

## NOTA TÉCNICA Nº 2 – Dia 27 março 2020

### PREVISÃO DE DISPONIBILIDADE DE LEITOS NOS ESTADOS BRASILEIROS E DISTRITO FEDERAL EM FUNÇÃO DA PANDEMIA DE SARS-CoV-2 (Corona Vírus II)

João Flávio de Freitas Almeida<sup>(a)</sup>, Samuel Vieira Conceição<sup>(a)</sup>, Luiz Ricardo Pinto<sup>(a)</sup>

Virginia Silva Magalhães<sup>(b)</sup>, Ingrid Jeber do Nascimento<sup>(b)</sup>, Marcone Pereira Costa<sup>(b)</sup>,

Horácio Pereira de Faria<sup>(b)</sup>, Francisco Carlos Cardoso de Campos<sup>(b)</sup>

(a) Departamento de Engenharia de Produção- DEP

(b) Núcleo de Educação em Saúde Coletiva - NESCON

Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG

### Introdução

Desde o surgimento do primeiro caso de infecção pelo novo corona vírus na China, ocorrido em 08/12/2020 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
<b>Congresso Nacional aprova Projeto de Lei sobre quarentena</b>	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 26/03/2020 já estão confirmados oficialmente pelo Ministério da Saúde (MS) 2915 casos confirmados em 26 estados e Distrito Federal (DF). O MS confirma até essa data 77 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 exponencialmente no Brasil, confirmando que haverá nas próximas semanas uma explosão 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.

