

NOTA TÉCNICA Nº 4

PREVISÃO DE DISPONIBILIDADE DE LEITOS NOS ESTADOS BRASILEIROS E DISTRITO FEDERAL EM FUNÇÃO DA PANDEMIA DE COVID-19

João Flávio de Freitas Almeida^(a), Samuel Vieira Conceição^(a), Luiz Ricardo Pinto^(a)

Virginia Silva Magalhães^(b), Ingrid Jeber do Nascimento^(b), Marcone Pereira Costa^(b),

Horácio Pereira de Faria^(b), Francisco Carlos Cardoso de Campos^(b)

(a) Departamento de Engenharia de Produção

(b) Núcleo de Educação em Saúde Coletiva

Universidade Federal de Minas Gerais

Introdução

Desde o surgimento do primeiro caso de infecção pelo novo corona vírus na China, ocorrido em 08/12/2019 até o surgimento do primeiro caso comprovado no Brasil, passaram-se cerca de 2,5 meses. A Tabela 1 mostra a linha do tempo com os principais eventos desde o surgimento dos casos na China até a comprovação do primeiro caso no Brasil.

Tabela 1 – Linha do tempo com eventos relevantes relacionados ao Coronavírus

Evento	Data
Pneumonia em hospital de Wuhan/China	08/12/2019
Divulgado o código genético do Coronavírus na China	29/12/2019
1º Comunicado da Organização Mundial da Saúde	05/01/2020
Comitê de Monitoramento de Eventos do Ministério da Saúde é acionado	10/01/2020
1º caso suspeito no Brasil é detectado	27/01/2020
Organização Mundial da Saúde declara Emergência Internacional	30/01/2020
Brasil declara Emergência de Saúde Pública de Importância Nacional (ESPIN)	03/02/2020
Congresso Nacional aprova Projeto de Lei sobre quarentena	05/02/2020
Confirmado o primeiro caso de corona vírus no Brasil	26/02/2020
1º Óbito relacionado ao Coronavírus é registrado no Brasil	17/03/2020

Fonte: Ministério da Saúde [1]

A partir de então, o número de casos confirmados vem crescendo e atinge todos os estados brasileiros, sendo que em 02/04/2020 já estão confirmados oficialmente pelo Ministério da Saúde (MS) 7910 casos confirmados em 26 estados e Distrito Federal (DF). O MS confirma até essa data 299 óbitos em função da COVID-19. Sabe-se que o número de casos deve subir rapidamente nas próximas semanas, assim como o número de óbitos. A Figura 1 mostra como a curva de novos casos vem crescendo no Brasil, confirmando que haverá nas próximas semanas um grande aumento de casos em todos os estados e eventuais colapsos dos sistemas de saúde estaduais podem ocorrer se a curva de crescimento não se modificar no curto prazo. O fato de a taxa de transmissão ter reduzido nos últimos dias pode ser atribuído em parte ao isolamento social mas, muito provavelmente, também pode estar ligada à subnotificação devido ao atraso na divulgação dos resultados e também ao baixo número de testes realizados devido à falta de kits.

