

Análise: a propagação geográfica da pandemia do novo coronavírus (SARS-CoV-2) demanda informações e planejamento estratégicos para diminuir a vulnerabilidade do interior do Brasil

Observatório COVID19¹ - Grupo: Redes de Contágio – Laboratório de Estudos de Defesa

A pandemia do novo coronavírus (SARS-CoV-2) presentemente impõe um conjunto de desafios de grande magnitude à sociedade e às instituições brasileiras. Frente a esses desafios, o planejamento e desenvolvimento de estratégias inter-institucionais que sejam integradas e cientificamente informadas são ferramentas para combater ou mitigar diferentes consequências da pandemia. Nesse sentido, o entendimento e previsão dos potenciais padrões de propagação geográfica do SARS-CoV-2 em todo o território brasileiro representa uma análise fundamental para orientar a tomada de decisões referentes às estratégias gerais de enfrentamento da epidemia e à alocação espacial de recursos para enfrentamento da crise, tais como leitos e equipamentos hospitalares, insumos e equipes de atendimento emergencial.

A abordagem de redes é amplamente empregada como ferramenta de análise geográfica buscando a compreensão dos mecanismos de propagação espacial de diferentes tipos de fenômenos sociais complexos, tais como guerras (Johnson & Jordán 2007) e pandemias (Hufnagel et al. 2004; Chan 2010). No que se refere ao estudo da propagação geográfica de pandemias, particularmente, o estudo da estrutura de redes de transporte pode prover *insights* relevantes sobre o movimento de patógenos e vetores (Tatem et al. 2006). Adicionalmente, a análise estrutural de redes também pode permitir a identificação de localidades que, por sua posição central nessas redes, devem ter grande influência na propagação geográfica de epidemias e pandemias (Lawyer 2015) ou serem particularmente vulneráveis à chegada de patógenos.

Com o objetivo de sintetizar informações potencialmente estratégicas para avaliação por tomadores de decisão perante a expansão geográfica da pandemia do SARS-CoV-2 no Brasil, a força-tarefa grupo *Observatório COVID19 - Grupo: Redes de Contágio – Laboratório de Estudos de Defesa* realizou a análise estrutural de redes de transporte rodoviário em diferentes regiões do país, identificando (i) microrregiões que, dada sua centralidade (Katz 1953) na rede de fluxos rodoviários (conjunto de rotas diretas e indiretas às quais estão conectadas), são classificadas como criticamente vulneráveis à chegada de pessoas infectadas com o novo coronavírus, mas que ainda não têm casos confirmados e (ii) microrregiões de alta centralidade na rede de fluxos rodoviários que já têm casos confirmados e, portanto, são classificadas como *núcleos propagadores*, atuando como emissores de pessoas infectadas para outras microrregiões (**Anexos 1 a 3**). Em cada uma

¹ <https://covid19br.github.io/>

das regiões consideradas, também descrevemos os grandes módulos de microrregiões geográficas -- isto é, conjuntos de microrregiões mais conectadas entre si por fluxos rodoviários do que com o restante das microrregiões na rede. Adicionalmente, caracterizamos as microrregiões quanto à sua conectividade intra e intermodular (Amaral et al. 2000) para delimitar, de forma a geral, a potencial influência das microrregiões sobre a propagação da pandemia dentro da macrorregião.

Conforme pode ser conferido em detalhes em nosso relatório referente ao Nordeste brasileiro ([Anexo 1](#)), um exemplo da utilidade potencial dessa abordagem para auxiliar em estratégias de combate à epidemia é a identificação de uma microrregião do agreste paraibano -- Campina Grande -- que está identificada como "núcleo propagador" -- ou seja, tem alta centralidade na rede rodoviária e já tem casos confirmados de pessoas infectadas com o SARS-CoV-2. Entretanto, segundo os dados utilizados no relatório e também em boletim da Secretaria de Estado de Saúde², Campina Grande tinha poucos casos confirmados na data de fechamento desta nota. Dessa forma, o reforço da conscientização da população sobre as medidas de isolamento social ainda poderiam evitar, ou postergar ao máximo, a fase de crescimento exponencial de número de casos nessa microrregião altamente conectada na rede rodoviária a partir da qual pessoas infectadas podem levar a epidemia para várias outras microrregiões. Na região Sudeste, microrregiões em situações análogas nas datas das respectivas análises -- classificadas como núcleos propagadores, porém ainda com poucos casos registrados -- incluem a microrregião paulista de São José do Rio Preto ([Anexo 2](#)) e a microrregião do Vale do Paraíba Fluminense, no Rio de Janeiro ([Anexo 3](#)).

