

MonitoraCovid-19

Tendências atuais da pandemia de Covid-19: Interiorização e aceleração da transmissão em alguns estados

Nota Técnica 17 de abril de 2020

A pandemia de COVID-19 é causada pelo novo coronavírus, denominado SARS-CoV-2. A atual pandemia teve início na China, em Wuhan (província de Hubei), em dezembro de 2019, e já está disseminada em quase todos os países do mundo.

A epidemia é dinâmica e já é observada a infecção comunitária em todos os estados brasileiros. Este vírus tem uma capacidade de contágio alta e mortalidade significativa, sobretudo em populações mais vulneráveis, como idosos e pessoas que apresentam co-morbidades associadas. O tempo de recuperação lento associado à alta taxa de contaminação acaba por provocar colapso em sistemas de saúde que não apresentem capacidade de prolongamento da curva epidêmica no tempo.

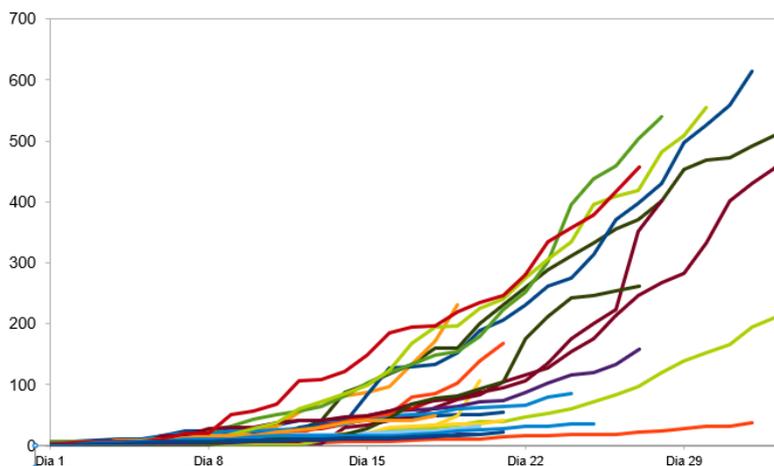
O Laboratório de Informação em Saúde (LIS) do Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica em Saúde (Icict), da Fiocruz, lançou o [MonitoraCovid-19](#), um sistema que integra dados sobre o novo coronavírus no Brasil e no mundo, com objetivo de oferecer um retrato em tempo real da epidemia no país, por estados e por municípios, possibilitando comparação de tendências e extração de dados para análises.

Este boletim busca apresentar o comportamento da epidemia segundo sua velocidade de disseminação no tempo e no espaço. Foram estudadas as Unidades da Federação (UF) segundo arranjos populacionais que explicam o processo de difusão espacial e interiorização da epidemia. A velocidade com a qual a doença se espalha apresenta relação direta com a área territorial que ela ocupa. A doença já alcançou locais remotos do país e a grande preocupação se dá exatamente porque esses locais não detêm, em sua maioria, recursos humanos e físicos suficientes para atendimento dos doentes, que serão encaminhados após o de saúde que provavelmente já estarão sobrecarregados.

Tendências de crescimento por estado

Apesar da tendência geral de crescimento exponencial no número de casos e de óbitos por Covid19, observa-se em alguns estados uma aceleração da transmissão. Estas mudanças podem ocorrer em função de diversos fatores como: o estabelecimento de medidas mais ou menos restritivas para as atividades econômicas; redução da oferta ou mesmo proibição de linhas de transporte inter e intramunicipais; da capacidade de diagnóstico clínico e laboratorial, entre outros.

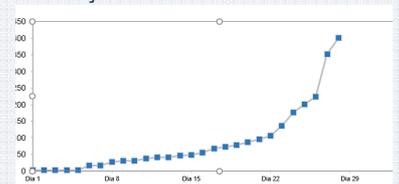
A figura a seguir mostra a mudança de tendências de crescimento do número de casos em alguns estados.



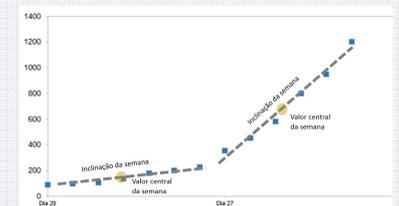
Com base no cálculo estatístico da inclinação (ver nota metodológica), foi avaliada a tendência das UFs do Brasil, conforme tabela abaixo.

