ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ SARS-COV-2 В ШТАТЕ АМАРÁ, АМАЗОНКА, БРАЗИЛИЯ, С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

DIAS, Neylan Leal¹, SILVA, Edcarlos Vasconcelos da², PIRES, Marcelo Amanajas³, CHAVES, Daniel⁴, SANADA, Katsumi Letra⁵, FECURY, Amanda Alves⁶, DIAS, Cláudio Alberto Gellis de Mattos⁷, OLIVEIRA, Euzébio de⁸, DENDASCK, Carla Viana⁹, LEAL, Simone Delphim¹⁰

DIAS, Neylan Leal. **Прогнозирование распространения SARS-CoV-2 в штате Амарá, Амазонка, Бразилия, с помощью математического моделирования.**

Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Год 05, изд. 05, том 06, стр. 73-95. Май 2020 г. ISSN: 2448-0959, Ссылка для доступа:

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/здравоохранение/прогнозирование-распространения>, DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/80637

¹ Математик, аспирант машиностроения -FEB/UNESP-SP. Профессор и исследователь курса математики Федерального университета Амарá (UNIFAP).

² Математик, аспирант в области общественного здравоохранения - FIOCRUZ / RJ. Профессор курса математики Федерального университета Амарá (UNIFAP).

³ Физик, магистр физики (UFF), аспирант Бразильского центра физических исследований (CBPF).

⁴ Историк, доктор сравнительной истории, профессор и исследователь курса истории магистерских программ по региональному развитию и интеллектуальной собственности и передаче технологий для инноваций Федерального университета Амарá (UNIFAP).

⁵ Летрас, магистр педагогических наук (UNIFAL), преподаватель Федерального института Амарá (IFAP).

⁶ Биомедицин, доктор философии по тропическим болезням, профессор и исследователь медицинского курса Федерального университета Амарá (UNIFAP).

⁷ Биолог, доктор теории поведения и исследований, профессор и исследователь Химического колледжа, Кампус Масарá, Федеральный институт Амарá (IFAP).

⁸ Биолог, доктор актуальных болезней, профессор и исследователь курса физического воспитания в Федеральном университете Парá (UFPA).

⁹ Богослов, доктор психоанализа, исследователь Центра исследований и перспективных исследований - CERA.

¹⁰ Математика, доктор наук по компьютерному моделированию, профессор и исследователь курса математики Федерального университета Амарá (UNIFAP).

RC: 80637

Доступно в:

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/здравоохранение/прогнозирование-распространения>

АБСТРАКТНЫЕ

В этой статье представлен анализ распространения SARS-CoV-2 в Амарá с использованием трех подходов. В первом случае модель пандемии ICL, примененная к Бразилии, использовалась для реализации сравнительного линейного прогноза для населения Амарá. Второй подход был разработан на основе краткосрочного решения стандартной модели SIR, где было показано, что типичное экспоненциальное поведение удовлетворительно описывает данные за первые недели эпидемии, но вскоре после этого появляются ранние расхождения из-за внезапного замедления темпоральной эволюции, количество случаев из-за мер изоляции. Этот новый режим надлежащим образом описывается с помощью третьего подхода, который основан на модели vSIR, которая является вариантом модели SIR. Представленные результаты позволяют, с одной стороны, лучше понять сценарии, с которыми уже сталкивается население, и, с другой стороны, предоставить краткосрочные прогнозы, которые будут постоянно обновляться по ссылке[11].

Ключевые слова: COVID-19, пандемия, математическая модель, vSIR, SARS-CoV-2.

ВСТУПЛЕНИЕ

Коронавирус - это семейство вирусов, вызывающих респираторные инфекции, которые, хотя и были зарегистрированы с 1937 года, но только 31 декабря 2019 года, после регистрации случаев в Китае, новый коронавирус был обнаружен и идентифицирован как причина заболевания под названием COVID-19, которое вызывается коронавирусом SARS-CoV-2 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020b).

По данным Всемирной организации здравоохранения (OMS), около 80% случаев могут протекать бессимптомно, а оставшиеся 20% часто требуют

RC: 80637

Доступно в:

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/здравоохранение/прогнозирование-распространения>

стационарного лечения, а небольшая часть - примерно 5% - поступает в отделения интенсивной терапии из-за тяжелой респираторной недостаточности. (OMS, 2020).

Этот факт отражается в условиях передачи инфекции в общинах, установленных на национальном уровне в Бразилии, где даже с учетом низкого уровня тестирования страны и постоянного анализа случаи смерти от COVID-19, средний уровень летальности составляет около 6%, и прогнозируется количество случаи заболевания. месяц май, вероятно, в шестизначном формате, распространился в основном в Юго-восточном регионе. В этом смысле ситуация в Северном регионе имеет большое значение; в конце апреля в абсолютных цифрах было примерно 12% национальных случаи, что становится еще более драматичным, учитывая демографическую пропорциональность среди пяти национальных макрорегионов (BATISTA *et al*, 2020b).

В середине мая как заболеваемость, так и смертность на 100 тысяч жителей на Севере (245,7) были вдвое выше, чем в наиболее развитых регионах на этой же картине, как показано в Таблице 1 (OMS, 2020a).

RC: 80637

Доступно в:

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/здравоохранение/прогнозирование-распространения>

Таблица 1 Сводка случаи, смертей, заболеваемости и смертности от COVID-19 Бразилия и регионы.

	Casos	Óbitos	Incidência (100 mil hab)	Mortalidade (100 mil hab)
Região Sudeste	10.797	349	36	1,2
Região Sudeste	96.938	7938	108,6	9
Região Centro-Oeste	7.531	171	4602	1
Região Nordeste	81.537	4.673	142,9	8,2
Região Norte	45.277	2.987	245,7	16,2
Brasil	242.080	16.118	114,7	7,7

Источник: Министерство здравоохранения (2020 г.).

В случае амараенсе (Amará) , как видно из Таблицы 2, за тот же период представленные цифры следовали восходящей тенденции, со средним показателем смертности, аналогичным региональному (14,1 АР x 16,2 на Севере), но с тревожными показателями. Цифры в том, что это касается заболеваемости (467,3 ОП x 245,7 на Севере). Таким образом, существует острая необходимость в особом внимании к видимому противоречию между моделями заболеваемости и смертности в регионе в свете национальных реалий, учитывая, что, учитывая демографическую плотность Северного региона и количество заболевших на душу населения. , 5 городов на Севере вошли в число 20 городов с самым высоким уровнем смертности на конец апреля (BATISTA *et al*, 2020b).

