%)	SUB	-1	Teixeira, CAM

Pesos definidos por dois métodos distintos:

Table 1: Definição dos pesos para cada critério

Método de Definição	DD	GINI	IDH	RDPC	PIB	INC	LET	SUB
Pesos Iguais	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125
Entropia	0.3764	0.0014	0.0007	0.0838	0.0368	0.0406	0.036	0.04244

Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations II

- Comparação par-a-par de possíveis decisões;
- Possíveis decisões são avaliadas de acordo com diferentes critérios (minimização ou maximização)
- Pesos e Função de Preferência

Método PROMETHEE II

O processo de tomada de decisão consiste em 5 etapas:

Passo 1: Determinação dos desvios baseado na comparação par a par.

$$d_j(a, b) = g_j(a) - g_j(b) \quad [5]$$

Onde $d_j(a, b)$ denota a diferença entre as avaliações de “a” e “b” em cada.

Passo 2: Aplicação da função de preferência.

$$P_j(a, b) = F_j[d_j(a, b)] \quad j = 1, \dots, k \quad [6]$$

Onde $P_j(a, b)$ denota a preferência da alternativa “a” com respeito a alternativa “b” em cada critério, como uma função $d_j(a, b)$.

Passo 3: Cálculo do índice de preferência global.

$$\forall a, b \in A, \pi(a, b) = \sum_{j=1}^k P_j(a, b)W_j \quad [7]$$

Onde $\pi(a, b)$ de a sobre b é definido como a soma ponderada $P_j(a, b)$ de cada critério, e W_j é o peso associado com j -ésimo critério.

O processo de tomada de decisão consiste em 5 etapas:

Passo 4: Cálculo do fluxo de sobreclassificação/Classificação parcial do PROMETHEE II

$$\varphi^+(a) = \sum_{x \in A} \pi(a, b) \quad [4] \quad \text{e} \quad \varphi^-(a) = \sum_{x \in A} \pi(b, a) \quad [8]$$

Onde $\varphi^+(a)$ e o $\varphi^-(a)$ denotam os fluxos de sobreclassificação positivo e negativo para cada critério, respectivamente.

Passo 5: Cálculo do fluxo total/ Classificação completa do PROMETHEE II

$$\varphi(a) = \varphi^+(a) - \varphi^-(a) \quad [9]$$

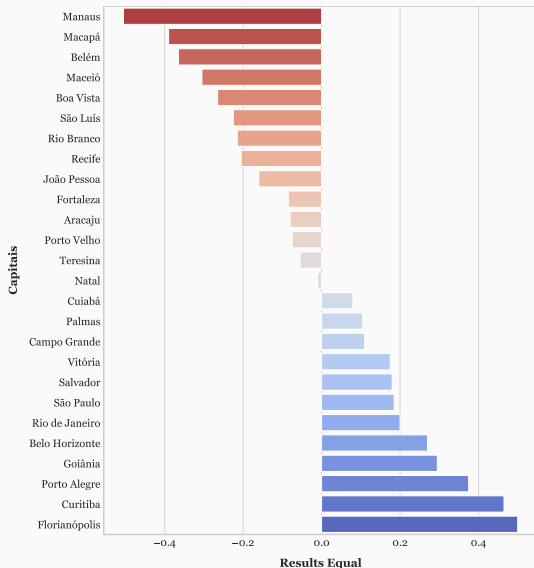
Onde $\varphi(a)$ denota o fluxo total de cada alternativa.

Resultados

Resultados

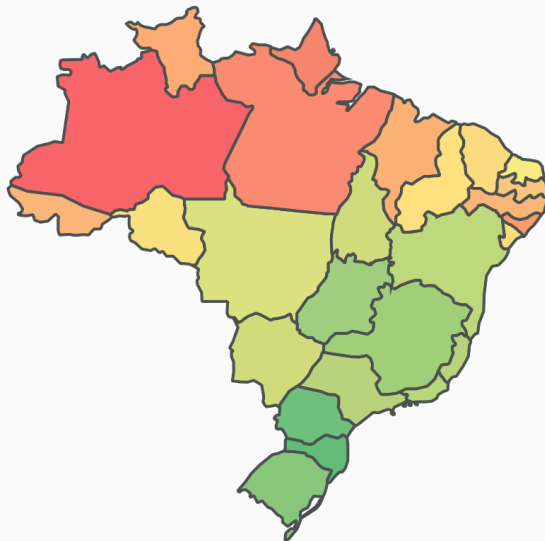
Região	Estado	Capital	Pesos Iguais	Vulnerabilidade PI	Pesos por Entropia	Vulnerabilidade PE
Norte	AM	Manaus	-0.505	5	-0.668	5
Norte	AP	Macapá	-0.390	5	-0.260	5
Norte	PA	Belém	-0.365	5	-0.396	5
Nordeste	AL	Maceió	-0.305	5	-0.352	5
Norte	RR	Boa Vista	-0.265	5	-0.040	5
Nordeste	MA	São Luís	-0.225	5	-0.565	5
Norte	AC	Rio Branco	-0.215	4	-0.353	4
Nordeste	PE	Recife	-0.205	4	-0.165	4
Nordeste	PB	João Pessoa	-0.160	4	-0.136	4
Nordeste	CE	Fortaleza	-0.085	4	0.279	4
Nordeste	SE	Aracaju	-0.080	4	0.193	4
Norte	RO	Porto Velho	-0.075	3	-0.171	3
Nordeste	PI	Teresina	-0.055	3	-0.111	3
Nordeste	RN	Natal	-0.010	3	0.043	3
Centro-Oeste	MT	Cuiabá	0.080	3	0.216	3
Norte	TO	Palmas	0.105	3	0.226	3
Centro-Oeste	MS	Campo Grande	0.110	2	-0.221	2
Sudeste	ES	Vitória	0.175	2	0.042	2
Nordeste	BA	Salvador	0.180	2	0.357	2
Sudeste	SP	São Paulo	0.185	2	0.344	2
Sudeste	RJ	Rio de Janeiro	0.200	2	0.150	2
Sudeste	MG	Belo Horizonte	0.270	1	0.163	1
Centro-Oeste	GO	Goiânia	0.295	1	0.140	1
Sul	RS	Porto Alegre	0.375	1	0.469	1
Sul	PR	Curitiba	0.465	1	0.529	1
Sul	SC	Florianópolis	0.500	1	0.286	1