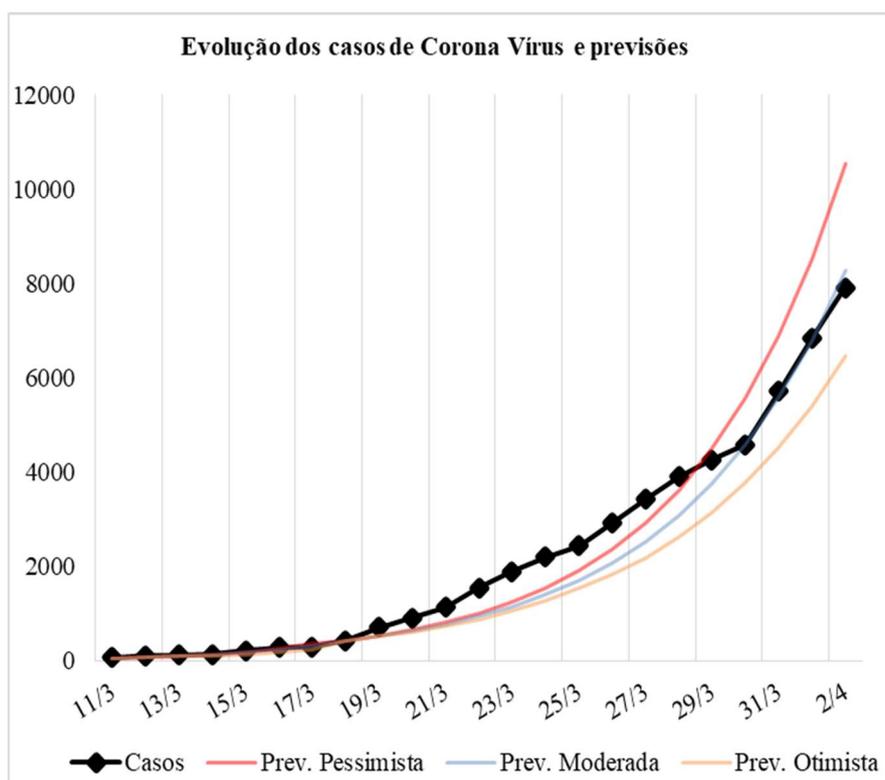


Figura 1 – Evolução de casos confirmados de contaminação pelo Coronavírus desde 11/03/2020

O crescimento de casos de infecção pelo Coronavírus ocorreu rapidamente e a Organização Mundial de Saúde (OMS) declarou em 11/03/2020 a situação como pandemia, por ter fortemente atingido grande número de países e se espalhado por todo o mundo. A rápida propagação do vírus devido a sua grande capacidade de transmissão tem colocado à prova os Sistemas de Saúde de todos os países. Muitos desses sistemas já entraram ou ainda entrarão em colapso, ou seja, faltarão leitos gerais (clínicos e cirúrgicos) e de UTI para atender as demandas de internação relacionadas ao novo Coronavírus.

Assim, os gestores de saúde precisam ter uma previsão da demanda por leitos gerais e de UTI para balizarem suas decisões e se anteciparem à demanda, tendo uma reação proativa, visando a redução dos impactos causados pela falta de leitos e, conseqüentemente, reduzindo o eventual número de óbitos e aumentando o número de pessoas recuperadas.

O objetivo desse trabalho é propor um modelo matemático para previsão da disponibilidade de leitos durante a pandemia e calcular os momentos de ruptura dos sistemas, ou seja, quando faltarão leitos gerais e de UTI, baseado em diversas premissas que, obviamente, devem ser validadas pelos gestores e profissionais da saúde. O modelo foi baseado no modelo proposto pela Array Advisors [2] implementado em uma planilha para calcular a disponibilidade de leitos nos Estados Unidos. O modelo usado nesse trabalho foi adaptado daquele modelo para atender ao caso brasileiro e foi objeto de diversos refinamentos e melhorias, principalmente em relação às funções de previsão de demanda, onde foi utilizada uma função estatística de previsão que foi considerada mais adequada.

Dessa forma, pretende-se dar uma contribuição acadêmica para previsão da disponibilidade de leitos em cada estado do Brasil nos meses que sucedem à chegada do vírus no país.

Descrição do modelo

O modelo apresentado possui a interface em planilha eletrônica, apresentada na Figura 2. Por meio dela o decisor seleciona uma opção de estado (dentre 26 estados, e o Distrito Federal) ou o Brasil em Escala Nacional. Em seguida, é apresentada a quantidade de leitos UTI e gerais disponíveis e qual será a demanda no momento de pico da epidemia. O decisor pode ajustar a declividade da curva conforme observa a evolução dos casos reais, ou ajustá-la automaticamente. A etapa subsequente consiste em estimar o percentual da população afetada, podendo variar de 0,1% a 20% da população, dependendo de fatores específicos a cada localidade, como condições socioeconômicas, taxa de transmissão, pirâmide demográfica, dentre outros. O perfil do percentual de idosos com 65 anos ou mais é ajustado por estado automaticamente para determinar a taxa de internação em hospitais. Finalmente, o decisor ajusta o número de dias observados para duplicar o contágio.