RC: 80637

Доступно в:

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/здравоохранение/прогнозирование-распространения>

Таблица 2 Сводка случаи, смертей, заболеваемости и смертности от COVID-19
Северный регион и штаты

Estados	Casos	Óbitos	Incidência (100 mil hab)	Mortalidade (100 mil hab)
AP	3.952	119	467,3	14,1
RO	1.963	74	110,5	4,2
AC	1.997	60	226,4	6,8
PA	13.864	1.239	161,2	14,4
RR	1.791	51	295,7	8,4
TO	1.382	31	87,9	2
AM	20.328	1.413	490,5	34,1
Norte	45.277	2.987	245,7	16,2

Источник: Министерство здравоохранения (2020 г.).

Учитывая конфигурацию национальных и региональных систем общественного здравоохранения, существует несколько факторов, которые, в свою очередь, обычно связаны с развивающимися странами, такими как Бразилия, например, небольшое количество коек с респираторами или интенсивность лечения, технологическая задержка, влияющая на качество тестирования. , отсутствие средств индивидуальной защиты (EPI), недостатки в санитарных системах городов, перенасыщение количества человек в общежитии в жилых домах в

RC: 80637

Доступно в:

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/здравоохранение/прогнозирование-распространения>

регионах с чрезвычайно высокой демографической плотностью и неопытность Бразилии в ситуациях лишения свободы и / или ограничения движения - сделать эпидемиологические и инфекционные прогнозы COVID-19 еще более неопределенны. Такие неопределенности необходимо учитывать, хотя и с должной тщательностью, при макроскопическом моделировании, направленном на максимально близкую проекцию 01 (PIRES; CARVALHO; XAVIER, 2020).

COVID-19 В АМАРА́ И МЕТРОПОЛИТАНСКОМ РЕГИОНЕ ГОСУДАРСТВА

С появлением коронавируса в Амарá 25 марта 2020 года, столичный регион которого, по данным IBGE, составляет около 845.000 жителей, он распространился на 16 муниципалитетов с темпом роста населения 2,02% (IBGE, 2020).

Важно иметь как можно более точную картину, в этом смысле наблюдение за поведенческими моделями передвижения людей, гигиеной и заботой о здоровье в больнице может повлиять на распространение COVID-19 в Амарá, также учитывая модели поведения абсолютных значений. Зарегистрированных случаев (SVS, 2020).

В условиях безудержного распространения нового коронавируса в Амарá давайте вспомним семьи, отчужденные от рабочей силы и в социальной изоляции, лишённые возможности заниматься своей профессией. В этих условиях единственное решение - подождать, пока болезнь пройдет, что вызовет другие проблемы, такие как тревога, депрессия, посттравматический стресс, раздражительность, а также другие психологические последствия карантина. В своей реакции на негативные воздействия люди также страдали от таких предсказуемых фактов, как страх, печаль, вина, замешательство из-за того, что они не могли самостоятельно найти работу или решение для хобби.

RC: 80637

Доступно в:

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/здравоохранение/прогнозирование-распространения>

Часть этих упомянутых психологических контекстов заметна во всех классах и социальных уровнях штата Амарá, начиная в основном с медицинских работников, которые работают и всегда находятся на переднем крае центров по уходу, которые неадекватны и недостаточны в течение многих лет, прожитых вдали от тревожной политической системы. демократического неравенства (BROOKS, 2020).

В каталогизации, которая существует на различных уровнях городских и периферийных социальных групп в штате Амарá, такие города, как Масарá и Santana, являются двумя муниципалитетами, где наиболее сконцентрирована болезнь. Согласно Управлению по надзору за здоровьем SVS, это исследование было основано на периоде с 14 по 27 апреля, всегда демонстрируя характеристики концентрации COVID-19 в центре города Макапа, где все началось, это связано с людьми, которые выехали за границу государства и вернулся. Делается вывод о том, что тогда эффект распространения заражения дают импортированные люди, которых мы будем называть классами А и В (критерий социально-экономической классификации). Частично в отличие от подтверждений наличия эпицентра COVID-19 в центре Макапы, существует Сантана, которая утверждает статистику своей концентрации во всех возможных городских и периферийных районах междугородного перемещения, необходимого по семейным причинам, жилым или нет (прямой контакт) , даже с учетом мер сдерживания, применяемых санитарными барьерами. Эта панорама будет представлена группой людей классов С, D, E, оформленных в зависимости от использования коллективного и частного транспорта (SVS, 2020).

В этой прокомментированной выше идее мы интегрировали рамочную модель отношений классов или социальных групп изоляции, измеряемых доходом и благосостоянием людей Амарá (IN LOCO, 2020).

RC: 80637

Доступно в:

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/здравоохранение/прогнозирование-распространения>

Таблица 3 Сравнение отношения социальной изоляции по социально-экономическим группам.

Grupos Sociais por Classe	Isolamento Social	Bem Estar Social	Cidade
A e B	40% em casa respeitando o decreto	Variante conforme o comportamento da equidade do início da pandemia	Macapá
C, D e E	60% não respeitando o decreto de isolamento social	Invariante conforme até um ponto convergente das informações de prevenção dada do início da pandemia	Macapá, Santana e demais Municípios do Estado

Сценарий таблицы - это всего лишь небольшая демонстрация социальной поведенческой реальности населения Амарá в отношении ценности их ответственности за поддержание своего благополучия на протяжении срока действия указа, установленного правительственными агентствами штата. На фотографии, которую лелеют дома новости о пандемии, видно, что 40% представителей классов А и В готовы к изоляции, часть этого удовлетворения происходит благодаря тому, что эти люди имеют компании, рабочие места и фиксированные зарплаты государственных служащих в карьере. В отличие от других оставшихся социальных классов С, D и E, существует критерий комбинированного стандарта заработной платы между членами семьи с фиксированным доходом (финансовая зависимость) и официальными и

RC: 80637

Доступно в:

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/здравоохранение/прогнозирование-распространения>

неформальными временными рабочими местами для ожидаемого благосостояния, независимо от того, является ли он государственным служащим или имеет академическое образование. Это причина растущего нарушения социальной изоляции, которая достигает 60% с тенденцией к еще большему росту в текущие месяцы (IBGE-AMARÁ, 2020).

После подтверждения рассматриваемых фактов от каждого социального класса, вмешивающегося по плюралистическим причинам, диаграмма 1 представлена в общем заявлении, показывающем индекс безответственности населения в отношении социальной изоляции в штате Амарá Город Масарá и других муниципалитетах в период января. С 30 по 14 мая 2020 г. с тенденцией к изменению, разделению или регрессу (IN LOCO, 2020).

Рисунок 1 Индекс социальной изоляции Амарá с 30 января по 14 мая

Источник: In Loco (2020).