Resultados



- Capitais das regiões Sul e Sudeste são menos vulneráveis às consequências da pandemia;
- Todas as capitais com vulnerabilidade abaixo de zero são das regiões norte e nordeste;
- Manaus é a capital mais vulnerável do país;
- Florianópolis e Curitiba apresentaram menor vulnerabilidade.

Resultados por Capital - Mapa de Calor



Capital	Ranking
Manaus	-0.505
Macapá	-0.390
Belém	-0.365
Maceió	-0.305
Boa Vista	-0.265
São Luís	-0.225
Rio Branco	-0.215
Recife	-0.205
João Pessoa	-0.160
Fortaleza	-0.085
Aracaju	-0.080
Porto Velho	-0.075
Teresina	-0.055
Natal	-0.010
Cuiabá	0.080
Palmas	0.105
Campo Grande	0.110
Vitória	0.175
Salvador	0.180
São Paulo	0.185
Rio de Janeiro	0.200
Belo Horizonte	0.270
Goiânia	0.295
Porto Alegre	0.375
Curitiba	0.465
Florianópolis	0.500

Resultados por Região - Mapa de Calor



- As visualizações por mapa de calor reforçam a hipótese de que a pandemia atinge o país de maneira desigual;
- O grau de vulnerabilidade a COVID-19 é desproporcionalmente maior nas regiões Norte e Nordeste;
- Destaque para Manaus, a cidade que apresentou maior vulnerabilidade e que também foi retratada pela mídia como epicentro da pandemia.
- De forma análoga, a região Sul foi menos vulnerável e apresentou menos casos/óbitos por COVID-19 durante a pandemia.

Conclusão

- Identificação das capitais brasileiras mais vulneráveis às consequências da COVID-19;
- Baseado em critérios sociais, econômicos, demográficos e epidemiológicos;
- Ranking de vulnerabilidade coerente com os resultados esperados (publicações, notícias);
- Capitais das regiões Norte e Nordeste são mais vulneráveis em relação as demais, com destaque para Manaus, AM;
- Direcionamento de medidas de controle e contenção da doença prioritariamente para regiões vulneráveis.

Evolução do Trabalho

Mar		Apr				May				Jun			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Proposta													
	Metodologia												
			Avaliação dos Critérios										
				Implementação									
						Validação							
										Versão Final			

Dificuldades Encontradas:




- Definição dos critérios
- Método de seleção de pesos


Divulgação de Resultados:

- Código e explicações disponibilizados em:
github.com/andrematte/mcda-covid-vulnerability
- Artigo científico parcialmente escrito

Obrigado!

Dúvidas?

-  I. S. Campos, V. F. Aratani, K. B. Cabral, J. E. Limongi, and S. V. d. Oliveira.
A vulnerability analysis for the management of and response to the covid-19 epidemic in the second most populous state in brazil.
Frontiers in Public Health, 9:331, 2021.
-  G. Fagherazzi, C. Goetzinger, M. A. Rashid, G. A. Aguayo, and L. Huiart.
Digital health strategies to fight covid-19 worldwide: challenges, recommendations, and a call for papers.
Journal of Medical Internet Research, 22, 2020.
-  C. Pinheiro and T. Ruprecht.
Coronavírus: primeiro caso é confirmado no Brasil. O que fazer agora?, 2020.

 L. Veiga e Silva, M. D. P. de Andrade Abi Harb, A. M. Teixeira Barbosa dos Santos, C. A. de Mattos Teixeira, V. H. Macedo Gomes, E. H. Silva Cardoso, M. Silva da Silva, N. Lankalapalli Vijaykumar, S. Venâncio Carvalho, A. Ponce de Leon Ferreira de Carvalho, and C. R. Lisboa Frances.

An analysis of COVID-19 mortality underreporting based on data available from official Brazilian government internet portals (Preprint).

Journal of Medical Internet Research, 22:1–14, 2020.

 Worldometer.

Covid-19 coronavirus pandemic, 2021.