Nota metodológica

As epidemias tendem na sua fase inicial a seguir uma curva exponencial de aumento no número de casos. No entanto, se olharmos um curto período de tempo, podemos distinguir alguns segmentos com maior ou menor inclinação.



Para fazer esta análise, dividimos estas curvas em semanas, de modo a acompanhar a evolução de cada estado e ajudar a monitorar o efeito de estratégias de restrição de mobilidade.



A inclinação destas retas em cada semana e cada UF foi calculada pelo método de mínimos quadrados e dividida pelo número médio de casos em cada semana, obtendo-se um percentual de aumento no número de casos por dia.

A tabela a seguir apresenta o crescimento diário percentual dos casos de COVID-19 desagregados nas semanas de 29 de março a 4 de abril, 5 a 11 de abril e 12 a 16 de abril, segundo os estados brasileiros. Pode-se observar que houve uma tendência à desaceleração do crescimento no número de casos em boa parte das UFs do país, principalmente nas regiões Sudeste e Sul. A pandemia segue com alto crescimento no número de casos na região Norte, marcadamente no estado de Rondônia, e no Nordeste, onde se destacam os estados do Piauí e Alagoas. Também é preocupante a situação dos estados do Pará, Amapá, Maranhão e Pernambuco, que seguem com tendência de crescimento acelerado no número de casos. Esse decréscimo pode ter relação com as medidas de isolamento social, dado que a comparação com outros países torna evidente o comportamento similar em várias partes do mundo. No [MonitoraCovid-19](#) é possível acessar informações sobre mobilidade de pessoas, sistema de transporte e medidas de combate por decretos.

Semana	Crescimento diário do número de casos (%)		
	29 de março a 4 de abril	5 a 11 de abril	12 a 16 de abril
Rondônia	9	16	20
Acre	8	7	9
Amazonas	13	18	10
Roraima	16	10	15
Pará	23	15	18
Amapá	19	30	14
Tocantins	5	7	4
Maranhão	26	19	15
Piauí	11	11	19
Ceará	12	11	8
Rio Grande do Norte	16	4	8
Paraíba	15	18	13
Pernambuco	12	24	15
Alagoas	5	10	17
Sergipe	9	5	2
Bahia	13	9	8
Minas Gerais	11	7	5

Espírito Santo	16	12	10
Rio de Janeiro	12	12	9
São Paulo	22	11	6
Paraná	14	8	4
Santa Catarina	8	13	5
Rio Grande do Sul	12	7	4
Mato Grosso do Sul	10	8	5
Mato Grosso	24	11	6
Goiás	8	10	10
Distrito Federal	8	3	4

A tabela a seguir apresenta o tempo (em dias) que demorou para que os casos e os óbitos por COVID-19 dobrassem seus valores no período mais recente em que isso ocorreu. Esse indicador ajuda a entender a velocidade de disseminação da epidemia em cada unidade federada. Quanto menor o número de dias para que ocorra a duplicação de casos e óbitos, maior a velocidade de contágio ou maior o número de exames realizados. Em ambos os casos, o indicador expressa a magnitude de avanço da doença em termos dinâmicos.