Статистический анализ социальной изоляции все еще является неопределенным вариантом для того, что было согласовано на практике населением Амарá, изменение все еще ожидается с периода графика до 14 мая 2020 года, учитывая выполнение пребывания дома и выхода только в случае необходимости или чрезвычайной ситуации. Действия санпропускников

RC: 80637

Доступно в:

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/здоровоохранение/прогнозирование-распространения>

станут основой для контроля над интенсивным потоком людей по городу. И даже если имеется достаточное количество подозрительных симптоматических случаи заражения вирусом, ожидаемый неконтролируемый результат все еще отслеживается. (CBC, 2020)

ЦЕЛЬ

Это исследование направлено на анализ частоты подтвержденных случаи COVID-19 в Амарá / AP с использованием статистических методов и математических моделей, чтобы понять динамику заражения вирусом, предоставляя информацию для продвижения более эффективной стратегии борьбы с covid-19. .

Среди других характеристик вождения он предназначен для проверки принудительного поведения социальных ограничений в общественной и домашней среде, что является одним из приоритетных условий оказания помощи для снижения распространения заражения коронавирусом.

МЕТОДОЛОГИЯ

В целом, для понимания эволюции эпидемии, связанной с Sars-CoV-2, использовались два подхода к моделированию. С одной стороны, предпринимаются попытки разработать сложные модели, учитывающие несколько переменных, которые могут описывать динамику эпидемии. Такой подход был использован, например, в Zhang (2020) с системой из 15 дифференциальных уравнений. С другой стороны, был принят математический подход, в котором основное внимание уделяется основным эпидемическим характеристикам заразного процесса успеха кривой эпидемии коронавируса с помощью первичных или расширенных версий моделей SIR (TODA, 2020; KATUL, 2020; ZHONG, 2020).

RC: 80637

Доступно в:

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/здравоохранение/прогнозирование-распространения>

Эпидемиологическая модель SIR, предложенная Kermack и McKendrick в 1927 году (НЕТНСОТЕ, 2000), является одной из классических моделей, используемых для описания эволюции процесса заражения инфекционными заболеваниями. Эта модель, состоящая из дифференциальных уравнений, использует стратегию компартмента и делит, в зависимости от болезни, популяцию на людей, которые могут заразиться, людей, которые могут передавать инфекции, и людей, которые выздоровели и не подвергаются новому заражению, называемому восприимчивым (S), инфицированным. (I) и восстановленный (R) соответственно.

Математически модель SIR может быть представлена с помощью следующих дифференциальных уравнений:

$$\frac{dS}{dt} = -\frac{\beta IS}{N},$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{\beta IS}{N} - \gamma I,$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma I,$$

01

Где β - скорость передачи болезни, γ - скорость выздоровления людей, оба являются положительными и характерными параметрами анализируемых данных.

Чтобы оптимизировать и оценить эти параметры так, чтобы зарегистрированные и смоделированные случаи были приблизительно равны, используются начальные значения для трех переменных состояний $S(0)$, $I(0)$ и $R(0)$.

RC: 80637

Доступно в:

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/здоровоохранение/прогнозирование-распространения>

Начальное значение $S(0)$ - это популяционное сообщество, затронутое вспышкой, а $I(0)$ - это количество подтвержденных случаев, которое может иметь любое значение, но не ноль. Мы можем установить $R(0)$ равным нулю, если время начала симуляции и спреда одинаковы. Скорость передачи со временем монотонно снижается (HARKO, 2014).

Решая систему (1), мы определяем функцию решения для восприимчивой популяции и получаем (BATISTA, 2020).

$$S = S_0 \exp \left[-\frac{\beta}{N\gamma} (R - R_0) \right] \quad 02$$

Среди релевантных параметров, используемых в эпидемиологических моделях, таких как SIR, - базовая воспроизводимость, обеспечиваемая R_0 (известная как коэффициент воспроизводства), определяемая $R_0 = \beta/\gamma$. На коэффициент R_0 влияет, среди нескольких факторов, количество восприимчивых людей в популяции, с которой больные пациенты контактируют, и его можно описать как среднее количество людей, инфицированных одним человеком (DELAMATER *et al*, 2019).

По данным Ghani и Ferguson (2020), значение R_0 для COVID-19 варьировалось от 1 до 7 (точнее от 1,1 до 6,95) на протяжении всего развития эпидемии. Как указано Delamater *et al* (2019), $R_0 < 1$ показывает, что количество инфицированных людей уменьшается со временем, и эпидемия имеет тенденцию к исчезновению, для значений $R_0 > 1$ предполагается, что эпидемия должна сохраняться среди населения на длительный срок.

RC: 80637

Доступно в:

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/здравоохранение/прогнозирование-распространения>

Таким образом, если взять предел, когда t стремится к бесконечности, количество восприимчивых людей будет:

$$S_{\infty} = S_0 \exp \left[-\frac{\beta}{N\gamma} (R_{\infty} - R_0) \right] \quad 03$$

Где окончательная сумма взыскания. Учитывая, что окончательное количество инфицированных равно нулю, мы имеем:

$$N = S_{\infty} + R_{\infty} \quad 04$$

Из (03) получаем

$$R_{\infty} = N - S_0 \exp \left[-\frac{\beta}{N\gamma} (R_{\infty} - R_0) \right] \quad 05$$

Предполагая, что доступные данные представляют собой временной ряд от общего числа случаев $C = R + I$, параметры и начальные значения определяются путем минимизации разницы между текущими значениями и вычисленными номерами случаев:

$$\|C_t - \hat{C}_t(\beta, \gamma, S_0)\|^2 = \min \quad 06$$

где $C_t = (C_1, C_2, \dots, C_n)$ - количество случаев в момент времени $t = 1, 2, \dots, n$ а вектор соответствует оценочным значениям в те же моменты времени, что и сообщенные значения. Рассматриваемая минимизация была получена функцией MATLAB *fminsearch* согласно Batista (2020).

RC: 80637

Доступно в:

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/здоровоохранение/прогнозирование-распространения>

Подчеркнем, что в вышеупомянутом подходе необходимо оценить три параметра, а именно $\{\beta, \gamma, N\}$, где N - эффективный размер популяции. Мы обозначаем этот вариант аббревиатурой $vSIR$, чтобы отличать его от стандартной модели SIR , где N - общий размер популяции, который является величиной, определенной априори. В вычислительном отношении численное решение системы уравнений $vSIR$ реализовано с помощью программного обеспечения MATLAB с использованием явного метода Runge-Kutta четвертого порядка (BATISTA, 2020).

