VORHERSAGE DER AUSBREITUNG VON SARS-COV-2 IM BRASILIANISCHEN BUNDESSTAAT AMAPÁ, AMAZONAS, DURCH MATHEMATISCHE MODELLIERUNG

ORIGINALER ARTIKEL

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. Et al. **Vorhersage der Ausbreitung von SARS-CoV-2 im brasilianischen Bundesstaat Amapá, Amazonas, durch mathematische Modellierung.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Jahr 05, Ed. 05, Vol. 06, pp. 73-95. Mai 2020. ISSN: 2448-0959, Zugangslink: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/gesundheit/vorhersage-der-ausbreitung>, DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/gesundheit/vorhersage-der-ausbreitung

¹ Mathematiker, Doktorand im Maschinenbau - FEB / UNESP-SP. Professor und Forscher am Mathematikurs der Bundesuniversität Amapá (UNIFAP).

² Mathematiker, Doktorand im Bereich der öffentlichen Gesundheit - FIOCRUZ / RJ. Professor des Mathematikurses an der Bundesuniversität Amapá (UNIFAP).

³ Physiker, Master in Physik (UFF), Doktorand am brasilianischen Zentrum für physikalische Forschung (CBPF).

⁴ Historiker, Doktor der Vergleichenden Geschichte, Professor und Forscher des Geschichtskurses, der Graduiertenprogramme für regionale Entwicklung sowie für den Transfer von geistigem Eigentum und Technologie für Innovationen an der Bundesuniversität Amapá (UNIFAP).

⁵ Briefe, Dozent für Master in Wissenschaften der Bildung (UNIFAL) an der Bundesanstalt Amapá (IFAP).

⁶ Biomedizin, PhD in Tropenkrankheiten, Professor und Forscher des medizinischen Kurses an der Bundesuniversität von Amapá (UNIFAP).

⁷ Biologe, Doktor der Verhaltenstheorie und -forschung, Professor und Forscher am Hochschule für Chemie, Campus Macapá, Bundesinstitut Amapá (IFAP).

⁸ Biologe, Doktor der topischen Krankheiten, Professor und Forscher des Sportlehrgangs an der Bundesuniversität von Pará (UFPA).

⁹ Theologe, PhD in Psychoanalyse, Forscher am Zentrum für Forschung und fortgeschrittene Studien - CEPA.

¹⁰ Mathematik, PhD in Computational Modeling, Professor und Forscher des Mathematikurses an der Bundesuniversität Amapá (UNIFAP).

RC: 80638

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/gesundheit/vorhersage-der-ausbreitung>

ABSTRAKT

Dieser Artikel enthält eine Analyse der Ausbreitung von SARS-CoV-2 in Amapá unter Verwendung von drei Ansätzen. Im ersten Schritt wurde das auf Brasil angewandte ICL-Modell für die Pandemie verwendet, um eine vergleichende lineare Projektion für die Amapá-Bevölkerung zu implementieren. Der zweite Ansatz wurde mit der kurzfristigen Lösung des Standard-SIR-Modells entwickelt, bei der gezeigt wurde, dass das typische exponentielle Verhalten die Daten für die ersten Wochen der Epidemie zufriedenstellend beschreibt, aber bald darauf aufgrund eines plötzlichen Auftretens frühe Diskrepanzen auftreten. Verzögerung in der zeitlichen Entwicklung. Anzahl der Fälle aufgrund von Isolationsmaßnahmen. Dieses neue Regime wird angemessen mit dem dritten Ansatz beschrieben, der auf dem vSIR-Modell basiert, das eine Variante des SIR-Modells ist. Die vorgestellten Ergebnisse ermöglichen einerseits ein besseres Verständnis der Szenarien, mit denen die Bevölkerung bereits konfrontiert ist, und liefern andererseits kurzfristige Projektionen, die über den Link ständig aktualisiert werden[11].

Schlüsselwörter: COVID-19, Pandemie, mathematisches Modell, vSIR, SARS-CoV-2.

EINFÜHRUNG

Coronavirus ist eine Familie von Viren, die Infektionen der Atemwege verursachen. Obwohl seit 1937 registriert, wurde das neue Coronavirus nach in China registrierten Fällen erst am 31. Dezember 2019 entdeckt und als Ursache der verursachten Krankheit namens COVID-19 identifiziert durch das SARS-CoV-2-Coronavirus (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020b).

Nach Angaben der Weltgesundheitsorganisation (OMS) können etwa 80% der Fälle asymptomatisch sein, und die restlichen 20% erfordern häufig eine Krankenhausversorgung, und ein kleiner Teil - etwa 5% - dieser Fälle wird wegen schwerer Atemnot auf Intensivstationen gebracht. (OMS, 2020).

RC: 80638

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/gesundheit/vorhersage-der-ausbreitung>

Diese Tatsache spiegelt sich in dem Zustand der national in Brasilien installierten Gemeinschaftsübertragung wider, wo trotz der geringen Tests des Landes und der ständigen Überprüfung der Todesfälle durch COVID-19 die durchschnittliche Letalitätsrate bei etwa 6% liegt und die Prognose der Fälle eintrifft. Der Monat Mai, wahrscheinlich sechstellig, breitete sich hauptsächlich im Südosten aus. In diesem Sinne ist die Situation in der Region Nord von erheblicher Bedeutung. Ende April gab es ungefähr 12% der nationalen Fälle in absoluten Zahlen, was angesichts der demografischen Verhältnismäßigkeit zwischen den fünf nationalen Makroregionen noch dramatischer wird (BATISTA *et al*, 2020b).

Mitte Mai waren sowohl die Inzidenz als auch die Mortalität pro 100.000 Einwohner im Norden (245,7) doppelt so hoch wie in den am weitesten fortgeschrittenen Regionen in demselben Bild, wie in Tabelle 1 (OMS, 2020a).

Tabelle 1 Zusammenfassung der Fälle, Todesfälle, Inzidenz und Mortalität von Covid-19 Brasilien und Regionen.

	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

Quelle: Gesundheitsministerium (2020).