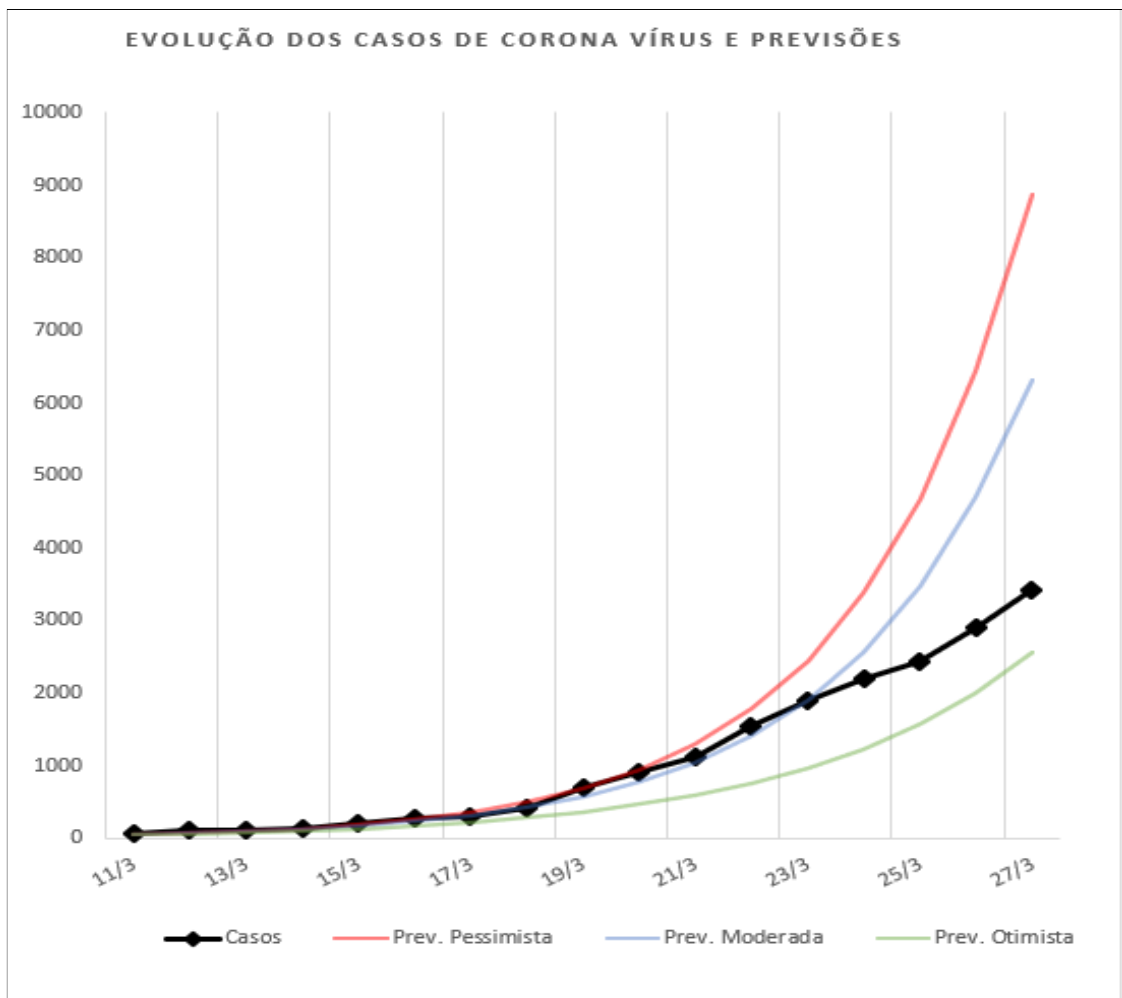


Figura 1 – Evolução de casos confirmados de contaminação pelo Coronavírus desde 11/03/2020

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 o

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 de demanda que melhor se ajusta ao caso brasileiro.

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.

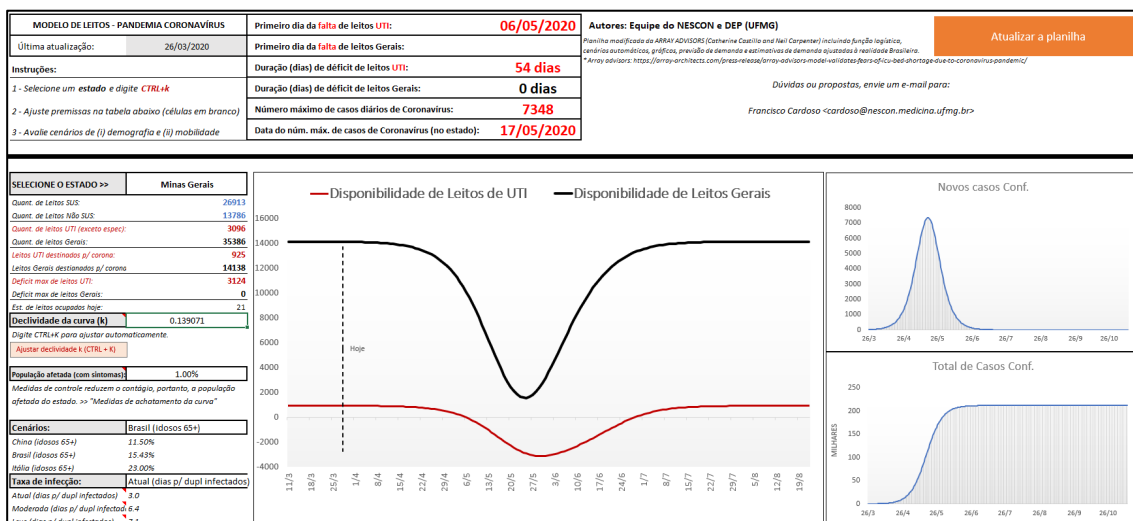


Figura 2 – Interface do modelo. Previsões de leitos e opções de ajustes de cenários.

## 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. A Figura 3 mostra o percentual de pessoas com 65 anos ou mais. Como pode-se notar, 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 26/03/2020 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	1 145	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
<b>Brasil</b>	<b>30 774</b>	<b>28 826</b>	<b>366 788</b>	<b>294260</b>	<b>132128</b>	<b>210 147 125</b>