Все анализы с использованием математической модели этого исследования проводились с данными о подтвержденных случаях заболевания covid-19 в штате Амарá, которые были предоставлены Государственным департаментом здравоохранения штата и Министерством здравоохранения Бразилии, как в Интернете, так и в В случае вторичных данных, по этой причине не было необходимости регистрировать исследование в этическом комитете.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

ПРОЕКТНЫЙ АНАЛИЗ МОДЕЛИ LONDON IMPERIAL

В этой теме мы представляем некоторые местные прогнозы, сделанные с помощью модели *Imperial College* Лондона (ICL), которая была направлена на руководство чрезвычайной государственной политикой по эпидемиологическому и инфекционному контролю COVID-19 для затронутых стран; очевидно, что все модели должны быть внимательными. в непосредственный момент трансокеанского распространения пандемии, учитывая отягчающие факторы, которые происходят в каждом регионе.

Таким образом, «Модель ICL» описывает пять сценариев следующим образом:

RC: 80637

Доступно в:

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/здоровоохранение/прогнозирование-распространения>

A) Неослабевающая эпидемия - сценарий, при котором не предпринимаются никакие действия.

B) Смягчение последствий, включая социальную дистанцию на уровне населения - мы оцениваем максимальное снижение окончательного масштаба эпидемии, которое может быть достигнуто за счет равномерного снижения скорости, с которой люди общаются, за исключением полного подавления.

C) Смягчение, включая большую социальную дистанцию от пожилых людей - как (B), но с людьми в возрасте 70 лет и старше, снижение их социальных контактов на 60%.

D и E) Подавление - мы исследуем различные эпидемиологические триггеры (количество смертей на 100000 жителей) для реализации широкомасштабной интенсивной социальной отстраненности (моделируемой как снижение уровня межличностных контактов на 75%) с целью быстрого подавления передачи и сведения к минимуму кратковременных контактов. срочные случаи и смерти.

Для этих сценариев мы не производим окончательные оценки размеров, но мы проиллюстрируем их влияние на репрезентативные конфигурации. Для Тардии считается проведение массовых тестов, выделение положительных случаев и наблюдение за людьми, близкими к диагностированным, от 1,6 смертей на 100 тысяч жителей в неделю. Для Пресосе те же меры, что и раньше, но принятые из 0,2 смертей на 100 тысяч жителей в неделю (GHANI; FERGUSON, 2020).

Сценарии, представленные ICL для населения в Бразилии, насчитывающего в настоящее время более 200 миллионов человек, экстраполируются (из-за фундаментальной предпосылки минимизации воздействия на население) следующие: Сценарий A - Нет мер по смягчению; Сценарий B - С социальной дистанцией от всего населения. В сценарии A ситуация в Бразилии

RC: 80637

Доступно в:

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/здравоохранение/прогнозирование-распространения>

безрассудна, и в зависимости от сценария процент инфицированных людей колеблется от 88% и снижается до 5% населения, а число смертей колеблется от 1% до 0,02%. Существует также третий сценарий - С - который работает с социальной дистанцией и усиливает дистанцию между пожилыми людьми. Наконец, рассматриваются сценарии D и E, соответствующие позднему и раннему подавлению, соответственно, которые относятся к числу катастрофических сценариев, сценариев меньшего количественного разрушения, как можно увидеть ниже.

Мы построили, ради признательности, следующую национальную проекцию в соответствии с моделью ICL.

Таблица 4 Прогнозы для Бразилии в соответствии с моделью ICL

	A	B	C	D	E
	Não mitigada	Mitigação	Mitigação com ênfase em idosos	Supressão tardia	Supressão precoce
População Infectada	188 Mi	122 Mi	120 Mi	50 Mi	11 Mi
% infectados	88	57	57	23	5
Mortes	1.15 Mi	620.000 aprox	530.000 aprox	206.000 aprox	44.000 aprox
% mortes	1	0,3 aprox	0,25	0,1	0,02
Necessitando internação	6.2 Mi	3.5 Mi	3.2 Mi	1.1 Mi	250.000 aprox
Necessitando UTI	1.5 Mi	830.000 aprox	700.000 aprox	97.000 aprox	57.000 aprox

Источник: подготовлено авторами на основе данных исследований.

Как видно из следующего прогноза, в конце марта текущий сценарий указывает на увеличение числа выявленных v , примерно через неделю после

RC: 80637

Доступно в:

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/здравоохранение/прогнозирование-распространения>

напряженности вокруг изолятора. Данные Министерства здравоохранения, объединяющие государственные секретариаты здравоохранения, указывают на 5 812 инфицированных и 202 смерти на 36-й день после первого подтвержденного случая. До 500-го случая потребовалось 22 дня, а с тех пор до 1000-го - всего 2 дня, удвоившись за три дня (2000) и достигнув вдвое больше 2000 за 5 дней. Таким образом, в последние 15 дней марта произошло резкое ускорение (PRADO, M. *et al.*, 2020).

Уже признано, что Бразилия переживает сценарий занижения информации с начала пандемии, при этом предполагаемый уровень уведомления в Амарá составляет около 11,2%, как указано в исследовании, проведенном в первой половине апреля (PRADO *et al.*, 2020). Этот фактор можно наблюдать из-за проблем с планированием «вспышки» кризиса - несмотря на то, что это предсказывалось с последней недели января, когда распространение начало преодолевать азиатский континент - и небольшого количества тестов. в свою очередь, они в основном применяются к лицам с симптомами, игнорируя огромный потенциал бессимптомных контаминантов; то есть они уже заражены вирусом, но не имеют симптомов, чувствуют себя комфортно при бесплатном трафике и улучшают передачу. Такие факторы, как напряженность с конца марта вокруг значительной части населения, которая оспаривает ограничение или сводит к минимуму его последствия, также должны быть взвешены, что делает эластичный и неформальный характер поощрения свободного обращения в качестве бремени. Предыдущий (PRADO *et al.*, 2020).

В случае амараense (Амарá) в марте наблюдалась возможная эскалация, хотя и сохранялась в текущем прогрессе, для местных случаи - уже передаваемых сообществом (AMAPA, 2020a) - из-за неудач с авторизацией местных тестов (разрешено только в 27 марта - и с сокращением времени прогрессирования с 26 марта. Относительно марта месяца, с 19 по 24 марта, мы зарегистрировали

RC: 80637

Доступно в:

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/здравоохранение/прогнозирование-распространения>

1 случай за 5 дней, с 25 по 26 марта мы перешли ко 2-й случаю; между 27 и 28 марта мы перешли к 3-й случаю ; 29-го марта, 6 случаю ; 30 марта, 8 случаю и 31 марта ,10 случаю. В апреле, наблюдаемая частота случаи вырос под угрозой неконтролируемости окружающей среды (AMAPÁ, 2020a)

Также с учетом того, что последние прогнозы IBGE относятся к населению Амарá в 845.000 человек (IBGE, 2020), если моделирование ICL для штата будет спроектировано линейно по сравнению с национальным сценарием, который сам по себе уже представляет собой еще один фактор искажения - у нас был бы следующий сценарий прогноза, строго экстраполированный для накопления за весь первый эпидемиологический цикл распространения COVID-19 ниже:

Таблица 5 Сравнительная линейная проекция модели ICL стр. COVID-19 подал заявку в Бразилию на Амарá

	A	B	C	D	E
	Não mitigada	Mitigação	Mitigação com ênfase em idosos	Supressão tardia	Supressão precoce
População Infectada	743.000 aprox	480.000 aprox	480.000 aprox	194.000 aprox	42.000 aprox
% infectados	88	57	57	23	5
Mortes	8.400 aprox	2.500 aprox	2.100 aprox	845	160
% mortes	1	0,3	0,25	0,1	0,02
Necessitando internação	22.000 aprox	12.000 aprox	11.000 aprox	3.600 aprox	1500 aprox

Источник: подготовлено авторами на основе данных исследований.