RC: 80638

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/gesundheit/vorhersage-der-ausbreitung>

Im Fall von Amapá folgten, wie aus Tabelle 2 hervorgeht, im gleichen Zeitraum die dargestellten Zahlen dem Aufwärtstrend, wobei der Durchschnitt dem regionalen Sterblichkeitsdurchschnitt (14,1 des AP x 16,2 im Norden) ähnelte, jedoch alarmierend war Zahlen in Bezug auf die Inzidenz von Fällen (467,3 des AP x 245,7 im Norden). Daher ist es dringend erforderlich, dem sichtbaren Widerspruch zwischen Inzidenz- und Mortalitätsmustern in der Region angesichts der nationalen Realität angesichts der demografischen Dichte der Nordregion und der Anzahl der Fälle pro Kopf besondere Aufmerksamkeit zu widmen 5 Städte im Norden gehörten Ende April zu den 20 Städten mit der höchsten Sterblichkeitsrate (BATISTA *et al.*, 2020b).

Tabelle 2. Synthese von Fällen, Todesfällen, Inzidenz und Mortalität von Covid-19 in der nördlichen Region und in den Staaten.

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

Quelle: Gesundheitsministerium (2020).

RC: 80638

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/gesundheit/vorhersage-der-ausbreitung>

Angehts der Konfiguration der nationalen und regionalen öffentlichen Gesundheitssysteme gibt es mehrere Faktoren, die wiederum in der Regel mit Entwicklungsländern wie Brasilien zusammenhängen, wie z. B. eine geringe Anzahl von Betten mit Atemschutzmasken oder eine intensive Behandlungskapazität sowie technologische Verzögerungen, die die Qualität der Tests beeinflussen, Fehlen von persönlicher Schutzausrüstung (EPI), Mängel in den Sanitärsystemen von Städten, Sättigung der Anzahl der Menschen pro Wohnheim in Wohnungen in Regionen mit extrem hoher demografischer Dichte und brasilianische Unerfahrenheit mit Situationen der Beschränkung und / oder Verkehrsbeschränkung - machen Die epidemiologischen und infektiösen Projektionen über COVID-19 sind noch unsicherer. Solche Unsicherheiten müssen, wenn auch mit der gebotenen Sorgfalt, die makroskopische Modellierung beobachten, die auf die nächstmögliche Projektion 01 abzielt (PIRES; CARVALHO; XAVIER, 2020).

COVID-19 IN AMAPÁ UND DER METROPOLITANISCHEN REGION DES STAATS

Mit der Ankunft des Coronavirus in Amapá am 25. März 2020, dessen Metropolregion laut IBGE eine Bevölkerung von ca. 845.000 Einwohnern umfasst, verteilt auf 16 Gemeinden mit einer Bevölkerungswachstumsrate von 2,02% (IBGE, 2020).

Es ist wichtig, ein möglichst genaues Bild zu haben. In diesem Sinne kann die Beobachtung von Verhaltensmustern der Zirkulation von Menschen, Hygiene und Pflege im Krankenhaus die Verbreitung von COVID-19 in Amapá beeinflussen, auch unter Berücksichtigung der Verhaltensmuster der absoluten Werte Von gemeldeten Fällen (SVS, 2020).

Lassen Sie uns durch eine ungehemmte Ausbreitung des neuen Coronavirus in Amapá an Familien denken, die von der Erwerbsbevölkerung entfremdet und in sozialer Isolation sind und ihren Beruf nicht ausüben können. Unter diesen

RC: 80638

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/gesundheit/vorhersage-der-ausbreitung>

Bedingungen besteht die einzige Lösung darin, auf das Ableben der Krankheit zu warten, was andere Probleme wie Angstzustände, Depressionen, posttraumatischen Stress, Reizbarkeit und andere psychologische Auswirkungen der Quarantäne verursacht. Für ihre Reaktion auf die negativen Auswirkungen litten die Menschen auch unter prädiktiven Fakten wie Angst, Traurigkeit, Schuldgefühlen, Verwirrung, weil sie selbst keine Arbeits- oder Hobbylösung finden konnten. Ein Teil dieser erwähnten psychologischen Kontexte ist in allen Klassen und sozialen Ebenen des Bundesstaates Amapá wahrnehmbar, angefangen bei Angehörigen der Gesundheitsberufe, die arbeiten und immer an der Spitze von Pflegezentren stehen, die jahrelang unzureichend und unzureichend sind und hinter einem alarmierenden politischen System leben der demokratischen Ungleichheit (BROOKS, 2020).

In der Katalogisierung, die auf den verschiedenen Ebenen der städtischen und peripheren sozialen Gruppen im Bundesstaat Amapá existiert, sind eine Stadt wie Macapá und Santana die beiden Gemeinden, in denen die Krankheit am stärksten konzentriert ist. Laut der Superintendence of Health Surveillance SVS basierte diese recherchierte Aussage auf dem Zeitraum vom 14. bis 27. April und zeigte immer die konzentrierenden Eigenschaften von COVID-19 in der Innenstadt von Macapá, wo alles begann. Dies ist Menschen zu verdanken, die reiste ins Ausland des Staates und kehrte zurück. Es wird der Schluss gezogen, dass dann die Auswirkung der Ausweitung der Kontamination von importierten Personen gegeben wird, die wir als Klasse A und B (sozioökonomisches Klassifizierungskriterium) bezeichnen werden. Teilweise im Gegensatz zu den Bestätigungen des unter Druck stehenden Epizentrums von COVID-19 im Zentrum von Macapá gibt es Santana, das seine Konzentrationsstatistik in allen möglichen städtischen und peripheren Gebieten der Intercity-Verschiebung ratifiziert, die aus familiären Gründen erforderlich sind, ob zu Wohnzwecken oder nicht (direkter Kontakt) auch mit den Eindämmungsmaßnahmen, die von sanitären Barrieren angewendet werden. Dieses Panorama wird von der Gruppe der Personen der Klassen C, D, E präsentiert, die von der Abhängigkeit von der Nutzung kollektiver und privater Verkehrsmittel abhängig ist (SVS, 2020).

RC: 80638

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/gesundheit/vorhersage-der-ausbreitung>

In diese oben kommentierte Idee haben wir ein Rahmenmodell für die Beziehungen von Klassen oder sozialen Gruppen der Isolation integriert, gemessen am Einkommen und Wohlbefinden der Amapá-Bevölkerung (IN LOCO, 2020).

Tabelle 3. Vergleich der Beziehung der sozialen Isolation nach sozioökonomischen Gruppen.