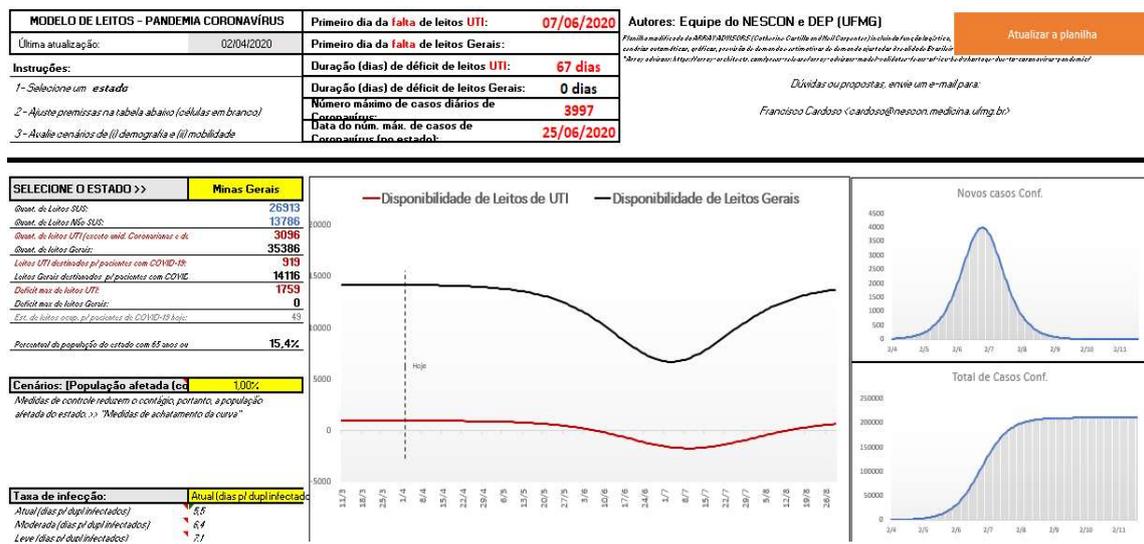


Figura 2 – Interface do modelo. Previsões de leitos e opções de ajustes de cenários

Dados relativos ao número de leitos disponíveis, faixas etárias da população e número de casos de COVID-19

A Tabela 2 mostra a disponibilidade de leitos de UTI e leitos gerais, bem como a população de cada estado.

Com relação à faixa etária da população com maior probabilidade de ser afetada pelo novo Coronavírus, os dados estatísticos da OMS e de diversos países mostram que, pelo menos até o momento, pessoas com 65 anos ou mais são as mais susceptíveis de vir a óbito. Assim, pode-se inferir que os estados, onde essa faixa etária é significativa terão que ser ainda mais proativos no combate da COVID-19 e tendem a registrar maiores números de óbitos relativamente à população. A Figura 3 mostra o percentual de pessoas com 65 anos ou mais em cada estado brasileiro e no Distrito Federal. Pode-se notar que, os estados do RS, RJ, MG, PR e SP são aqueles que têm mais de 15% da população nessa faixa. O número de casos registrados de COVID-19 até o dia 02/04/2020 é mostrado na Tabela 3. Esses dados são utilizados pelo modelo para estimar quando poderá faltar leitos em cada um dos estados brasileiros.

Tabela 2 – Disponibilidade de leitos e população dos estados brasileiros

Estados	UTI	UTI Especiais	Gerais	Total SUS	Total Privado	População
Rondônia	231	201	3 854	3360	926	1 777 225
Acre	48	145	1 291	1350	134	881 935
Amazonas	271	648	4 781	4914	786	4 144 597
Roraima	25	75	1 033	1064	69	605 761
Pará	609	1 025	11 950	10341	3243	8 602 865
Amapá	46	124	928	953	145	845 731
Tocantins	125	240	2 707	2327	745	1 572 866
Maranhão	572	668	12 538	12204	1574	7 075 181
Piauí	227	347	6 886	6470	990	3 273 227
Ceará	802	1145	16 563	14350	4160	9 132 078
R. G. do Norte	431	337	6 504	5980	1292	3 506 853
Paraíba	454	489	7 228	6449	1722	4 018 127
Pernambuco	1408	1087	18 466	15660	5301	9 557 071
Alagoas	299	420	5 172	4807	1084	3 337 357
Sergipe	241	279	2 692	2376	836	2 298 696
Bahia	1478	1568	25 914	22947	6013	14 873 064
Minas Gerais	3096	2217	35 386	26913	13786	21 168 791
Espírito Santo	716	681	6 532	5100	2829	4 018 650
Rio de Janeiro	3978	3403	25 355	21108	11628	17 264 943
São Paulo	8324	7415	74 864	52505	38098	45 919 049
Paraná	2006	1598	23 898	18494	9008	11 433 957
Santa Catarina	843	736	13 743	10921	4401	7 164 788
R. G. do Sul	1630	1633	26 860	20366	9757	11 377 239
M. G. do Sul	352	316	4 928	3677	1919	2 778 986
Mato Grosso	592	558	6 006	5113	2043	3 484 466
Goiás	1053	781	15 611	10552	6893	7 018 354
Distrito Federal	917	690	5 098	3959	2746	3 015 268
Brasil	30 774	28 826	366 788	294260	132128	210 147 125