Outro tipo de informação com potencial estratégico relevante obtida a partir de nossas análises de vulnerabilidades à propagação geográfica da pandemia é a identificação de mesorregiões que concentram microrregiões contíguas de alta vulnerabilidade e/ou de núcleos propagadores, para as quais o planejamento de enfrentamento a situações emergenciais de maior escala pode ser necessário. Um exemplo dessa situação é a identificação de 9 microrregiões do Estado de Pernambuco altamente vulneráveis à chegada de pessoas infectadas pelo SARS-CoV-2 que ainda não apresentavam casos confirmados na data de realização da análise (02 de Abril), adicionalmente, 5 microrregiões pernambucanas de alta centralidade na rede rodoviária que já contavam com casos confirmados e, portanto, foram classificadas como "núcleos propagadores de alta centralidade" ([Anexo 1](#)).

Ressaltamos que nossas análises não focaram-se em situações locais da epidemia em cada microrregião, mas sim na descrição da estrutura da rede de fluxos rodoviários e, considerando

²<https://g1.globo.com/pb/paraiba/noticia/2020/04/07/casos-de-coronavirus-na-paraiba-em-7-de-abril.ghtml>

essa rede, no diagnóstico de prováveis microrregiões-chave na propagação geográfica da epidemia, com base em padrões de conectividade. Ressaltamos também que nossas análises não consideram os fluxos aeroviários, os quais podem ser integrados no futuro para o refinamento das análises. Frente aos resultados obtidos, concluímos que é de importância estratégica no enfrentamento da pandemia de SARS-CoV-2 reforçar a conscientização da população -- de forma geral e, particularmente, nessas regiões de alta centralidade na rede geográfica de fluxos rodoviário -- sobre a importância das medidas de isolamento social visando o “achatamento da curva”, ou seja, a diminuição da velocidade de propagação da epidemia para viabilizar a manutenção da capacidade de resposta em termos de infra-estrutura de saúde pública. Em escala nacional, a consideração de informações sobre microrregiões que devem ter maior influência nas redes de transporte e, portanto, maior influência na propagação geográfica da pandemia de SARS-CoV-2, pode ajudar a reduzir o grau de interiorização da pandemia. Ressalta-se, portanto, o importância estratégica da atuação preventiva nessas microrregiões de alta centralidade na rede geográfica de fluxos rodoviários, visando minimizar a interiorização da pandemia, limitando-se o tanto quanto possível a chegada do novo coronavírus a municípios menores e com menor infra-estrutura de saúde pública. Nesse contexto particular e, de forma mais geral em relação à tomada de decisões no contexto de gerenciamento de crises, é tão relevante quanto desafiador o estabelecimento de mecanismos eficientes de comunicação de riscos geográficos entre os grupos de pesquisa que realizam análises e os tomadores de decisão que definem as estratégias a serem empregadas no enfrentamento da crise (French et al. 2019).

Anexos

1. Relatório: [Vulnerabilidade das microrregiões do Nordeste brasileiro à pandemia do novo coronavírus \(SARS-CoV-2\)](#).
2. Relatório: [Vulnerabilidade das microrregiões do Estado de São Paulo à pandemia do novo coronavírus \(SARS-CoV-2\)](#).
3. Relatório: [Vulnerabilidade das microrregiões do Estado do Rio de Janeiro à pandemia do novo coronavírus \(SARS-CoV-2\)](#).
4. Relatório: [Vulnerabilidade das microrregiões do Estado de Minas Gerais à pandemia do novo coronavírus \(SARS-CoV-2\)](#).

Referências Citadas

Amaral, L. A. N., A. Scala, M. Barthelemy & H. E. Stanley (2000). Classes of small-world networks. Proceedings of the National Academy of Sciences, 97 11149-11152.
Barabási, A.-L. & M. Pósfai (2016). Network science. Cambridge: Cambridge University Press.

- Chan J., A. Holmes & R. Rabadan R (2010). Network analysis of global influenza spread. *PLoS Comput Biol* 6(11): e1001005.
- French, S., N. Argyris, S. M. Haywood, M. C. Hort, & J. Q. Smith, J.Q. (2019), Communicating geographical risks in crisis management: the need for research. *Risk Analysis* 39: 9-16.
- Hufnagel, L., D. Brockmann & T. Geisel (2007). Forecast and control of epidemics in a globalized world. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 101: 15124-15129.
- Johnson, D. & F. Jordán (2007). *The web of war: analysis of the spread of civil wars in Africa*. Annals of the American Political Science Association, Chicago.
- Katz, L. (1953). A new status index derived from sociometric analysis. *Psychometrika* 18: 39-43.
- Lawyer, G. (2015). Measuring the potential of individual airports for pandemic spread over the world airline network. *BMC Infectious Diseases* 16, 70.
- Tatem A. J., D. J. Rogers & S. I. Hay (2006). Global transport networks and infectious disease spread. *Advances in Parasitology* 62: 293–343.