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

Das Tabellenszenario ist nur eine kleine Demonstration der sozialen Verhaltensrealität der Amapá-Bevölkerung in Bezug auf den Wert ihrer Verantwortung für die Aufrechterhaltung ihres Wohlergehens ab der Länge des von den staatlichen Regierungsbehörden erlassenen Dekrets. Das Bild, das zu Hause von den von der Pandemie serialisierten Nachrichten geschätzt wird, zeigt 40% der Klassen A und B, die bereit sind, die Isolation zu erfüllen. Ein Teil dieser Erfüllung ist darauf zurückzuführen, dass diese Personen Unternehmen, Jobs und feste Gehälter von Beamten in ihrer Karriere haben. Im Gegensatz zu den anderen verbleibenden sozialen Klassen C, D und E gibt es ein Kriterium für den kombinierten Lohnstandard

RC: 80638

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/gesundheit/vorhersage-der-ausbreitung>

zwischen beitragenden Teilen des festen Einkommens der Familie (finanzielle Abhängigkeit) und formellen und informellen befristeten Arbeitsplätzen für das erwartete Wohlergehen, unabhängig davon ob er ein öffentlicher Karrieredienstleister oder eine akademische Ausbildung ist oder nicht. Dies ist der Grund für die zunehmende Verletzung der sozialen Isolation, die 60% erreicht und in den laufenden Monaten tendenziell noch stärker wächst (IBGE-AMAPÁ, 2020).

Nach der Validierung der fraglichen Tatsachen aus jeder sozialen Klasse, die aus pluralistischen Gründen interveniert, wird Abbildung 1 in einer allgemeinen Erklärung skizziert, die den Verantwortungslosenindex der Bevölkerung in Bezug auf die soziale Isolation im Bundesstaat Amapá Stadt der Hauptstadt Macapá und anderen Gemeinden im Januar zeigt 30. bis 14. Mai 2020 mit der Tendenz zu variieren, zu spalten oder zurückzutreten (IN LOCO, 2020).

Abbildung 1. Index der sozialen Isolation für Amapá vom 30. Januar bis 14. Mai.

Quelle: In Loco (2020).

Statistische Analysen der sozialen Isolation sind immer noch ungewisse Varianten für das, was in der Praxis von der Amapá-Bevölkerung vereinbart wurde. Die Abweichung wird weiterhin von der Grafikperiode bis zum 14. Mai 2020 erwartet, da die Erfüllung des Verbleibs zu Hause und der Abreise nur bei Bedarf oder im Notfall berücksichtigt wird. Maßnahmen von Sanitärkontrollbarrieren werden die Grundlage

RC: 80638

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/gesundheit/vorhersage-der-ausbreitung>

für die Kontrolle des intensiven Personenstroms in der Stadt sein. Und selbst wenn es genügend verdächtige symptomatische Fälle des Virus gibt, die so informiert sind, wird das erwartete unkontrollierbare Ergebnis immer noch überwacht. (SVS, 2020)

ZIELSETZUNG

Diese Forschung zielt darauf ab, die Inzidenz bestätigter Fälle von COVID-19 in Amapá / AP mithilfe statistischer Methoden und mathematischer Modelle zu analysieren, um die Dynamik der Ansteckung des Virus zu verstehen und Informationen zur Förderung einer effektiveren Kampfstrategie gegen Covid-19 bereitzustellen.

Neben anderen Fahrspezifikationen soll das erzwungene Verhalten sozialer Einschränkungen im öffentlichen und häuslichen Umfeld überprüft werden, das als eine der vorrangigen Betreuungsbedingungen für die Verringerung der Proliferation der Ansteckung durch das Coronavirus gilt.

METHODIK

Im Allgemeinen wurden zwei Modellierungsansätze verwendet, um *insights* in die epidemische Entwicklung im Zusammenhang mit Sars-CoV-2 zu erhalten. Einerseits wird versucht, ausgefeilte Modelle zu entwickeln, die mehrere Variablen berücksichtigen, die die epidemische Dynamik beschreiben können. Ein solcher Ansatz wurde beispielsweise in Zhang (2020) mit einem System von 15 Differentialgleichungen verwendet. Andererseits wurde auch eine mathematische Sichtweise angenommen, die sich auf die wichtigsten epidemischen Merkmale des ansteckenden Erfolgsprozesses für die Coronavirus-Epidemiekurve durch primäre oder erweiterte Versionen der SIR-Modelle konzentriert (TODA, 2020; KATUL, 2020; ZHONG, 2020).

RC: 80638

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/gesundheit/vorhersage-der-ausbreitung>

Das von Kermack und McKendrick 1927 vorgeschlagene epidemiologische SIR-Modell (HETHCOTE, 2000) ist eines der klassischen Modelle zur Beschreibung der Entwicklung des Ansteckungsprozesses bei Infektionskrankheiten. Dieses aus Differentialgleichungen zusammengesetzte Modell verwendet die Kompartimentstrategie und unterteilt in Bezug auf die Krankheit die Bevölkerung in Personen, die sich zusammenziehen können, Personen, die übertragen können, und Personen, die sich erholt haben und keiner neuen Kontamination ausgesetzt sind, die als anfällig (*S*), infiziert (*I*) bzw. wiederhergestellt (*R*) bezeichnet wird.

Mathematisch kann ein SIR-Modell unter Verwendung der folgenden Differentialgleichungen dargestellt werden:

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

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

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

01

Wobei β die Krankheitsübertragungsrate ist, γ die Genesungsrate von Individuen ist, sind sowohl positive als auch charakteristische Parameter der analysierten Daten.

Um diese Parameter so zu optimieren und zu schätzen, dass die gemeldeten und simulierten Fälle ungefähr gleich sind, werden Anfangswerte für die Drei-Zustands-Variablen $S(0)$, $I(0)$ und $R(0)$ verwendet.

Der Anfangswert $S(0)$ ist die vom Ausbruch betroffene Bevölkerungsgemeinschaft, während $I(0)$ die Anzahl der bestätigten Fälle ist, die einen beliebigen Wert haben können, jedoch nicht Null. Wir können $R(0)$ auf Null setzen, wenn die Startzeiten für

RC: 80638

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/gesundheit/vorhersage-der-ausbreitung>

Spread und Simulation gleich sind. Die Übertragungsrate nimmt mit der Zeit monoton ab (HARKO, 2014).

Durch Lösen des Systems (1) bestimmen wir die Lösungsfunktion für die anfällige Bevölkerung und erhalten (BATISTA, 2020).

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

Zu den relevanten Parametern, die in epidemiologischen Modellen wie dem SIR verwendet werden, gehört die Grundlinienreproduzierbarkeit, die durch R_0 (bekannt als Reproduktionsrate) bereitgestellt wird, definiert durch $R_0 = \beta/\gamma$. Die R_0 -Rate wird unter anderem von der Anzahl anfälliger Personen in der Bevölkerung beeinflusst, mit denen die betroffenen Patienten in Kontakt stehen, und kann als durchschnittliche Anzahl von Personen beschrieben werden, die von einer einzelnen Person infiziert sind (DELAMATER *et al.*, 2019).