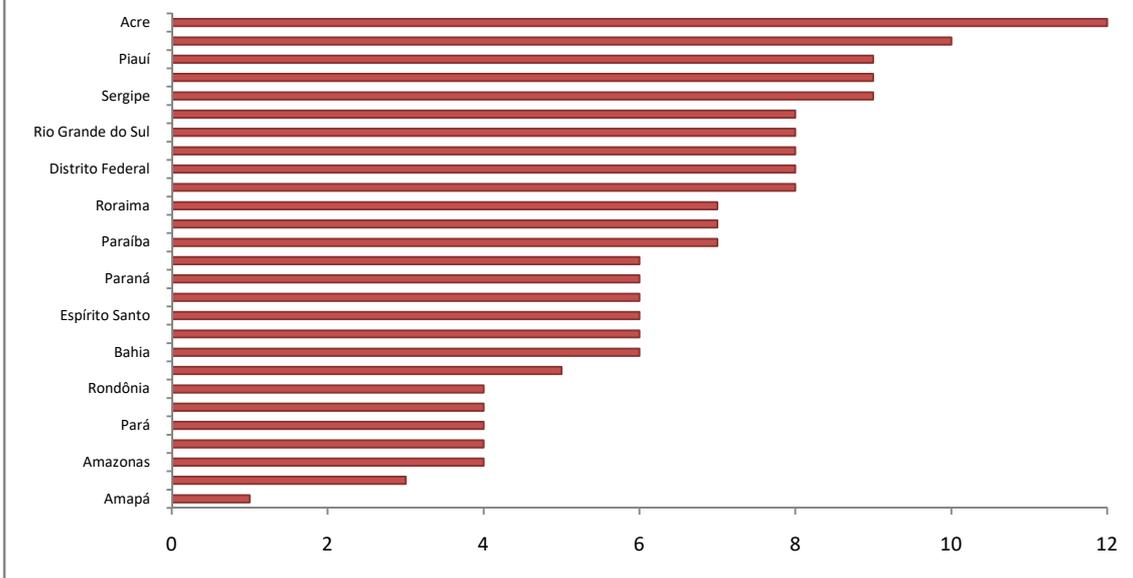
Em média, os casos estão dobrando em 7,2 dias e os óbitos têm dobrado em 5,3 dias nos estados da federação. No Brasil, os casos dobraram seus valores em 8 dias, saltando de 13.717 casos, no dia 07 de abril, para 28.320, no dia 15 de abril. Com relação aos óbitos, em 5 dias ocorreu o dobro de eventos. Foram 486 mortes até o dia 05 de abril, e em apenas 5 dias as mortes saltaram para 1.056 óbitos.

Unidade Federativa	Quantidade de dias para duplicação	Data		Data		Dado do dia (15/04)	
		Data	Valor	Data	Valor		
Brasil	Casos	8	07/abr	13717	15/abr	28320	28320
	Óbitos	5	05/abr	486	10/abr	1056	1736
Acre	Casos	12	29/mar	34	10/abr	70	101
	Óbitos	1	07/abr	1	08/abr	2	3
Alagoas	Casos	7	08/abr	37	15/abr	82	82
	Óbitos	7	05/abr	2	12/abr	4	5
Amapá	Casos	4	08/abr	107	12/abr	230	334
	Óbitos	7	05/abr	2	12/abr	5	7
Amazonas	Casos	6	06/abr	532	12/abr	1206	1554
	Óbitos	4	08/abr	30	12/abr	62	106
Bahia	Casos	7	02/abr	267	09/abr	559	807
	Óbitos	5	06/abr	10	11/abr	21	27
Ceará	Casos	6	02/abr	550	08/abr	1291	2157
	Óbitos	5	08/abr	43	13/abr	91	116
Distrito Federal	Casos	8	26/mar	200	03/abr	402	682
	Óbitos	6	04/abr	7	10/abr	14	17
Espírito Santo	Casos	6	09/abr	273	15/abr	557	557