Fonte: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?cnes/cnv/leiintbr.def> [3]

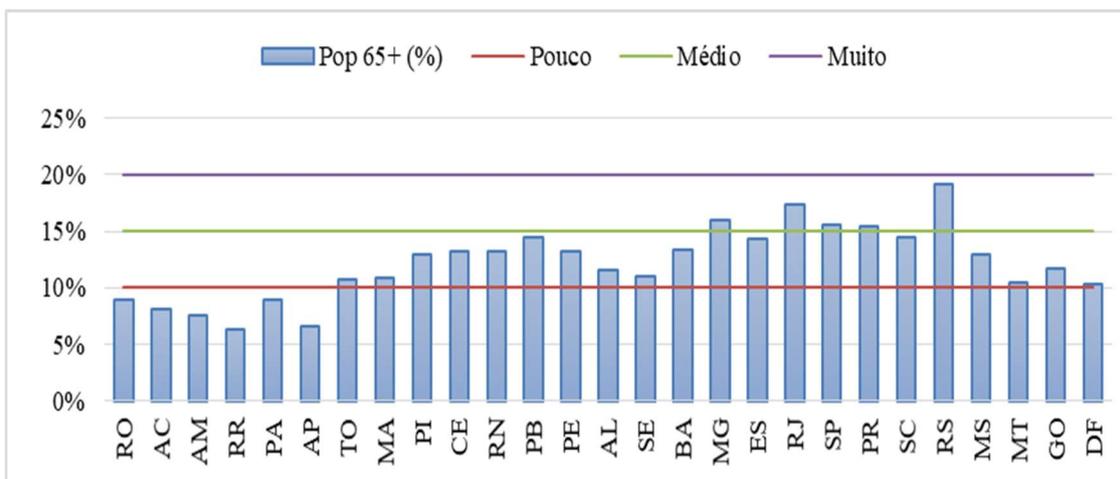


Figura 3 – Percentual da população com 65 anos ou mais em cada estado

Fonte: <https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/> [4]

Tabela 3 – Número de casos de COVID-19 até o dia 02/04/2020

Estado	Casos	Estado	Casos
Rondônia	10	Sergipe	23
Acre	43	Bahia	267
Amazonas	229	Minas Gerais	370
Roraima	26	Espírito Santo	120
Pará	46	Rio de Janeiro	992
Amapá	11	São Paulo	3506
Tocantins	12	Paraná	252
Maranhão	71	Santa Catarina	247
Piauí	19	Rio Grande do Sul	334
Ceará	550	Mato Grosso do Sul	53
Rio Grande do Norte	105	Mato Grosso	36
Paraíba	21	Goiás	73
Pernambuco	106	Distrito Federal	370
Alagoas	18	Brasil	7910

Fontes: MS, <http://plataforma.saude.gov.br/novocoronavirus/> [5]

Premissas Básicas:

As premissas básicas adotadas devem ser avaliadas pelos gestores de saúde e podem ser alteradas e o modelo rodado novamente.

Taxa média de internação hospitalar esperada

Será utilizada uma taxa média de internação dos pacientes com COVID-19 no Brasil de **13,7%**. Essa taxa será usada para calcular a taxa de cada estado usando a equação 1.

$$TI_e = \frac{PI_e}{PIB} x TIB \quad (1)$$

Onde:

TI_e = Taxa média de internação no estado e ;

PI_e = Percentual da população do estado e com 65 anos ou mais;

PIB = Percentual da população brasileira com 65 anos ou mais;

TIB = Taxa média de internação dos pacientes com COVID-19.