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

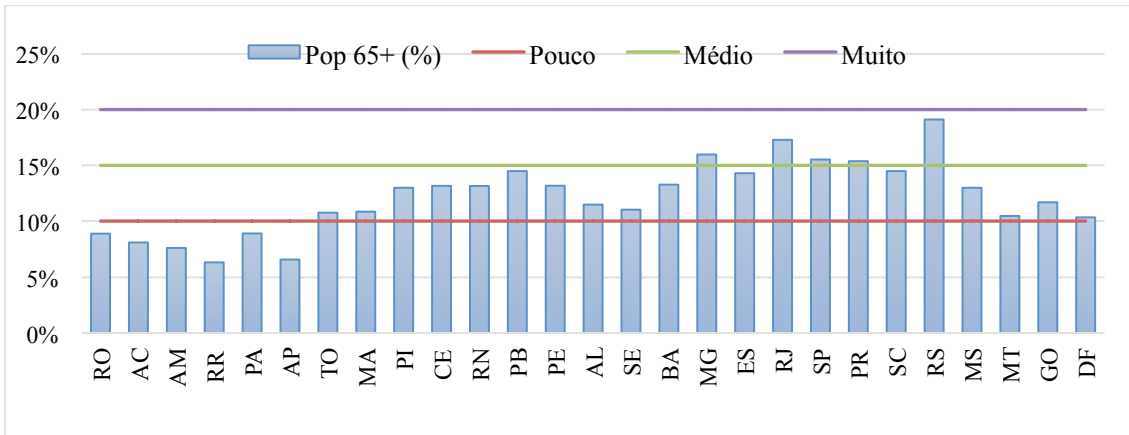


Figura 3 – Percentual da população com 65 anos ou mais em cada estado

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

Tabela 3 – Número de casos de COVID-19 até o dia 27/03/2020

Estado	Casos	Estado	Casos
Rondônia	6	Sergipe	16
Acre	25	Bahia	115
Amazonas	81	Minas Gerais	189
Roraima	10	Espírito Santo	47
Pará	13	Rio de Janeiro	493
Amapá	2	São Paulo	1223
Tocantins	8	Paraná	119
Maranhão	13	Santa Catarina	149
Piauí	9	Rio Grande do Sul	195
Ceará	282	Mato Grosso do Sul	28
Rio Grande do Norte	28	Mato Grosso	11
Paraíba	9	Goiás	49
Pernambuco	56	Distrito Federal	230
Alagoas	11	<b>Brasil</b>	<b>3417</b>

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.

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

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, por exemplo. Neste caso, o número de novos casos a cada dia teria o comportamento conforme ilustrado na Figura 5.

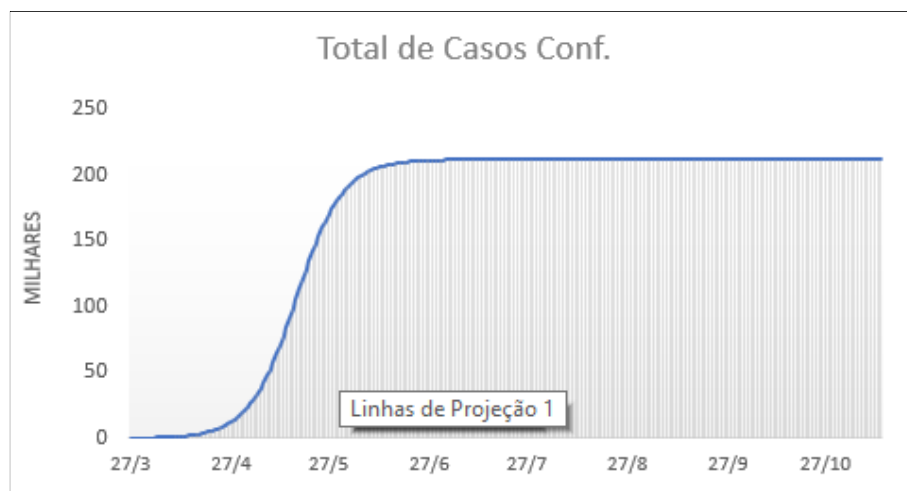


Figura 4 – Curva de distribuição logística



Figura 5 – Distribuição dos novos casos diários

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):

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).

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, todos os estados (exceto o DF) apresentam ruptura do sistema, ocorrendo nos leitos de UTI, sendo a primeira ruptura estimada para o dia 16/05/2020 nos estados do Acre, Ceará e Pará. No cenário moderado e no cenário



pessimista há ruptura nos leitos de UTI em todos os estados e DF. As rupturas nos leitos gerais para o cenário moderado ocorrem apenas no estado do Rio de Janeiro, com ruptura prevista para 15/05/2020. Já as rupturas nos leitos gerais para o cenário pessimista só não são previstas nos estados da Paraíba, Rondônia e Roraima.

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 estima-se que **70%** estão ocupados nos hospitais, logo tem-se 924 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 **06/05/2020** não haverá mais leitos UTI disponíveis, no entanto, a demanda por leitos UTI permanece. O ponto de maior demanda ocorre aproximadamente em **17/05/2020**, como visto na Figura 6 em que **3101** leitos UTI são demandados.