RC: 80637

Доступно в:

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/здравоохранение/прогнозирование-распространения>

В соответствии с Постановлением правительства штата Амарá (GEA) № 1414/2020, которое способствовало широкому сокращению экономической, социальной и культурной деятельности и широкому принятию мер в пользу деконцентрации людей, сценарий А неизбежно отбрасывается при экстраполяции, пока сохраняется изоляция. Фундаментальной задачей становится поддержание изоляции с помощью мер разумного сдерживания потоков, чтобы избежать социальной недисциплинированности в отношении этого, чтобы как можно больше смягчить паттерны сценария В и С, чтобы приблизиться к реалистичному сценарию. D, о позднем подавлении, что в абсолютных цифрах сделало бы судоходный кризис в Амарá, учитывая ее демографическую плотность и контингент населения. Повод для оптимизма в быстрых действиях столичных мэрий и, в основном, правительства штата; однако технические условия уведомления, а также количественные и качественные характеристики помещений и коек для госпитализации или интенсивного лечения указывают на чрезвычайную ситуацию, когда в конечном итоге подтверждается рост числа случаев заболевания. По этой причине было сочтено, что наилучшим вариантом является сдерживание передачи инфекции от сообщества. Прогнозы, представленные в прогнозах совместной команды Фонда Getúlio Vargas и Fundação Oswaldo Cruz (FGV / Fiocruz), сходятся во мнении о положительных эффектах комбинированных социальных и трансфертных ограничений в отношении следующей национальной волны, накопившейся за весь первый период. Период эпидемиологического цикла распространения COVID-19 (ZORZETTO, 2020).

Важно еще раз выразить озабоченность очевидной адаптацией моделирования ICL к социально-культурным и социально-экономическим характеристикам нашей страны. В то же время данные сценариев моделирования ICL представляют собой экстраполированные числа и в этом смысле могут представлять собой преувеличение. В этом смысле превентивным способом

RC: 80637

Доступно в:

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/здравоохранение/прогнозирование-распространения>

проверка предрасположенности к увеличению числа случаев в стране в ближайшие дни и все еще существующей имплантации местной системы тестирования и неизбежному появлению экзаменов экспресс-тестирования, которых, вероятно, будет недостаточно и которые будут быть сосредоточенным на популяции с симптомами, которая откладывает улучшение любого прогноза из-за непосредственного инкубационного периода до заражения и, следовательно, искажает реальное восприятие эпидемиологической картины - считается вероятным, что переход от сценария D к сценарию C возможен. Если этот переход будет подтвержден, перспективы секьюритизации города за счет зонирования движения людей и товаров будут неизбежны (Wuhan модель ограничения, усиленная ограничением внутризонального движения), чтобы достичь желаемого ограничения 60% -75%, отмечая, что картирование случаев выполнено. Этот регион будет иметь решающее значение для более точного сдерживания передачи инфекции в общинах и наблюдения как за зараженными, так и за пожилыми людьми. В этом отношении решающее значение имеют продвижение и массовое распространение тестов, социальная дистанция, приоритетное расположение пожилых пациентов и пациентов с сопутствующими заболеваниями, а также изоляция диагностированных пациентов (ZORZETTO, 2020).

МОДЕЛИРОВАНИЕ VSIR ДЛЯ ОЦЕНКИ КРИВОЙ НАКОПЛЕННЫХ СЛУЧАЕВ COVID-19 В АМАРА́

Временной ряд с подтвержденными случаями covid-19 для штата Амарá относится к разделу с 25 марта по 12 май. За этот период указанное государство представило следующую эволюцию лиц, получивших положительный результат теста, смертности и выздоровевших:

RC: 80637

Доступно в:

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/здравоохранение/прогнозирование-распространения>

Рисунок 2 Подтвержденные случаи COVID-19 (A). Эволюция смертности (B). Восстановленные футляры (C).

Как показано на рисунке 2, в (A) Амарá потребовалось 50 дней, чтобы оставить 1 случай для 2910 (с 25 марта по 12 май). На дату завершения исследования в штате был один из самых высоких относительных показателей заболеваемости - около 355,3 на 100 000 жителей, что привлекло внимание всей страны, поскольку это штат с населением менее 1 миллиона человек.

Основываясь на этом сценарии, в начале временной эволюции эпидемии для Амарá, мы можем предположить, что $S \cong N$. Таким образом, уравнение для dI/dt в системе (1) принимает следующий вид:

$$\frac{dI}{dt} \cong (\beta - \gamma)I = \gamma(R_0 - 1)I \quad 07$$

Где $R_0 = \beta/\gamma$. После прямого интегрирования получаем

$$I(t) \cong I_0 e^{(R_0 - 1)\gamma t} \quad 08$$

RC: 80637

Доступно в:

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/здоровоохранение/прогнозирование-распространения>

Чтобы получить первую оценку R_0 , мы применяем линеаризацию приведенного выше уравнения. Таким образом, мы получаем $\log(I(t)) = mt + \log(I_0)$, где имеем наклон $m = \gamma(R_0 - 1)$. Соответствие статистическим инструментам языка программирования R дает $m = 0,21547 \pm 0,01163$. На основании литературы (TODA, 2020; LI, 2020; READ, 2020) мы принимаем γ в диапазоне $[0,1,0,6]$. При этом у нас есть предварительная оценка R_0 между $[1.340, 3.271]$, что является сопоставимым диапазоном со значениями, указанными в сводных таблицах обзорных статей по R_0 (LIU, 2020; ALIMOHAMADI, 2020).

Что касается фазы экспоненциального роста случаи COVID-19, на Рисунке 3 показано удовлетворительное согласие между наблюдаемыми данными и теоретическим прогнозом (красная кривая) до 14 апреля. Однако сразу после этого возникает раннее расхождение предварительного *fit* с данными, что вызывает вопросы о причине такого поведения. Возможное оправдание такого изменения тенденции связано с представлением о том, что этот период совпадает с началом государственной политики, направленной на предотвращение заражения. Среди них указ № 1497 от 3 апреля 2020 года правительства штата Амарá, который немедленно определяет социальную изоляцию и приостановление услуг, считающихся физической агломерацией, что приводит к новым часам работы и сохранению только крайне необходимых заведений. открытый. Таким образом, наблюдается, что меры по изоляции влияют на количество случаев после шестнадцатидневной задержки, связанной с инкубационным периодом.