Laut Ghani und Fergunson (2020) variierte der R_0 -Wert für COVID-19 während der Entwicklung der Epidemie zwischen 1 und 7 (genauer 1,1 bis 6,95). Wie von Delamater *et al.* (2019) angegeben, zeigt ein $R_0 < 1$, dass die Anzahl infizierter Personen mit der Zeit abnimmt und die Epidemie zur Ausrottung neigt. Bei Werten von $R_0 > 1$ wird angenommen, dass die Epidemie in der Bevölkerung bestehen bleiben muss für eine lange Zeit.

Unter Berücksichtigung der Grenze, wenn t gegen unendlich tendiert, beträgt die Anzahl der erhaltenen anfälligen Personen:

RC: 80638

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/gesundheit/vorhersage-der-ausbreitung>

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

Wo ist die endgültige Menge zurückgewonnen. In Anbetracht der Tatsache, dass die endgültige Anzahl infizierter Personen Null ist, haben wir:

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

Von (03) bekommen wir

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

Unter der Annahme, dass die verfügbaren Daten eine Zeitreihe der Gesamtzahl der $C = R + I$, Fälle sind, werden die Parameter und Anfangswerte definiert, indem die Differenz zwischen den aktuellen Werten und den berechneten Fallzahlen minimiert wird:

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

wobei $C_t = (C_1, C_2, \dots, C_n)$ die Anzahl der Fälle zum Zeitpunkt $t = 1, 2, \dots, n$ ist und der Vektor den geschätzten Werten zu den gleichen Zeitpunkten wie der gemeldete entspricht Werte. Die fragliche Minimierung wurde durch die Funktion *fminsearch* oder MATLAB nach Batista (2020) erhalten.

Wir betonen, dass bei dem oben genannten Ansatz drei Parameter zu schätzen sind, nämlich $\{\beta, \gamma, N\}$, wobei N die effektive Populationsgröße ist. Wir bezeichnen diese

RC: 80638

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/gesundheit/vorhersage-der-ausbreitung>

Variante mit dem Akronym vSIR, um sie vom Standard-SIR-Modell zu unterscheiden, wobei N die Gesamtgröße der Population ist, die eine a priori definierte Größe ist. Computergestützt wird die numerische Lösung des vSIR-Gleichungssystems mit der MATLAB-Software unter Verwendung der expliziten Runge-Kutta-Methode vierter Ordnung (BATISTA, 2020) implementiert.

Alle Analysen mit dem mathematischen Modell dieser Studie wurden mit Daten aus bestätigten Fällen von Covid-19 für den Bundesstaat Amapá durchgeführt, die vom staatlichen Gesundheitsministerium des Staates und dem brasilianischen Gesundheitsministerium online zur Verfügung gestellt wurden. Bei Sekundärdaten war es aus diesem Grund nicht erforderlich, die Forschung in einer Ethikkommission zu registrieren.

ERGEBNISSE UND DISKUSSIONEN

PROJEKTANALYSE DES IMPERIALMODELLS DER COLLEGE LONDON

Wir präsentieren in diesem Thema einige lokale Projektionen, die nach dem Vorbild des *Imperial College of London* (ICL) erstellt wurden und die als Leitfaden für die öffentliche Notfallpolitik bei der epidemiologisch-infektiösen Kontrolle von COVID-19 für betroffene Länder dienen. Offensichtlich müssen alle Modelle aufmerksam sein in einem unmittelbaren Moment zur transozeanischen Ausdehnung der Pandemie, unter Berücksichtigung der erschwerenden Faktoren, die in jeder Region auftreten.

Daher beschreibt das 'ICL-Modell' die fünf Szenarien wie folgt:

A) Eine uneingeschränkte Epidemie - ein Szenario, in dem keine Maßnahmen ergriffen werden.

RC: 80638

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/gesundheit/vorhersage-der-ausbreitung>

B) Minderung, einschließlich sozialer Distanz auf Bevölkerungsebene - Wir bewerten die maximale Verringerung des endgültigen Ausmaßes der Epidemie, die durch eine einheitliche Verringerung der Kommunikationsrate von Personen erreicht werden kann, mit Ausnahme der vollständigen Unterdrückung.

C) Minderung, einschließlich größerer sozialer Distanz zu älteren Menschen - wie (B), jedoch bei Personen ab 70 Jahren, Reduzierung ihrer sozialen Kontaktraten um 60%.

D und E) Unterdrückung - Wir untersuchen verschiedene epidemiologische Auslöser (Todesfälle pro 100.000 Einwohner) für die Umsetzung einer groß angelegten intensiven sozialen Distanzierung (modelliert als 75% ige Reduzierung der zwischenmenschlichen Kontaktraten) mit dem Ziel, die Übertragung schnell zu unterdrücken und Kurzschlüsse zu minimieren. Begriff Fälle und Todesfälle.

Für diese Szenarien erstellen wir keine endgültigen Größenschätzungen, veranschaulichen jedoch deren Auswirkungen auf repräsentative Konfigurationen. Für Tardia wird erwogen, Massentests durchzuführen, positive Fälle zu isolieren und Personen zu überwachen, die denen nahe kommen, bei denen 1,6 Todesfälle pro 100.000 Einwohner pro Woche diagnostiziert wurden. Für Precoce die gleichen Maßnahmen wie zuvor, jedoch aus 0,2 Todesfällen pro 100.000 Einwohner pro Woche (GHANI; FERGUSON, 2020).

Die von ICL für eine Bevölkerung in Brasilien mit derzeit mehr als 200 Millionen Menschen exponierten Szenarien werden (aufgrund der grundlegenden Prämisse der Minimierung der Auswirkungen auf die Bevölkerung) wie folgt extrapoliert: Szenario A - Keine Minderungsmaßnahmen; Szenario B - Mit sozialer Distanz zur gesamten Bevölkerung. In Szenario A ist die brasilianische Situation rücksichtslos und je nach Szenario liegt der Prozentsatz der Infizierten zwischen 88% und bis zu 5% der Bevölkerung und der Zahl der Todesfälle zwischen 1% und 0,02%. Es gibt auch ein drittes Szenario - C -, das mit sozialer Distanz arbeitet und die Distanz

RC: 80638

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/gesundheit/vorhersage-der-ausbreitung>

zwischen älteren Menschen verstärkt. Schließlich werden die Szenarien D und E, die einer späten bzw. frühen Unterdrückung entsprechen, als katastrophale Szenarien betrachtet, die eine geringere quantitative Zerstörung aufweisen, wie nachstehend zu sehen ist.