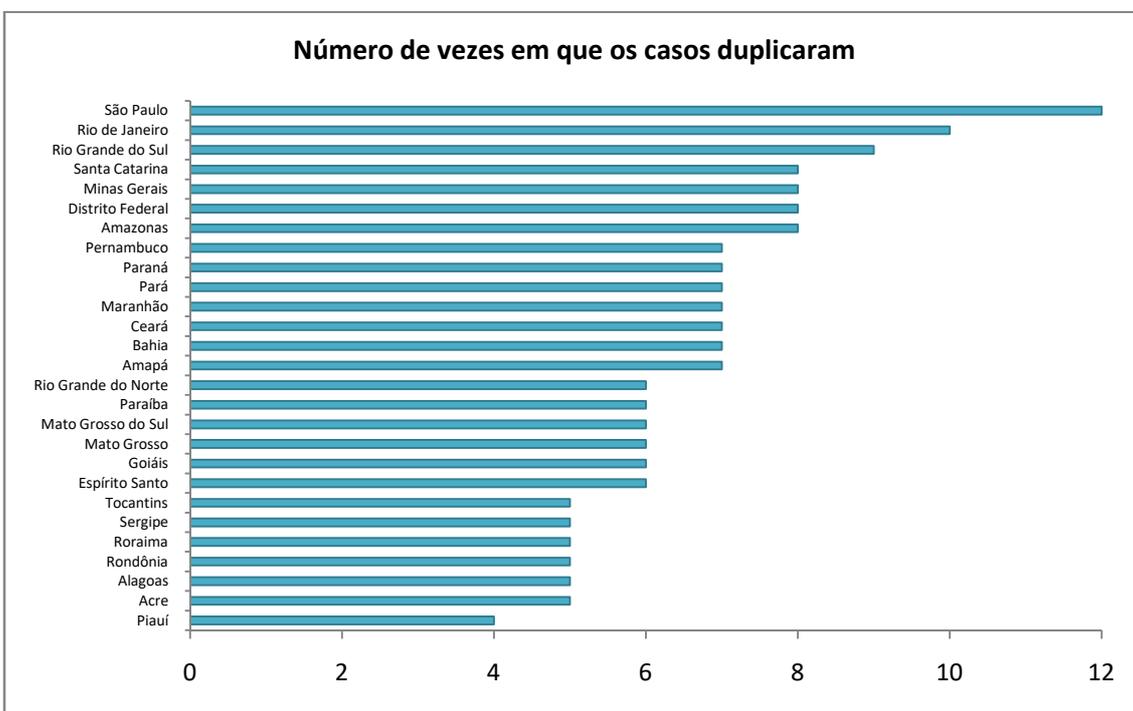
	Óbitos	4	11/abr	9	15/abr	18	18
Goiás	Casos	8	05/abr	115	13/abr	233	304
	Óbitos	5	06/abr	5	11/abr	10	15
Maranhão	Casos	6	09/abr	273	15/abr	630	630
	Óbitos	4	08/abr	11	12/abr	24	34
Mato Grosso	Casos	4	02/abr	36	06/abr	76	151
	Óbitos	4	02/abr	2	06/abr	4	4
Mato Grosso do Sul	Casos	10	30/mar	44	09/abr	89	121
	Óbitos	6	07/abr	2	13/abr	4	4
Minas Gerias	Casos	9	03/abr	397	12/abr	806	903
	Óbitos	6	06/abr	9	12/abr	20	30
Pará	Casos	7	08/abr	167	15/abr	384	384
	Óbitos	4	08/abr	6	12/abr	13	21
Paraíba	Casos	7	03/abr	29	10/abr	79	151
	Óbitos	5	05/abr	4	10/abr	11	21
Paraná	Casos	6	03/abr	301	09/abr	609	803
	Óbitos	4	05/abr	9	09/abr	22	38
Pernambuco	Casos	4	07/abr	352	11/abr	816	1484
	Óbitos	5	10/abr	65	15/abr	143	143
Piauí	Casos	7	07/abr	28	14/abr	58	75
	Óbitos	10	30/mar	3	09/abr	6	8
Rio de Janeiro	Casos	7	02/abr	992	09/abr	2216	3743
	Óbitos	6	07/abr	89	13/abr	188	265
Rio Grande do Norte	Casos	11	03/abr	176	14/abr	376	399
	Óbitos	6	07/abr	8	13/abr	17	19
Rio Grande do Sul	Casos	8	31/mar	274	08/abr	555	747
	Óbitos	5	07/abr	8	12/abr	16	19
Rondônia	Casos	5	09/abr	28	14/abr	64	69
	Óbitos	9	31/mar	1	09/abr	2	2
Roraima	Casos	7	04/abr	37	11/abr	75	114
	Óbitos	6	04/mar	1	10/mar	2	2
Santa Catarina	Casos	8	31/mar	219	08/abr	457	853
	Óbitos	6	05/abr	10	11/abr	21	28
São Paulo	Casos	7	01/abr	2981	08/abr	6708	11043
	Óbitos	6	03/abr	219	09/abr	496	778
Sergipe	Casos	9	01/abr	20	10/abr	42	46
	Óbitos	4	02/abr	2	06/abr	4	4
Tocantins	Casos	9	30/mar	10	08/abr	23	26
	Óbitos	-	-	-	-	-	-

Estas informações estão disponíveis no sistema MonitoraCovid-19 e são atualizadas de forma dinâmica, à medida que os casos são disponibilizados pelo Ministério da Saúde e pelas Secretarias de Saúde .

Dias para duplicação de casos



Número de vezes em que os casos duplicaram



Existe controvérsia com relação ao número total de casos, sobretudo na comparação entre países. Isso se dá por conta da heterogeneidade de realização de exames para confirmação de casos. À medida que o número de exames aumenta,consequentemente o número de casos diagnosticados aumenta também. Se, por um lado,a comparação entre casos

é imprecisa, por outro, a comparação entre óbitos é mais verdadeira, uma vez que é um dado mais inequívoco. A tabela abaixo compara a velocidade de duplicação de óbitos entre alguns países. Observa-se que, entre os países comparados, o Brasil apresenta o menor número de dias para dobrar o número de óbitos. No Brasil, entre os dias 5 e 10 de abril, os óbitos saltaram de 486 para 1.056 — em apenas 5 dias. No Equador e Estados Unidos os óbitos dobraram em 6 dias. Itália e Espanha, em 8 dias. Nas cidades de São Paulo e Rio de Janeiro, os óbitos dobraram, respectivamente, em 8 e 6 dias.