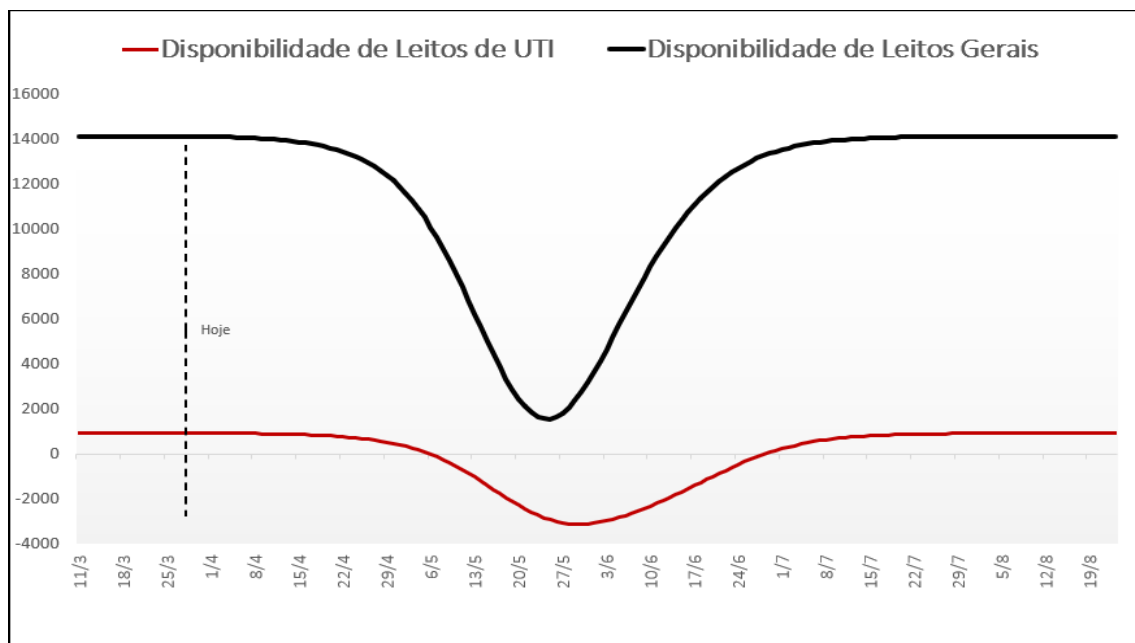


Figura 6 – Previsão da (in)disponibilidade de leitos UTI e gerais para Minas Gerais

Tabela 4 – Datas de saturação dos sistemas de saúde dos estados

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

Tabela 5 – Necessidade de leitos adicionais de UTI e gerais para não haver saturação.

Estados	Otimista		Moderado		Pessimista	
	UTI	Gerais	UTI	Gerais	UTI	Gerais
Rondônia	23	---	125	---	336	---
Acre	24	---	68	---	162	38
Amazonas	92	---	289	---	701	556
Roraima	14	---	38	---	88	---
Pará	273	---	771	---	1801	1599
Amapá	19	---	55	---	129	86
Tocantins	60	---	168	---	394	293
Maranhão	288	---	788	---	1824	1413
Piauí	182	---	456	---	1026	753
Ceará	411	---	1162	---	2739	2765
R. G. Norte	135	---	430	---	1043	1133
Paraíba	212	---	590	---	1373	1967
Pernambuco	305	---	1112	---	2791	2877
Alagoas	135	---	382	---	895	1086
Sergipe	72	---	233	---	568	958
Bahia	677	---	1929	---	4540	5465
Minas Gerais	985	---	3124	---	7587	12873
Espírito Santo	109	---	473	---	1233	1983
Rio de Janeiro	411	---	2262	440	6146	12916
São Paulo	1364	---	5806	---	15125	25533
Paraná	385	---	1493	---	3808	4410
Santa Catarina	321	---	974	---	2342	2713
R. G. Sul	715	---	2082	---	4943	6435
M. Grosso Sul	99	---	329	---	809	940
Mato Grosso	36	---	272	---	762	610
Goiás	154	---	677	---	1766	385
Distrito Federal	---	---	72	---	473	285

## 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/deftohtm.exe?cnes/cnv/leiintbr.def>
- [4] IBGE <https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>
- [5] Ministério da Saúde do Brasil <http://plataforma.saude.gov.br/novocoronavirus/>