RC: 80637

Доступно в:

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/здравоохранение/прогнозирование-распространения>

Рисунок 3 Начальный экспоненциальный рост

В то время как на рисунке 3 представлен краткосрочный анализ с экспоненциальной корректировкой (25 март до 14 апрель), в более поздних анализах подтвержденные данные об эпидемии сравниваются со стандартной

RC: 80637

Доступно в:

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/здоровоохранение/прогнозирование-распространения>

математической моделью SIR и вариантом, используемым Batista (2020) (который для краткости мы называем vSIR).

Рисунок 4 Моделирование VSIR и доверительный интервал

Моделирование модели vSIR с 25.03 по 12.05.2020, показанное на рисунке 03, показывает доверительный интервал (IC), который определяет нижний и верхний пределы смоделированных значений, чтобы дать 95% вероятность включения реального значения прогнозные случаи. Есть два выброса, которые происходят 1 мая 2020 года и 2 мая 2020 года, в пятницу и субботу соответственно. Эти даты, которые связаны с национальным праздником дня труда и чье число инфицированных не соответствует ожиданиям, вызывают вопросы, связанные с процедурным методом сбора информации, которые будут исследованы позже на основе анализа данных на месте. Также примечательно, что модель была откалибрована на основе реальных данных о инфицированных людях с начала пандемии в штате.

RC: 80637

Доступно в:

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/здравоохранение/прогнозирование-распространения>

Рисунок 5 Кривая прогноза случаи до 31.05.2020 г.

На рисунке 5 можно наблюдать кривую прогнозирования случаи Covid-19 в штате до 31.05.2019. Похоже, что до 17.05 (воскресенье) модель оценивает, что в штате число инфицированных будет около 4 тысяч (3651-4036), на следующей неделе в день 24.05 это число будет близко к 5.000 случаи (4700-5196), и, наконец, до конца мая, 31 мая, эти значения возвращаются вокруг 5.500 случаи (5469-6044). что почти вдвое больше, чем было зафиксировано 12.05.2019. Зеленая область с 12.05 по 24.05 представляет даты, когда модель наиболее эффективна в прогнозировании (даты закрытия), а красная область представляет даты, когда модель может потерпеть неудачу в прогнозировании (BATISTA, 2020).

Расчетные параметры для данных Амарá с использованием программы MATLAB *fminsearch*, разработанной Batista (2020), были следующими:

RC: 80637

Доступно в:

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/здоровоохранение/прогнозирование-распространения>

Таблица 6 Расчетные параметры в модели Vsir

R_0	β	γ
2.11	0.216	0.102

Расчетное значение базовой скорости воспроизводства R_0 соответствует значениям, указанным в литературе, специализирующейся на систематическом обзоре и метаданных, например, Liu (2020) и AliMohamadi (2020). На графике на рисунке 04 также наблюдается значение = 7166, которое является прогнозом количества случаев в дни, следующие за доступными данными. Несмотря на название, оно не относится к ожидаемому окончательному числу, если доступные данные все еще находятся на начальной и промежуточной стадиях развития эпидемии, как текущая ситуация с данными в AP. Как мы увидим ниже, модель vSIR обеспечивает прогнозы на 5–10 дней в соответствии с данными наблюдений.

В таблице 7 можно наблюдать прогнозируемые значения случаев с IC, равным 95%. Стоит отметить, что эти ценности действительны, если нет изменений в государственной политике или в значительном индивидуальном отношении к более жестким мерам в отношении изоляции.

RC: 80637

Доступно в:

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/здравоохранение/прогнозирование-распространения>

Таблица 7 Прогноз количества инфицированных в сутки.

Data	Intervalo de casos previstos	
	Mínimo	Máximo
13.05.2020	2975	3288
14.05.2020	3146	3477
15.05.2020	3316	3665
16.05.2020	3485	3852
17.05.2020	3651	4036
18.05.2020	3815	4216
19.05.2020	3975	4394
20.05.2020	4130	4565
21.05.2020	4281	4732
22.05.2020	4427	4893
23.05.2020	4567	5048
24.05.2020	4700	5196
25.05.2020	4829	5338
26.05.2020	4951	5472
27.05.2020	5055	5600
28.05.2020	5176	5721
29.05.2020	5280	5835
30.05.2020	5377	5944
31.05.2020	5469	6044

Источник: подготовлено авторами на основе данных исследований.

RC: 80637

Доступно в:

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/здравоохранение/прогнозирование-распространения>

Рассматривая таблицу прогнозов накопленных случаев заражения covid-19 в Амарá на 31 мая 2020 года, модель предсказывает, что в штате может быть от 5469 до 6044 накопленных случаев. Принимая во внимание текущую p -долю смертности, рассчитанную для этой федеративной единицы, на 12-е число (последний день сбора фактических данных) ее значение составило $p = 2,95\%$. При сохранении этого уровня 31 мая мы можем иметь от 161 до 178 смертей из-за болезни.

Что касается базового числа репродукций R_0 модель vSIR также генерировала временные ряды для ежедневного мониторинга эволюции ежедневного мониторинга R_0 чтобы узнать подробные масштабы развития болезни, в дополнение к тому, что она является индикатором нефармацевтического населения. политика по смягчению последствий заболевания COVID-19.

Рисунок 6 Суточная динамика R_0 .

Ежедневная динамика R_0 показывает, что самые низкие значения имели место в период с 26 апреля ($R_{0\ 26/04} = 1.12$) по 3 мая ($R_{0\ 03/05} = 1.1$), этот период низкого R_0 может указывать на то, что постановление правительства от 3 апреля

RC: 80637

Доступно в:

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/здоровоохранение/прогнозирование-распространения>

способствовали снижению базовой скорости воспроизводства, но не настолько, чтобы снизить ее до менее 1, что идеально для борьбы с эпидемией. По состоянию на 3 май R_0 снова вырос, находясь на 12 май на уровне 2.11, это повышение может указывать на ослабление карантина населением, у которого отношения с R_0 обратные, сокращение карантина, увеличение R_0 и наоборот, как сообщается в Dandekar и Barbastathis (2010).

ОГРАНИЧЕНИЯ ИЗУЧЕНИЯ

В то время как в модели SIR необходимо оценить только два параметра (а именно скорость передачи β и восстановление γ), в модели vSIR у нас есть возможность оценить дополнительный параметр, который представляет собой эффективный размер совокупности N . С помощью этих трех параметров По параметрам $\{\beta, \gamma, N\}$ мы смогли удовлетворительно описать временные ряды для количества подтвержденных случаев в штате Амарá.