Países	Data	Óbitos	Dias
Brasil	05/abr	486	5
	10/abr	1056	
EUA	05/abr	9619	6
	11/abr	20463	
Equador	02/abr	120	6
	08/abr	242	
Itália	23/mar	6077	8
	31/mar	12428	
Espanha	28/mar	5928	8
	05/abr	12641	
Portugal	31/mar	160	7
	07/abr	345	
São Paulo	04/abr	212	8
	12/abr	445	
Rio de Janeiro	02/abr	31	6
	08/abr	73	

Interiorização e o papel da hierarquia das cidades

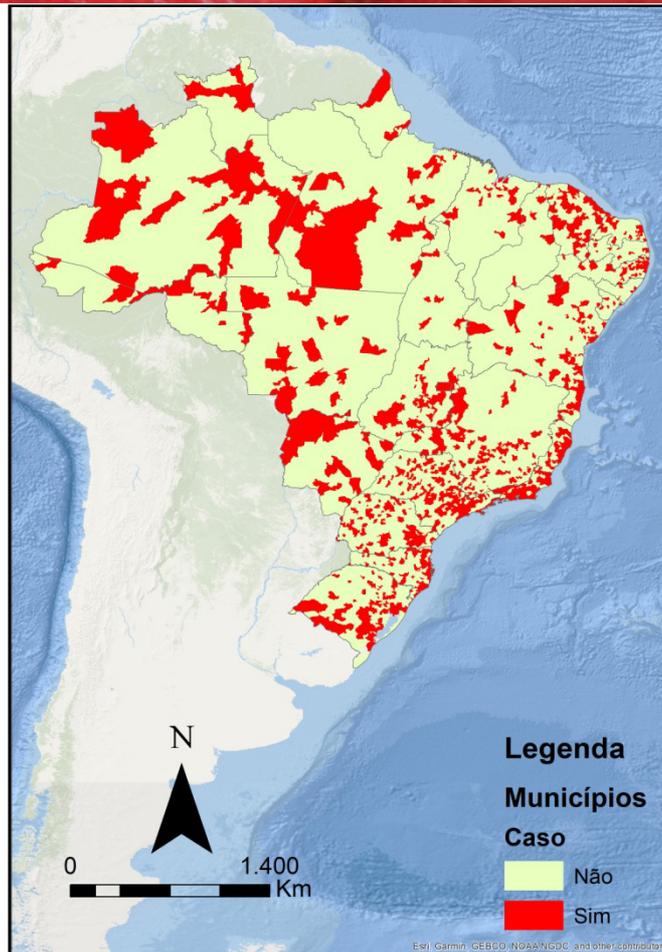
A epidemia de COVID-19 apresenta comportamento diferenciado de outras epidemias recentes. A velocidade de propagação da doença é rápida e difusa, embora sejam observados alguns padrões. No mundo, o início da disseminação da doença acompanhou grandes “hubs” aeroportuários e, num segundo momento, parece estar associado ao tamanho populacional das cidades. Nesses casos, “hubs” aeroportuários secundários já dentro do país e caminhos rodoviários mais intensos parecem responder pelo processo de propagação. Em todos os casos, o tamanho populacional e, por consequência, o nível de centralidade do município parece responder pelo processo de propagação da COVID-19.

A tabela a seguir apresenta os municípios com casos positivos para COVID-19, segundo classes de tamanho populacional. Dentre os municípios com mais de 500 mil habitantes, todos

já apresentam casos da doença. Entre os municípios com população entre 100 mil e 500 mil habitantes, 93,8% dos municípios já apresentam a doença. Nos municípios com população entre 50 mil e 100 mil habitantes, 59,6% têm presença de casos. Já 25,8% dos municípios com população entre 20 mil e 50 mil, 11,1% dos municípios com população entre 10 mil e 20 mil habitantes e 4,1% dos municípios com população até 10 mil habitantes apresentam casos de COVID-19.