Modelo de Infecção

O modelo de infecção pressupõe que o número de casos de COVID-19 ao longo do tempo deverá seguir uma distribuição logística, que é um tipo de distribuição adequada para modelar a expansão de epidemias. Esse modelo pressupõe que o número de casos cresce exponencialmente no início da epidemia e que após atingir a metade da população a ser contaminada, a inclinação dessa curva é suavizada até se tornar assintótica relativamente ao número total de pessoas a serem infectadas. A Figura 4 ilustra o comportamento dessa curva para o estado de Minas Gerais, para um percentual total de 1% da população afetada (casos confirmados). Neste caso, o número de novos casos a cada dia teria o comportamento conforme ilustrado na Figura 5.

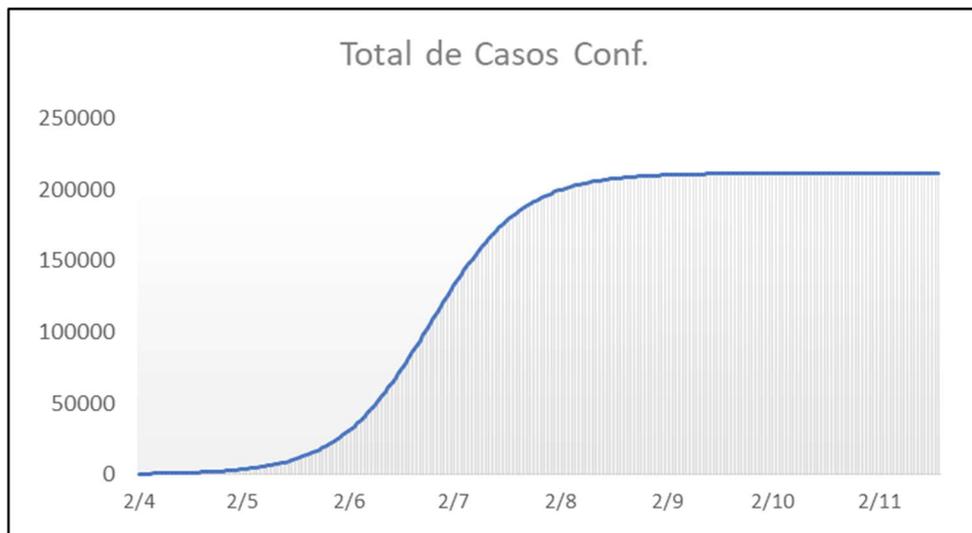


Figura 4 – Curva ilustrativa da distribuição do total de casos confirmados em MG (02/04/2020)

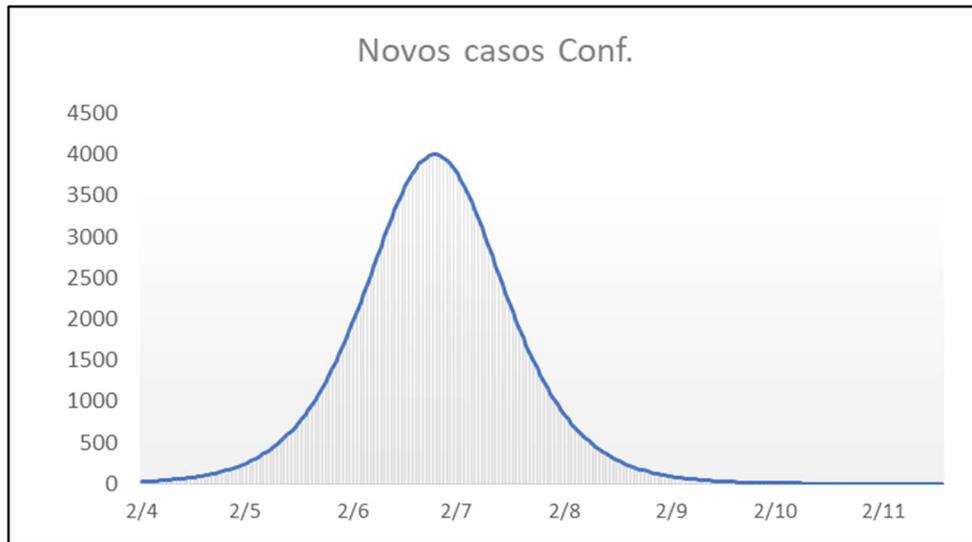


Figura 5 – Curva ilustrativa da distribuição dos novos casos diários em MG (02/04/2020)