Aus Gründen der Wertschätzung haben wir die folgende nationale Projektion nach dem ICL-Modell erstellt.

Tabelle 4. Projektionen für Brasilien nach dem ICL-Modell

	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

Quelle: Produziert von den Autoren mit Forschungsdaten.

Ende März deutete das aktuelle Szenario auf eine Beschleunigung der Anzahl der festgestellten Fälle hin, etwa eine Woche nach den Spannungen um die Entbindung, wie aus der folgenden Projektion hervorgeht. Die Daten des Gesundheitsministeriums, die die staatlichen Gesundheitssekretariate konsolidieren, deuten auf 5.812 Infizierte und 202 Todesfälle am 36. Tag nach dem ersten bestätigten Fall hin. Es dauerte 22 Tage bis zum 500. Fall und von da an bis zum 1000. Fall dauerte es nur 2 Tage, verdoppelte sich in drei Tagen (2000) und erreichte

RC: 80638

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/gesundheit/vorhersage-der-ausbreitung>

das Doppelte des 2000 in 5 Tagen. In den letzten 15 Tagen des März gab es daher eine starke Beschleunigung (PRADO, M. *et al.*, 2020).

Es ist bereits bekannt, dass Brasilien seit Beginn der Pandemie ein Unterberichterstattungsszenario mit einer geschätzten Meldequote in Amapá von rund 11,2% aufweist, wie in einer Studie in der ersten Aprilhälfte (PRADO *et al.*, 2020) ausgeführt wurde). Dieser Faktor ist aufgrund der Planungsprobleme für den "Ausbruch" der Krise zu beobachten - trotz der Tatsache, dass dies seit der letzten Januarwoche vorhergesagt wurde, als die Verbreitung den asiatischen Kontinent zu überwinden begann - und der geringen Anzahl von Tests. Im Gegenzug werden sie hauptsächlich bei symptomatischen Personen angewendet, wobei das enorme Potenzial asymptomatischer Kontaminanten außer Acht gelassen wird. Das heißt, dass sie bereits mit dem Virus infiziert wurden, aber keine Symptome aufweisen, sich für den freien Verkehr wohl fühlen und die Übertragung verbessern. Faktoren wie Spannungen seit Ende März um einen bedeutenden Teil der Bevölkerung, die die Beschränkung bestreiten oder ihre Auswirkungen minimieren, sollten ebenfalls abgewogen werden, was den elastischen und informellen Charakter von Maßnahmen zur Förderung des freien Verkehrs zu einer Belastung macht (PRADO *et al.*, 2020).

Im Fall von Amapá wurde im März die mögliche Eskalation für native Fälle - bereits in der Gemeinschaftsübertragung (AMAPÁ, 2020a) - aufgrund der Rückschläge mit der Genehmigung für lokale Tests (erst im Jahr 03 genehmigt) beobachtet, obwohl dies in diesem aktuellen Verlauf beibehalten wurde / 27 - und mit der Verkürzung der Fortschrittszeit seit dem 26. März. In Bezug auf den Monat März zwischen dem 19. März und dem 24. März haben wir einen Fall für 5 Tage aufgezeichnet, zwischen dem 25. März und dem 26. März sind wir zum zweiten Fall übergegangen; zwischen 3/27 und 3/28 gingen wir zu 3., 3/29, 6 Fällen, 3/30, 8 Fällen und 3/31, 10 Fällen über. Im April stieg die beobachtete Fallrate mit dem Risiko eines Mangels an Umweltkontrolle (AMAPÁ, 2020a)

RC: 80638

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/gesundheit/vorhersage-der-ausbreitung>

Berücksichtigt man auch, dass die jüngsten IBGE-Projektionen eine Bevölkerung von 845.000 Menschen betreffen, die für Amapá geschätzt wird (IBGE, 2020), wenn die ICL-Modellierung für den Staat projiziert wird, linear im Vergleich zum nationalen Szenario - das an sich bereits ein weiteres darstellt Faktor für die Verzerrung - wir hätten das folgende Vorhersage-Szenario, das stark extrapoliert wurde, um über den gesamten ersten epidemiologischen Ausbreitungszyklus von COVID-19 unten akkumuliert zu werden:

Tabelle 5. Vergleichende lineare Projektion des ICL-Modells p. COVID-19 beantragte in Brasilien Amapá.

	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

Quelle: Produziert von den Autoren mit Forschungsdaten.

Aufgrund des Dekrets der Regierung des Staates Amapá (GEA) Nr. 1414/2020, das eine weitgehende Reduzierung der wirtschaftlichen, sozialen und kulturellen Aktivitäten und die weitgehende Annahme von Maßnahmen zugunsten der Dekonzentration von Menschen förderte, wurde Szenario A durchgeführt wird

RC: 80638

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/gesundheit/vorhersage-der-ausbreitung>

unmittelbar in der Extrapolation verworfen, solange die Isolierung erhalten bleibt. Das grundlegende Anliegen wird in zwingender Weise die Aufrechterhaltung der Isolation mit Maßnahmen zur intelligenten Eindämmung von Strömen, um diesbezüglich soziale Disziplinlosigkeit zu vermeiden und die Muster von Szenario B und C so weit wie möglich zu mildern, um dem realistischen Szenario näher zu kommen D, der späten Unterdrückung - die in absoluten Zahlen die schiffbare Krise in Amapá aufgrund ihrer demografischen Dichte und ihres Bevölkerungskontingents auslösen würde. Der Grund für Optimismus ist das schnelle Handeln der Stadthäuser und vor allem der Landesregierung; Die technischen Meldebedingungen sowie die quantitativen und qualitativen Einrichtungen und Betten für Krankenhausaufenthalte oder Intensivbehandlungen lassen jedoch auf einen Notfall schließen, wenn sich eine Zunahme der Fälle schließlich bestätigt. Aus diesem Grund erwies sich die Eindämmung der Community-Übertragung als die beste Wahl. Die Prognosen, die in der Projektion eines gemeinsamen Teams der Stiftung Getúlio Vargas und der Stiftung Oswaldo Cruz (FGV / Fiocruz) vorgestellt wurden, deuten konvergierend auf die positiven Auswirkungen der kombinierten sozialen und Transferbeschränkungen in Bezug auf eine nächste nationale Welle hin, die sich über die gesamte erste Welle angesammelt hat Zeitraum. Epidemiologischer Vermehrungszyklus von COVID-19 (ZORZETTO, 2020).