Наше моделирование также может быть улучшено в будущих работах с учетом следующих ограничений:

- С одной стороны, существует ограничение линейного и общего применения модели ICL, а с другой стороны, необходимо учитывать возможные неточности из-за взаимозависимости и сложности конкретных условий человеческого развития в Бразилии - уже упомянутых, таких как поскольку демографическая концентрация усиливается в десятках городов, ненадежные условия базовой санитарии в неблагополучных сообществах, жилища с количеством жителей на комнату выше рекомендованных Всемирной организацией здравоохранения (OMS), историческое отсутствие других случаев чрезвычайных санитарных ситуаций с мерами такого размера и стандарта. Другими словами,

RC: 80637

Доступно в:

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/здравоохранение/прогнозирование-распространения>

Бразилия имеет определенную пропорцию и демографические условия, что увеличивает неточность общих моделей.

- Занижение случаев заболевания COVID-19 является фактором, о котором неоднократно сообщалось во всем мире, что в случае Бразилии из-за сокращения количества тестов делает распространение этого фактора критическим. Например, недавно было оценено ~ 86% (95% доверительный интервал: 82-90%) занижения данных на ранних этапах развития эпидемии, когда ограничения на поездки еще не были введены (LI, 2020). Согласно техническому примечанию, опубликованному 11 апреля, для Амарá уровень занижения данных составляет ~ 11,2% (BATISTA et al, 2020b).
- Модель vSIR не учитывает количество бессимптомных случаев. Например, в обзорной статье (BUIRAGO-GARCIA, 2020) был оценен верхний предел доли бессимптомных инфекций SARS-CoV-2 в ~ 29% (95% доверительный интервал: 23–37%). Стратегия получения оценки доли бессимптомных случаев в Амарá заключается в инвестировании в тестирование значительной части населения.

ВЫВОДЫ

В рамках первого подхода была разработана линейная сравнительная проекция модели ICL для COVID-19, примененная к Бразилии для Амарá, выводы которой указывают на безотлагательность как можно более ранних мер социальной изоляции, учитывая необходимость избежать массового заражения и ускорить ее распространение. местность. Мы также стремились наблюдать за общими условиями контекста пандемии. Имеется неточность в отношении эффективной скорости передачи и заражения, хотя, несмотря на некоторую степень измерения, через несколько месяцев после начала объявленной

RC: 80637

Доступно в:

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/здравоохранение/прогнозирование-распространения>

пандемии, это прямо подразумевает соблюдение соответствующих местных стандартов.

Второй подход был опосредован краткосрочным решением уравнений модели SIR. Это решение обеспечило типичный экспоненциальный рост, который, как было показано, согласуется с данными, наблюдавшимися до 14 апреля, что позволило получить предварительную оценку R_0 между [1,340, 3,271]. В последующие дни отмечается резкое и раннее несовпадение экспоненты *fit* из-за принятых мер изоляции.

В третьем подходе к реально зараженным данным применялась модель vSIR. Было подтверждено, что базовый коэффициент воспроизводства R_0 для Амарá составляет $\sim 2,11$, показывая, что эпидемия в этом состоянии находится в полном разрастании, этот факт еще более усугубляется информацией о социальной изоляции, которая показывает, что государство в свете первых Указ о карантине охватил 56% граждан, изолированных 5 апреля, однако 12 апреля это число снизилось до 43%.

Для снижения уровня контроля над эпидемией ($R_0 < 1$) необходимо, чтобы скорость передачи β , которая сейчас составляет ~ 0.216 , снизилась более чем на 53%, чтобы иметь R_0 находится под контролем, что возможно только при строгих действиях по контролю над рассредоточением популяции для уменьшения контактов между людьми, тем самым замедляя взаимодействие между восприимчивыми и инфекционными людьми.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Авторы особенно благодарны Milan Batista дает University of Ljubljana за полезный вклад в использование open source code для Matlab и за поддержку

RC: 80637

Доступно в:

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/здравooхранение/прогнозирование-распространения>

CAPES и CNPQ в разработке этой работы посредством предоставления стипендии PhD и поддержки исследований.

РЕКОМЕНДАЦИИ

ALIMOHAMADI, Yousef; TAGHDIR, Maryam; SEPANDI, Mojtaba. The estimate of the basic reproduction number for novel coronavirus disease (covid-19): A systematic review and meta-analysis. Journal of Preventive Medicine and Public Health, 2020. Disponível em: <<https://www.jpmp.org/upload/pdf/jpmp-20-076.pdf>> Acesso em: 01/05/2020

AMAPÁ. Painel Coronavírus. [internet].2020a. Disponível em: <<http://painel.corona.ap.gov.br/>> Acesso em: 10/05/2020

AMAPÁ. Superintendência de Vigilância em Saúde – SVC. 2020b. Disponível em: <<https://svs.portal.ap.gov.br/coronavirus>> Acesso em: 14/04/2020.

BATISTA, Milan. fitVirusCOVID19. MATLAB Central File Exchange. [Internet]. 2020. Disponível em: <<https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/74658-fitviruscovid19>> Acesso em 15/05/2020.

BROOKS, Samantha K.; WEBSTER, Rebecca K.; SMITH, Louise E.; WOODLAND, Lisa.; WESSELY, Simon; GREENBERG, Neil. RUBIN, Gideon James. The psychological impact of quarantine and how to reduce it: rapid review of the evidence. The Lancet. London, Uk, v. 395, p.912-920, mar. 2020. DOI:[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30460-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30460-8)

BUITRAGO-GARCIA, Diana C.; EGLI-GANY, Dianne; COUNOTTE, Michel J.; HOSSMANN, Stefanie; IMERI, Hira; SALANTI, Georgia. LOW, Nicola. The role of asymptomatic SARS-CoV-2 infections: rapid living systematic review and meta-analysis. medRxiv, 2020. Disponível em:

RC: 80637

Доступно в:

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/здравоохранение/прогнозирование-распространения>

<<https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.04.25.20079103v1>> Acesso em: 10/05/2020

DANDEKAR, R.; BARBASTATHIS, G. Neural Network aided quarantine control model estimation of COVID spread in Wuhan, China. 2020. Disponível em: <<https://arxiv.org/abs/2003.09403>> Acesso em: 10/05/2020.