O modelo permite que o decisor considere diversos cenários de infecção. Como exemplo, consideramos o número máximo de pessoas a ser infectado em **1%** da população de cada estado. A declividade inicial da curva depende do histórico de casos confirmados no estado até o momento, do número médio de dias gastos para que os casos dupliquem e do percentual de infectados.

Modelo de Admissão Hospitalar

O número de infectados por estado é o principal parâmetro, que deve ser atualizado a cada dia para o modelo de admissão hospitalar. Ademais, o modelo se baseia nos seguintes parâmetros (os números entre parênteses mostram os valores utilizados nesse trabalho, mas que podem ser ajustados):

1. Percentual de internações, seja ela em leitos gerais ou UTI (essa taxa varia para cada estado, conforme equação 1);
2. Percentual de internações em leitos gerais (**80%**);
3. Percentual de internações em leitos gerais que sobreviverão (**100%**);
4. Percentual de internações em leitos gerais que irão a óbito (**0%**);
5. Percentual de internações em leitos de UTI (**20%**);
6. Percentual de internações em leitos de UTI que sobreviverão (**50%**);
7. Percentual de internações em leitos de UTI que irão a óbito (**50%**);
8. Número médio de dias que os pacientes recuperados ocupam um leito geral (**14 dias**);
9. Número médio de dias que os pacientes que virão a óbito ocupam um leito geral (**21 dias**);
10. Número médio de dias que um paciente recuperado, que tenha tido necessidade de leitos gerais e de UTI, ficará internado (tempo total de internação dos recuperados – Leito Geral + Leito UTI) (**30 dias**);
11. Número médio de dias que um paciente recuperado, que tenha tido necessidade de leitos gerais e de UTI, ficará em leito geral antes de ser encaminhado à UTI (**1 dia**);
12. Número médio de dias que um paciente recuperado, que tenha tido necessidade de leitos gerais e de UTI, ficará em leito de UTI (**15 dias**);

13. Número médio de dias que um paciente recuperado, que tenha tido necessidade de leitos gerais e de UTI, ficará em leito geral após sair da UTI (**14 dias**);
14. Número médio de dias que um paciente que virá a óbito, que tenha tido necessidade de leitos gerais e de UTI, ficará internado (tempo total de internação dos recuperados – Leito Geral + Leito UTI) (**35 dias**);
15. Número médio de dias que um paciente que virá a óbito e tenha tido necessidade de leitos gerais e de UTI, ficará em leito geral antes de ser encaminhado à UTI (**1 dia**);
16. Número médio de dias que um paciente que virá a óbito e tenha tido necessidade de leitos gerais e de UTI, ficará em leito de UTI (**34 dias**);
17. Taxa de utilização (ocupação) dos leitos gerais (**70%**);
18. Taxa de utilização (ocupação) dos leitos de UTI (**70%**);
19. Percentual de leitos gerais utilizados para casos eletivos durante a pandemia (**10%**);

Utilizando o número de leitos gerais e de UTI em cada estado e levando em conta os parâmetros mencionados anteriormente, o modelo calcula, para cada dia, o número de leitos disponíveis (remanescentes) para o estado estudado. Utilizando esses parâmetros o colapso do sistema de saúde de cada estado é mostrado na Tabela 4 (o dia previsto para faltarem leitos no sistema). Vale notar que o dia previsto não deve ser visto como uma data exata e sim como uma previsão, ou seja, a ruptura deve ocorrer em torno daquela data. Além disso, vale ressaltar que o modelo não apresenta um intervalo de confiança por ser um modelo determinístico.

Foram rodados 3 cenários, mudando o percentual da população afetada. No cenário otimista foi presumida a infecção de **0,5%** da população. No cenário moderado **1%** e no cenário pessimista **2%**.