Es ist wichtig, die Besorgnis über die offensichtlichen Anpassungen der ICL-Modellierung in Bezug auf die soziokulturellen und sozioökonomischen Merkmale unseres Landes zu bekräftigen. Gleichzeitig sind die Daten aus den ICL-Modellierungsszenarien extrapolierte Zahlen und können in diesem Sinne eine Übertreibung darstellen. In diesem Sinne wird auf präventive Weise die Neigung für die nächsten Tage der Vermehrung nationaler Fälle und die noch bestehende Implantation des lokalen Testsystems sowie das bevorstehende Eintreffen von Schnelltestprüfungen überprüft - die wahrscheinlich unzureichend sind und werden Konzentrieren Sie sich auf die symptomatische Population, die die Verbesserung einer Projektion aufgrund der unmittelbaren Inkubationszeit bis zur Ansteckung

RC: 80638

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/gesundheit/vorhersage-der-ausbreitung>

verzögert und daher die tatsächliche Wahrnehmung des epidemiologischen Bildes trübt - es wird als wahrscheinlich angesehen, dass der Übergang von Szenario D zu C möglich ist. Wenn dieser Übergang bestätigt wird, sind Aussichten auf eine Verbriefung der Stadt durch Verkehrszonen von Personen und Gütern unvermeidlich (Wuhan-Beschränkungsmodell, verstärkt durch Beschränkung auf den intrazonalen Verkehr), um die gewünschte Beschränkung von 60% bis 75% zu erreichen, wobei die Fallkartierung durch zu beachten ist Die Region würde positiv dazu beitragen, die Übertragung durch die Gemeinschaft genauer einzudämmen und sowohl kontaminierte als auch ältere Menschen zu beobachten. Entscheidend sind in diesem Zusammenhang der Fortschritt und die Massivierung von Tests, die soziale Distanz, die Priorisierung des Aufenthaltsortes älterer und komorbider Patienten sowie die Isolierung der diagnostizierten Patienten (ZORZETTO, 2020).

VSIR-MODELLIERUNG ZUR BEWERTUNG DER KURVE AKKUMULIERTER COVID-19-FÄLLE IN AMAPÁ

Die Zeitreihe mit bestätigten Fällen von Covid-19 für den Bundesstaat Amapá gehört zur Sektion vom 25. März bis 12. Mai. In diesem Zeitraum präsentierte der genannte Staat die folgende Entwicklung von Personen, die positiv, Mortalität und Genesung getestet wurden:

RC: 80638

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/gesundheit/vorhersage-der-ausbreitung>

2 Bestätigte. Fälle von Covid-19 (A). Entwicklung der Sterblichkeit (B).
Wiederhergestellte Fälle (C).

Wie in Abbildung 2 in (A) gezeigt, hat Amapá 50 Tage gebraucht, um einen Fall für 2910 (25/03 Bis 12/05). Zu hinterlassen. Zum Abschluss der Studie hatte der Staat mit rund 355,3 pro 100.000 Einwohner eine der höchsten relativen Fallraten, was die Aufmerksamkeit des gesamten Landes auf sich zog, da es sich um einen Staat mit weniger als 1 Million Einwohnern handelt.

Basierend auf diesem Szenario können wir zu Beginn der epidemischen zeitlichen Entwicklung für Amapá $S \cong N$ annehmen. Somit lautet die Gleichung für dl/dt im System (1):

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

Wobei $R_0 = \beta/\gamma$. Nach einer direkten Integration erhalten wir

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

RC: 80638

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/gesundheit/vorhersage-der-ausbreitung>

Um eine erste Schätzung von R_0 zu erhalten, wenden wir eine Linearisierung der obigen Gleichung an. Auf diese Weise erhalten wir $\log(I(t)) = mt + \log(I_0)$, wobei wir die Steigung $m = \gamma(R_0 - 1)$ haben. Die Anpassung an die statistischen Werkzeuge der Programmiersprache R ergibt $m = 0.21547 \pm 0.01163$. Basierend auf der Literatur (TODA, 2020; LI, 2020; READ, 2020) nehmen wir γ im Bereich $[0.1, 0.6]$ an. Damit haben wir eine vorläufige Schätzung von R_0 zwischen $[1.340, 3.271]$, was ein vergleichbarer Bereich mit Werten ist, die in den Übersichtstabellen der Übersichtsartikel zu R_0 (LIU, 2020; ALIMOHAMADI, 2020) angegeben sind.

In Bezug auf die exponentielle Wachstumsphase von Covid-19-Fällen besteht in Abbildung 3 eine zufriedenstellende Übereinstimmung zwischen den beobachteten Daten und der theoretischen Prognose (rote Kurve) bis zum 14. April. Unmittelbar danach kommt es jedoch zu einer frühen Diskrepanz des vorläufigen *fit* mit den Daten, was Fragen nach dem Grund für ein solches Verhalten aufwirft. Eine mögliche Rechtfertigung für diese Änderung des Trends ergibt sich aus der Annahme, dass der Zeitraum mit dem Beginn der öffentlichen Politik zusammenfällt, um eine Ansteckung zu vermeiden. Darunter befindet sich das Dekret Nr. 1497 der Regierung des Bundesstaates Amapá vom 3. April 2020, mit dem die soziale Isolation und die Einstellung von Diensten, die als physische Agglomeration angesehen werden, sofort festgelegt werden. Somit wird beobachtet, dass die Isolierungsmaßnahmen nach der Verzögerung von 16 Tagen im Zusammenhang mit der Inkubationszeit einen Einfluss auf die Anzahl der Fälle haben.

RC: 80638

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/gesundheit/vorhersage-der-ausbreitung>

Abbildung 3. Anfängliches exponentielles Wachstum.

Während in Abbildung 3 eine Kurzzeitanalyse mit Exponentialanpassung (3/25 bis 4/14) dargestellt ist, werden in späteren Analysen die bestätigten Daten der Epidemie mit dem mathematischen Standardmodell SIR und der von Batista (2020) verwendeten Variante verglichen (welche wir nennen vSIR der Kürze halber).

RC: 80638

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/gesundheit/vorhersage-der-ausbreitung>

Abbildung 4. VSIR-Simulation und Konfidenzintervall.