Tamanho da população	Municípios positivos	Total de municípios	%
até 10mil	100	2452	4.1
10 a 20 mil	149	1344	11.1
20 a 50 mil	284	1101	25.8
50 a 100 mil	208	349	59.6
100 a 500 mil	259	276	93.8
Mais de 500 mil	48	48	100
Total	1048	5570	18.8

O mapa a seguir distribui espacialmente os municípios que já apresentaram casos de COVID-19 desde o início da epidemia no país, no dia 26 de fevereiro de 2020. Em todas as regiões e todos os estados da federação são observados casos e transmissão de forma comunitária da doença.



Existem duas maneiras com que as doenças transmissíveis se disseminam no território: a difusão hierárquica e a difusão por contágio. A difusão hierárquica pode descrever como um patógeno se espalha por uma série de cidades em função de seu tamanho relativo e a função que a cidade desempenha na região. Este conjunto de cidades está interligado por meio de uma rede que conecta cidades, chamadas centrais, a núcleos urbanos (que dependem de cidades para realizar estas funções). Nesse mecanismo, um patógeno deve primeiro encontrar o caminho para uma cidade grande no topo, ou perto do topo, da hierarquia urbana. A partir daí, ele seguirá em cascata para cidades menores, com hierarquia mais baixa, à medida que as pessoas percorrem esta rede, de cidades maiores para cidades menores.

Em termos de propagação de uma doença infecciosa dentro de uma cidade, a difusão por contágio é o mecanismo comumente usado para descrever o fenômeno; os indivíduos

devem estar próximos uns dos outros, a fim de facilitar transmissão do patógeno nos grupos humanos. A maioria das doenças epidêmicas depende do agrupamento dos hospedeiros humanos em densidades capazes de sustentar uma cadeia de transmissão por meio da difusão por contágio.

Modelos baseados inteiramente em descrições de difusão hierárquica e de contato podem ser inadequados, a menos que leve em conta a natureza altamente móvel e dinâmica das relações entre e dentro das cidades. Isso inclui viagens e transporte de seres humanos, mercadorias, alimentos etc, entre e dentro das áreas urbanas. Estes modelos devem considerar também a rede de transporte existente nas regiões, como o transporte aéreo, que pode conectar rapidamente cidades longínquas, e estradas, que ligam cidades mais próximas.

No caso do Brasil, as diferenças entre regiões são marcantes, tendo o Sul, Sudeste e Nordeste uma densa malha rodoviária, e grande parte da Amazônia que se utiliza do transporte fluvial ou estradas precárias. Para avançar nessa direção, tornam-se de extrema importância as análises informadas por uma abordagem mais topológica e baseadas nestas redes. Essa perspectiva tem o potencial de considerar de maneira mais eficaz o modo como a população se organiza, o que influencia na difusão espacial da doença e abre as portas para uma análise mais abrangente da dinâmica espacial de transmissão de doenças. O estudo que apresentamos nesta nota técnica tem o objetivo de avaliar a disseminação da transmissão do coronavírus no tempo e no espaço. Como depende da circulação de pessoas e mercadorias em várias escalas espaciais, partimos da hipótese de que as informações da pesquisa Regiões de Influência das Cidades (REGIC, 2008), produzida pelo IBGE, trazem elementos relevantes para a análise da disseminação.

Os cinco grandes grupos classificatórios de municípios do REGIC são: **Metrópoles**, que são os principais centros urbanos do Brasil, que apresentam redes urbanas denominadas "redes de influência" com grande grau de extensão, algumas com influência em todo o território nacional; **Capital regional** que exercem influência no estado e em estados próximos; **Centro sub-regional** que compreende cidades que exercem influência preponderante sobre os demais centros próximos, por se distinguir em bens, serviços e outros aspectos de centralidade; **Centros de zona** que são municípios ou cidades que apresentam importância regional, limitando-se as imediações/redondezas, exercendo funções elementares de gestão; e os **Centros Locais** que são representados pelos restantes dos municípios em que a sua

importância não extrapola os limites municipais. Destaca-se que as análises do IBGE consideram

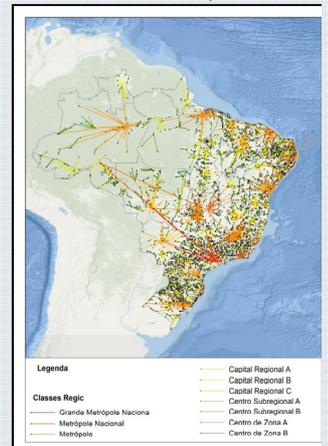
subclassificações que não serão abordadas aqui.