DELAMATER, Paul L.; STREET, Erica J.; LESLIE, Timothy F., YANG, Y. Tony; JACOBSEN, Kathryn H. Complexity of the Basic Reproduction Number (R_0). Emerg Infect Dis 2019;25:1-4 PMC6302597

FERGUSON, Neil M.; GHANI, Azra C.; WALKER, Patrick G. T.; WHITTAKER, Charles; WATSON, Oliver; BAGUELIN, Marc; AINSLIE, Kylie E. C. et al.. The Global Impact of COVID-19 and Strategies for Mitigation and Suppression. 26 mar 2020. Imperial College London COVID-19 Response Team. Disponível em: <<https://www.imperial.ac.uk/media/imperial-college/medicine/mrc-gida/2020-03-26-COVID19-Report-12.pdf>> Acesso em: 14/05/2020.

HARKO, Tiberiu; LOBO, Francisco S. N.; MAK, M. K. Exact analytical solutions of the Susceptible-Infected-Recovered (SIR) epidemic model and of the SIR model with equal death and birth rates. Applied Mathematics and Computation. 236: 184194, 2014. Disponível em: <<https://arxiv.org/abs/1403.2160>> Acesso em: 10/05/2020

HETHCOTE, Herbert W. The mathematics of infectious diseases. SIAM Review, v. 42, n. 4, p. 599-653, 2000. Disponível em: <<https://epubs.siam.org/doi/abs/10.1137/s0036144500371907>> Acesso em: 10/05/2020

IBGE. Cidades e Estados: Amapá. 2020. [internet]. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ap.html>> Acesso em: 20.04.20

RC: 80637

Доступно в:

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/здравоохранение/прогнозирование-распространения>

IN LOCO. Mapa de Dados. 2020. [internet]. Disponível
<<https://mapabrasileirodacovid.inloco.com.br>> Acesso em 03/05/2020.

MRAD, Assaad; BONETTI, Sara; MANOLI, Gabriele; PAROLARI, Anthony J. Global convergence of COVID-19 basic reproduction number and estimation from early-time SIR dynamics. MedRxiv. 2020. Disponível em:
<<https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.04.10.20060954v2>> Acesso em: 01/05/2020

LI, Ruiyun; PEI, Sen; CHEN, Bin; YIMENG, Canção; ZHANG, Tao; YANG, Wan; SHAMAN, Jeffrey. Substantial undocumented infection facilitates the rapid dissemination of novel coronavirus (SARS-CoV-2). Science, v. 368, n. 6490, p. 489-493, 2020. Disponível em: <<https://science.sciencemag.org/content/368/6490/489>> Acesso em: 10/05/2020

LIU, Ying; GAYLE, ALBERT A.; WILDER-SMITH, Annelies; ROCKLÖV Joacim. The reproductive number of COVID-19 is higher compared to SARS coronavirus. Journal of travel medicine, 2020. Disponível em:
<<https://academic.oup.com/jtm/article/27/2/taaa021/5735319>> Acesso em: 10/05/2020

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Sobre a Doença Covid-19. Brasília. 2020. [internet]. Disponível em <<https://coronavirus.saude.gov.br/sobre-a-doenca>> Acesso em: 14/05/2020

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Síntese de casos, óbitos, incidência e mortalidade. Brasília. 2020a. [internet]. Disponível em: <<https://covid.saude.gov.br/>> Acesso em 15/05/2020.

RC: 80637

Доступно в:

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/здравоохранение/прогнозирование-распространения>

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) Situation Report – 46. Disponível em <https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200306-sitrep-46-covid-19.pdf?sfvrsn=96b04adf_4#:~:text=For%20COVID%2D19%2C,infections%2C%20requiring%20ventilation.> Acesso em 16/05/2020

PIRES, L.N.; CARVALHO, L.; XAVIER, L.L. COVID-19 e Desigualdade no Brasil. Centro Brasileiro de Estudos da Saúde. Disponível em <<http://cebes.org.br/2020/04/covid-19-e-desigualdade-no-brasil/>>. Acesso em 16/05/2020.

PRADO, Marcelo; BASTOS, Leonardo; BATISTA, Amanda; ANTUNES, Bianca; BAIÃO, Fernanda, MAÇAIRA, Paula; HAMACHER, Silvio; BOZZA, Fernando. Nota Técnica 7 NOIS/Puc-Rio: Análise de subnotificação do número de casos confirmados da COVID-19 no Brasil. <http://www.supersuporte.com/myRpubs/NT7_Subnotificacao_notaDia11-abr-2020.pdf>, Acessado em: 14.05.2020.

PRADO, Marcelo; BASTOS, Leonardo; BATISTA, Amanda; ANTUNES, Bianca; BAIÃO, Fernanda, MAÇAIRA, Paula; HAMACHER, Silvio; BOZZA, Fernando. Nota Técnica 7 NOIS/Puc-Rio: Evolução da epidemia de COVID-19 no Brasil até 04 de maio de 2020. <<https://drive.google.com/file/d/17a9F6WEmCoiHJmXF3KMHEI1jWo51xarz/view>>, Acesso em: 14/05/2020

READ, Jonathan M.; BRIDGEN, Jessica R. E.; CUMMINGS, Derek A. T. HO, Antonia; JEWELL, Chris P. Novel coronavirus 2019-nCoV: early estimation of epidemiological parameters and epidemic predictions. MedRxiv, 2020. Disponível em: <<https://www.medrxiv.org/CONTENT/10.1101/2020.01.23.20018549V2>> Acesso em 10/05/2020

RC: 80637

Доступно в:

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/здравоохранение/прогнозирование-распространения>

TODA, Alexis Akira. Susceptible-infected-recovered (sir) dynamics of covid-19 and economic impact. ArXiv:2003.11221, 2020. Disponível em: <<https://arxiv.org/abs/2003.11221>> Acesso em: 09/05/2020

ZHANG, Yuan; YOU, Chong; CAI, Zhenghao; SUN, Jiarui; HU, Wenjie; ZHOU, Xiao-Hua. Prediction of the COVID-19 outbreak based on a realistic stochastic model. medRxiv, 2020. Disponível em: <<https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.03.10.20033803v1>> Acesso em: 09/05/2020

ZHONG, Linhao; MU, Lin; LI, Jing; WANG, Jiaying; YIN, ZHE; LIU, Darong. Early prediction of the 2019 novel coronavirus outbreak in the mainland china based on simple mathematical model. Ieee Access, v. 8, p. 51761-51769, 2020. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/9028194>> Acesso em: 09/05/2020

ZORZETTO, R. A segunda onda do coronavírus. PESQUISA FAPESP, 2020. Disponível em <<https://revistapesquisa.fapesp.br/2020/03/30/a-segunda-onda-do-coronavirus/>> Acesso em: 09/05/2020

ПРИЛОЖЕНИЕ - СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

11. <http://www2.unifap.br/matematicaplicada/pagina-exemplo/>

Поступило: Май, 2020 г.

Утверждено: Май, 2020 г.

RC: 80637

Доступно в:

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/здравоохранение/прогнозирование-распространения>