Die in Abbildung 03 gezeigte Simulation des vSIR-Modells vom 25.03. Bis 12.05.2020 zeigt das Konfidenzintervall (IC), das die unteren und oberen Grenzen der simulierten Werte definiert, um eine 95% ige Wahrscheinlichkeit für die Einbeziehung des realen Werts von zu erhalten prädiktive Fälle. Es gibt zwei Ausreißerpunkte, die am 1. Mai 2020 und am 2. Mai 2020, Freitag bzw. Samstag auftreten. Diese Daten, die den Nationalfeiertag des Arbeitstages betreffen und deren Anzahl infizierter Personen nicht den Erwartungen entspricht, werfen Fragen hinsichtlich der Verfahrensmethode zum Sammeln von Informationen auf, die später anhand einer Analyse der Daten in loco untersucht werden. Es ist auch bemerkenswert, dass das Modell auf der Grundlage der tatsächlichen Daten infizierter Personen seit Beginn der Pandemie im Staat kalibriert wurde.

RC: 80638

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/gesundheit/vorhersage-der-ausbreitung>

Abbildung 5. Vorhersagekurve der Fälle bis zum 31.05.2020

Es ist möglich, in 5 die Vorhersagekurve von Covid-19-Fällen im Zustand bis zum Tag 31.05 zu beobachten. Es scheint, dass das Modell bis zum Tag 17.05 (Sonntag) schätzt, dass der Staat die Anzahl der infizierten Fälle in der Nähe von 4 Tausend (3651-4036) haben wird. In der folgenden Woche am Tag 24.05 wird diese Zahl nahe an der Zahl liegen 5.000 Fälle (4700-5196) und schließlich bis Ende Mai, am 31. Mai, drehen sich diese Werte um 5.500 Fälle (5469-6044). Das ist fast doppelt so viel wie am 12.05. Der grüne Bereich von 12.05 bis 24.05 repräsentiert Daten, an denen das Modell die Vorhersage am effektivsten macht (Abschlussdaten), während der rote Bereich Daten darstellt, an denen das Modell bei der Vorhersage fehlschlagen kann (BATISTA, 2020).

Die geschätzten Parameter für die Amapá-Daten unter Verwendung der von Batista (2020) entwickelten *fminsearch* Programmierung von MATLAB waren wie folgt:

RC: 80638

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/gesundheit/vorhersage-der-ausbreitung>

Tabela 6. Geschätzte Parameter im Vsir-Modell.

R_0	β	γ
2.11	0.216	0.102

Der geschätzte Wert der Grundreproduktionsrate R_0 entspricht den Werten, die in der auf systematische Überprüfung und Metadaten spezialisierten Literatur wie in Liu (2020) und AliMohamadi (2020) angegeben sind. In der Grafik in Abbildung 04 wird auch ein Wert = 7166 beobachtet, der eine Projektion für die Anzahl der Fälle für die Tage nach den verfügbaren Daten darstellt. Trotz des Namens bezieht es sich nicht auf die erwartete endgültige Zahl, wenn sich die verfügbaren Daten noch im Anfangs- und Zwischenstadium der epidemischen Entwicklung befinden, ebenso wie die aktuelle Situation der Daten im AP. Wie wir unten sehen werden, liefert das vSIR-Modell Prognosen für 5-10 Tage in Übereinstimmung mit den beobachteten Daten.

In Tabelle 7 ist es möglich, die vorhergesagten Werte von Fällen mit einem 95% CI zu beobachten. Es ist erwähnenswert, dass diese Werte gültig sind, wenn sich die öffentliche Politik oder die wesentlichen individuellen Einstellungen zu härteren Maßnahmen in Bezug auf die Isolation nicht ändern.

RC: 80638

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/gesundheit/vorhersage-der-ausbreitung>

Tabelle 7. Vorhersage der Anzahl der Infizierten pro Tag.

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

Quelle: Produziert von den Autoren mit Forschungsdaten.

In Anbetracht der Prognosetabelle der akkumulierten Fälle von Covid-19 in Amapá am 31. Mai 2020 prognostiziert das Modell, dass der Staat möglicherweise zwischen

RC: 80638

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/gesundheit/vorhersage-der-ausbreitung>

5469 und 6044 akkumulierte Fälle hat. Unter Berücksichtigung des aktuellen p Anteils der Letalität, der für diese föderative Einheit berechnet wurde, betrug ihr Wert am 12. (letzter Tag der tatsächlich gesammelten Daten) $p = 2,95\%$. Wenn wir dieses Niveau beibehalten, können am 31. Mai zwischen 161 und 178 Todesfälle aufgrund der Krankheit auftreten.

In Bezug auf die Grundzahl der Reproduktion von R_0 erstellte das vSIR-Modell auch eine Zeitreihe für die tägliche Überwachung der Entwicklung der täglichen R_0 Überwachung. Ziel ist es, das detaillierte Ausmaß der Entwicklung der Krankheit zu kennen und ein Indikator für die nicht-pharmazeutische Öffentlichkeit zu sein Richtlinien zur Minderung der Krankheit. COVID-19.

Abbildung 6. Tägliche Entwicklung von R_0

Die tägliche Entwicklung von R_0 zeigt, dass die niedrigsten Werte zwischen dem 26. April ($R_{0\ 26/04} = 1.12$) und dem 3. Mai ($R_{0\ 03/05} = 1.1$) auftraten. Dieser Zeitraum mit niedrigem R_0 könnte darauf hindeuten, dass das Regierungsdekret vom 3. April hat dazu beigetragen, die Grundreproduktionsrate zu senken, aber nicht genug, um sie auf weniger als 1 zu senken, was ideal für die Bekämpfung der Epidemie ist. Ab dem 3. Mai stieg R_0 wieder an und lag bei 12/5 auf dem Niveau von 2,11. Dieser Anstieg

RC: 80638

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/gesundheit/vorhersage-der-ausbreitung>

kann auf eine Lockerung der Quarantäne durch die Bevölkerung hinweisen, deren Beziehung zu R_0 umgekehrt ist, wodurch die Quarantäne verringert wird, R_0 erhöht wird und umgekehrt. umgekehrt, wie in Dandekar und Barbastathis (2010) berichtet.

STUDIENBESCHRÄNKUNGEN

Während im SIR-Modell nur zwei Parameter zu schätzen sind (nämlich die Übertragungsrate β und die Erholung γ), haben wir im vSIR-Modell die Möglichkeit, einen zusätzlichen Parameter zu schätzen, der die effektive Größe der Population N darstellt. Mit diesen drei Parameter $\{\beta, \gamma, N\}$ konnten wir die Zeitreihen für die Anzahl der bestätigten Fälle im Bundesstaat Amapá zufriedenstellend beschreiben.