Como pode ser observado na Tabela 4, no cenário otimista, apenas os estados do Distrito Federal, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso, Rio de Janeiro, Rondônia e São Paulo, não apresentam rupturas dos sistemas de leitos de UTI. A primeira ruptura do cenário otimista é estimada para o dia 03/06/2020 no estado do Ceará. No cenário moderado, todos os estados (exceto o DF) apresentam ruptura do sistema nos leitos de UTI, sendo a primeira ruptura estimada para o dia 23/05/2020 também no estado do Acre. Já no cenário pessimista são apresentadas rupturas tanto em leitos de UTI (todos os estados) quanto em leitos Gerais (alguns estados). Para os leitos de UTI a primeira ruptura é estimada para o dia 13/05/2020 no estado do Ceará. Já para os leitos gerais a primeira ruptura é estimada para o dia 08/06/2020 no estado do Rio de Janeiro.

A Tabela 5 apresenta a quantidade necessária extra de leitos para cada estado, diante dos cenários otimista, moderado e pessimista. Considere o estado de Minas Gerais como exemplo. Neste estado tem-se 3096 leitos UTI, porém o modelo pressupõe que 70% estariam ocupados nos hospitais com outras doenças no início da pandemia. A estimativa atual do modelo é que existam 919 leitos UTI disponíveis para receber pacientes gravemente afetados pelo Coronavírus. Ao observar o crescimento da taxa de infecção exponencial e assumir uma premissa de que **1%** da população poderá ser infectada, observa-se que no dia **07/06/2020** existe a previsão de que não haverá mais leitos UTI disponíveis, no entanto, a demanda por leitos UTI permanece. O ponto de maior demanda ocorre aproximadamente em **25/06/2020**, como visto na Figura 6 em que **1759** leitos UTI são demandados.

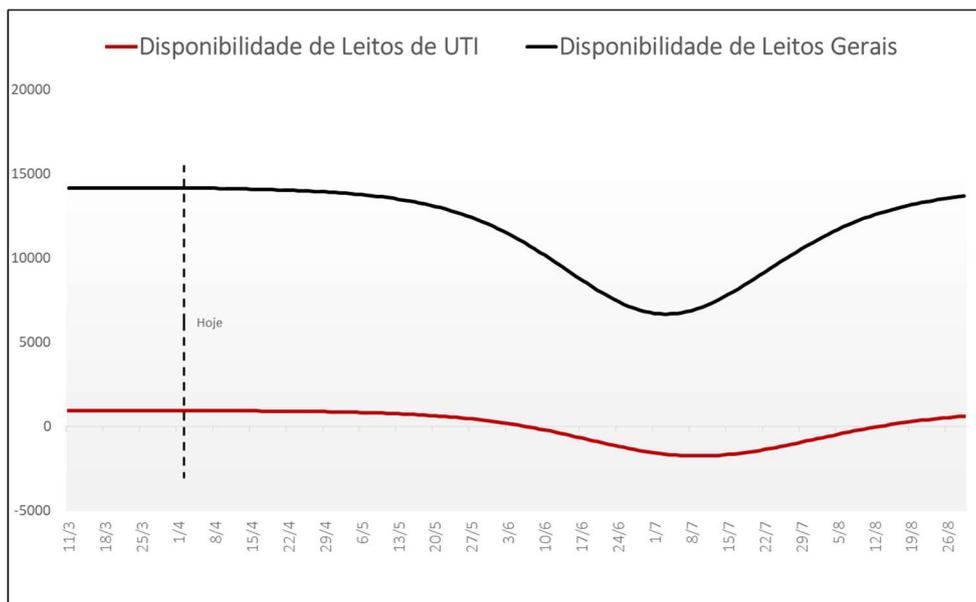


Figura 6 – Previsão da (in)disponibilidade de leitos para Minas Gerais (02/04/2020)

Tabela 4 – Datas previstas de ruptura dos sistemas de saúde dos estados e DF (02/04/2020)