O gráfico a seguir apresenta os casos de COVID-19 em três períodos de tempo da epidemia segundo as classificações hierárquicas do REGIC. No primeiro período, de 26 de fevereiro a 14 de março, observa-se o maior volume de casos nas metrópoles e nas capitais regionais. No período de 15 de março a 31 de março, ocorre aumento das cidades com casos nas metrópoles e nas capitais regionais e introdução expressiva dos casos na cidade em níveis hierárquicos menores. No último período, de 1 a 16 de abril, mais de 80% dos municípios classificados como Metrôpoles e Capitais regionais já apresentam casos de COVID-19. No grupo de municípios do tipo Centro sub-regional, 76% dos municípios apresentam casos. O mais preocupante são os municípios do tipo Centrozona e Centro de local, que são municípios menores que ou não apresentam suporte de saúde ou prestam serviço a municípios ainda menores, sem infraestrutura de saúde.

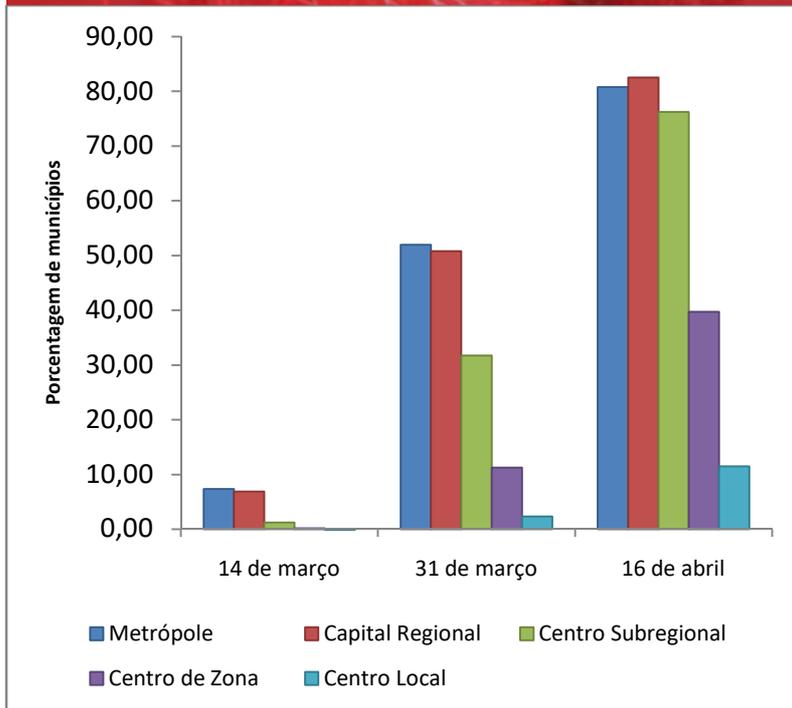
O gráfico aponta que o número de municípios com presença de casos, segundo as classes do REGIC, vem aumentando, e o tratamento dessas populações vai depender de disponibilidade de tratamento em municípios maiores na hierarquia, que por sua vez estarão lidando com os casos de suas próprias populações.

Nota metodologia

As cidades nunca estão isoladas umas das outras. Cidades menores costumam ter menos serviços, que são supridos por cidades maiores mais próximas. Desta maneira as cidades formam redes, por onde fluem mercadorias, serviços e pessoas. No Brasil, o desenho destas redes foi estudado pelo IBGE por meio da pesquisa REGIC (Região de Influência das Cidades).



Essa pesquisa categorizou as cidades brasileiras segundo sua importância e atratividade. Com base nestas categorias, foram recalculados os números de casos, o que permite avaliar a interiorização da pandemia, isto é, a incidência de casos nas metrópoles e cidades polo secundárias.



Pela figura abaixo pode-se observar que a difusão da doença, no geral, está acompanhando o nível de hierarquia dos municípios. Sendo assim, quando os municípios que ainda estão sem casos não adotam medidas de combate — como, por exemplo, isolamento social e fechamento do comércio — podem estar contribuindo para aumentar a velocidade de contaminação, uma vez que atraem populações de municípios maiores a procura de serviços.