Unsere Modellierung kann auch in zukünftigen Arbeiten unter Berücksichtigung der folgenden Einschränkungen verbessert werden:

- Es gibt eine Einschränkung der linearen und allgemeinen Anwendung des ICL-Modells einerseits, und andererseits müssen mögliche Ungenauigkeiten aufgrund der Interdependenz und Komplexität der spezifischen Bedingungen der menschlichen Entwicklung in Brasilien beobachtet werden - wie bereits erwähnt Als demografische Konzentration in Dutzenden von Städten akzentuiert, prekäre Bedingungen für die sanitäre Grundversorgung in benachteiligten Gemeinden, Wohnungen mit Bewohnern pro Zimmer über den Empfehlungen der Weltgesundheitsorganisation (OMS), historisches Fehlen anderer Erfahrungen mit sanitären Notfällen mit Maßnahmen dieser Größe und dieses Standards . Mit anderen Worten, Brasilien hat einen bestimmten Anteil und demografische Bedingungen, was die Ungenauigkeit allgemeiner Modelle erhöht.
- Die Unterberichterstattung über Fälle von Covid-19 ist ein Faktor, über den weltweit wiederholt berichtet wurde, was im brasilianischen Fall aufgrund der geringeren Anzahl von Tests die Inzidenz dieses Faktors kritisch macht. Beispielsweise wurden kürzlich ~ 86% (95% -Konfidenzintervall: 82-90%) der

RC: 80638

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/gesundheit/vorhersage-der-ausbreitung>

Unterberichterstattung in den frühen Stadien der epidemischen Entwicklung geschätzt, als noch keine Reisebeschränkungen auferlegt wurden (LI, 2020). Für Amapá gibt es Schätzungen, die laut einem am 11. April veröffentlichten technischen Hinweis (BATISTA *et al.*, 2020b) eine Unterberichterstattungsrate von ~ 11,2% prognostizieren.

- Das vSIR-Modell berücksichtigt nicht die Anzahl der asymptomatischen Fälle. Beispielsweise wurde im Übersichtsartikel von (BUIRAGO-GARCIA, 2020) eine Obergrenze für den Anteil asymptomatischer SARS-CoV-2-Infektionen von ~ 29% (95% -Konfidenzintervall: 23-37%) geschätzt. Eine Strategie, um eine Schätzung des Anteils asymptomatischer Fälle in Amapá zu erhalten, besteht darin, in die Untersuchung eines massiven Teils der Bevölkerung zu investieren.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Im ersten Ansatz wurde eine lineare Vergleichsprojektion des ICL-Modells für COVID-19 entwickelt, die für Amapá auf Brasilien angewendet wurde. Die Schlussfolgerungen weisen auf die Dringlichkeit möglichst frühzeitiger Maßnahmen zur sozialen Isolation hin, da eine massive Ansteckung vermieden und beschleunigt werden muss die Lokalität. Wir haben auch versucht, die allgemeinen Bedingungen des Pandemiekontexts zu beobachten. Es gibt eine Ungenauigkeit in Bezug auf die effektive Übertragungs- und Infektionsgeschwindigkeit, obwohl sie Monate nach Beginn einer deklarierten Pandemie von einem gewissen Maß an Messung umgeben ist, impliziert dies direkt die Einhaltung der jeweiligen lokalen Standards.

Der zweite Ansatz wurde durch die kurzfristige Lösung der SIR-Modellgleichungen vermittelt. Diese Lösung lieferte das typische exponentielle Wachstum, das mit den bis zum 14. April beobachteten Daten übereinstimmte, und ermöglichte es, eine vorläufige Schätzung von R_0 zwischen [1.340, 3.271] zu erhalten. In den folgenden Tagen wird aufgrund der getroffenen Isolierungsmaßnahmen eine abrupte und frühe Diskrepanz des exponentiellen *fit* festgestellt.

RC: 80638

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/gesundheit/vorhersage-der-ausbreitung>

Beim dritten Ansatz wurde das vSIR-Modell auf die tatsächlich infizierten Daten angewendet. Es wurde bestätigt, dass die Grundreproduktionsrate R_0 für Amapá ~ 2,11 beträgt, was zeigt, dass sich die Epidemie in diesem Zustand in vollem Umfang ausdehnt. Diese Tatsache wird durch die Information der sozialen Isolation, die zeigt, dass der Staat im Licht der ersten ist, noch verstärkt. Das Quarantäne-Dekret erreichte am 5. April 56% der isolierten Bürger, am 12. April sank diese Zahl jedoch auf 43%.

Um das Kontrollniveau der Epidemie zu verringern ($R_0 < 1$), ist es notwendig, dass die Übertragungsrate β , die jetzt bei ~ 0,216 liegt, eine Verringerung von mehr als 53% erfährt, um zu haben R_0 unter Kontrolle, was nur mit rigorosen Maßnahmen möglich ist, um die Streuung der Bevölkerung zu kontrollieren, um die Kontakte zwischen Individuen zu verringern und so die Interaktion zwischen anfälligen und infektiösen Individuen zu verlangsamen.

VIELEN DANK

Die Autoren danken Milan Batista da University of Ljubljana besonders für seine hilfreichen Beiträge zur Verwendung des Open-Source-Codes für Matlab und für die Unterstützung von CAPES und CNPQ bei der Entwicklung dieser Arbeit durch die Vergabe eines Promotionsstipendiums und Unterstützung für die Forschung.

VERWEISE

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.jpmpm.org/upload/pdf/jpmpm-20-076.pdf>> Acesso em: 01/05/2020

RC: 80638

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/gesundheit/vorhersage-der-ausbreitung>

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:
<<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 (R0). *Emerg Infect Dis* 2019;25:1-4 PMC6302597

RC: 80638

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/gesundheit/vorhersage-der-ausbreitung>

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

IN LOCO. *Mapa de Dados*. 2020. [internet]. Disponível em: <<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-

RC: 80638

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/gesundheit/vorhersage-der-ausbreitung>

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.

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*.

RC: 80638

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/gesundheit/vorhersage-der-ausbreitung>

<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

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

RC: 80638

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/gesundheit/vorhersage-der-ausbreitung>

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

ANHANG - FUßNOTE

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

Eingereicht: Mai, 2020.

Genehmigt: Mai, 2020.

RC: 80638

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/gesundheit/vorhersage-der-ausbreitung>