Estado	Otimista		Moderado		Pessimista	
	UTI	Gerais	UTI	Gerais	UTI	Gerais
Rondônia	---	---	26/06/2020	---	16/06/2020	---
Acre	06/06/2020	---	23/05/2020	---	16/05/2020	---
Amazonas	13/06/2020	---	27/05/2020	---	18/05/2020	---
Roraima	06/06/2020	---	24/05/2020	---	17/05/2020	---
Pará	28/06/2020	---	15/06/2020	---	08/06/2020	---
Amapá	22/06/2020	---	08/06/2020	---	31/05/2020	---
Tocantins	23/06/2020	---	11/06/2020	---	04/06/2020	---
Maranhão	21/06/2020	---	09/06/2020	---	01/06/2020	---
Piauí	19/06/2020	---	09/06/2020	---	02/06/2020	---
Ceará	03/06/2020	---	21/05/2020	---	13/05/2020	---
R. G. Norte	20/06/2020	---	03/06/2020	---	25/05/2020	---
Paraíba	28/06/2020	---	16/06/2020	---	08/06/2020	12/07/2020
Pernambuco	03/07/2020	---	15/06/2020	---	05/06/2020	---
Alagoas	27/06/2020	---	15/06/2020	---	07/06/2020	---
Sergipe	28/06/2020	---	13/06/2020	---	04/06/2020	29/06/2020
Bahia	16/06/2020	---	03/06/2020	---	27/05/2020	---
Minas Gerais	22/06/2020	---	07/06/2020	---	29/05/2020	24/06/2020
Espírito Santo	---	---	08/06/2020	---	29/05/2020	24/06/2020
Rio de Janeiro	---	---	03/06/2020	---	24/05/2020	08/06/2020
São Paulo	---	---	29/05/2020	---	19/05/2020	14/06/2020
Paraná	03/07/2020	---	10/06/2020	---	31/05/2020	---
Santa Catarina	14/06/2020	---	30/05/2020	---	22/05/2020	---
R. G. Sul	12/06/2020	---	30/05/2020	---	22/05/2020	---
M. Grosso Sul	25/06/2020	---	08/06/2020	---	30/05/2020	---
Mato Grosso	---	---	23/06/2020	---	12/06/2020	---
Goiás	---	---	18/06/2020	---	08/06/2020	---
Distrito Federal	---	---	---	---	31/05/2020	---

Tabela 5 – Necessidade prevista de leitos adicionais para não haver ruptura (02/04/2020)

Estados	Otimista		Moderado		Pessimista	
	UTI	Gerais	UTI	Gerais	UTI	Gerais
Rondônia	---	---	61	---	212	---
Acre	10	---	40	---	104	---
Amazonas	23	---	153	---	436	---
Roraima	6	---	22	---	56	---
Pará	113	---	456	---	1182	---
Amapá	7	---	31	---	83	---
Tocantins	27	---	102	---	263	---
Maranhão	115	---	452	---	1170	---
Piauí	95	---	283	---	683	---
Ceará	152	---	648	---	1728	---
R. G. Norte	31	---	227	---	648	---
Paraíba	87	---	345	---	894	33
Pernambuco	46	---	597	---	1774	---
Alagoas	59	---	229	---	591	---
Sergipe	23	---	134	---	372	181
Bahia	269	---	1121	---	2948	---
Minas Gerais	296	---	1760	---	4897	2298
Espírito Santo	---	---	228	---	753	107
Rio de Janeiro	---	---	1029	---	3722	3631
São Paulo	---	---	2682	---	9040	2293
Paraná	19	---	768	---	2378	---
Santa Catarina	103	---	539	---	1481	---
R. G. Sul	267	---	1190	---	3178	---
M. Grosso Sul	24	---	179	---	512	---
Mato Grosso	---	---	118	---	458	---
Goiás	---	---	348	---	1113	---
Distrito Federal	---	---	---	---	218	---

Referências:

- [1] Ministério da Saúde do Brasil <http://saude.gov.br/>
- [2] Array Advisors <https://www.healthleadersmedia.com/clinical-care/see-when-states-will-face-hospital-bed-capacity-shortages-during-covid-19-outbreak>
- [3] Ministério da Saúde do Brasil / Datasus
<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defthtm.exe?cnes/cnv/leintbr.def>
- [4] IBGE <https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>
- [5] Ministério da Saúde do Brasil <http://plataforma.saude.gov.br/novocoronavirus/>