



Filipe Carlos Xavier de Oliveira

**Mpox -
Uso de visualização geométrica para análise de risco**

Recife

Março de 2024

Filipe Carlos Xavier de Oliveira

Mpox - Uso de visualização geométrica para análise de risco

Artigo apresentado ao Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação.

Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE
Departamento de Estatística e Informática
Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação

Orientador: Silvana Bocanegra

Co-orientador: Jones Albuquerque

Recife
Março de 2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

O48m Oliveira, Filipe Carlos Xavier de
Mpox - uso de visualização geométrica para análise de risco / Filipe Carlos Xavier de Oliveira. - 2024.
14 f. : il.

Orientadora: Silvana Bocanegra.
Coorientador: Jones Albuquerque.
Inclui referências.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Bacharelado em Sistemas da Informação, Recife, 2024.

1. mpox. 2. varíola dos macacos. 3. análise de risco. 4. gráfico. I. Bocanegra, Silvana, orient. II.
Albuquerque, Jones, coorient. III. Título

CDD 004

[IRRD - Mpox] - Uso de visualização geométrica para análise de risco

[Filipe Carlos Xavier de Oliveira]¹, [Silvana Bocanegra]²

¹Departamento de Estatística e Informática – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n, - CEP: 52171-900 – Recife – PE – Brasil

[coordenacao.bsi@ufrpe.br, filipe.carlos@ufrpe.br]

Resumo. *Este trabalho tem como objetivo analisar os níveis de risco da varíola dos macacos nos países pertencentes aos continentes da Europa, América do Norte e América do Sul que se encontram com um número maior de casos. Para isso, será utilizada uma abordagem baseada em uma metodologia empírica que apresentou bons resultados para avaliar o risco da covid-19, através de diagramas. Informações visuais frequentes sobre o estado da doença maximizam os efeitos da prevenção, controle e decisões dos órgãos responsáveis, pois a análise de risco pode ser feita antecipadamente. Os resultados obtidos com a abordagem proposta representam que: Os países selecionados no estudo apresentaram níveis altos de risco nos meses de julho e setembro de 2022, e em julho de 2023 apresentaram níveis de risco baixo.*

Abstract. *The point of this paper is to analyze the risk levels of monkeypox in countries belonging to the continents of Europe, North America and South America, which have a greater number of cases. To this, an approach based on an empirical methodology that shown good results will be used to assess the risk of Covid-19, through diagrams. Frequent visual information on the state of the disease maximizes the effects of prevention, control and decisions by responsible agencies, as risk analysis can be done in advance. The results obtained with the proposed approach represent that: The countries selected in the study presented high risk levels in the months of July and September 2022, and in July 2023 they presented low risk levels.*

1. Introdução

A Varíola dos macacos é uma doença causada pelo vírus de nome mpox, sendo uma zoonose e pertencente à mesma família da varíola. Zoonose é definida como uma doença ou infecção transmitida entre animais vertebrados e seres humanos, sendo divididas em dois subgrupos: antropozoonose e zooantroponose, onde a principal diferença é de quem parte a doença, na primeira é dos animais para os seres humanos, na segunda é dos seres humanos para os animais. Outros exemplos de zoonose são a raiva e a leptospirose [Rede Dor São Luiz 2022].

A descoberta do mpox ocorreu em uma observação de macacos dentro de um laboratório dinamarquês no ano de 1958, dando origem ao nome da doença. A primeira identificação de transmissão em humanos foi no ano de 1970 em uma criança da República Democrática do Congo na África, em seguida se espalhou ao longo de parte do território africano. Para esse vírus existem duas linhagens sendo uma na África Ocidental

e outra na África Central, Bacia do Congo. A África Ocidental é menos grave se comparada a da África Central, e isso é refletido na taxa de mortalidade onde de acordo com a OMS na primeira é de 3,6% e na da Bacia do Congo chega a 10,6%, segundo o Instituto Buntantan [Portal do Butantan 2022].

Em 2003 houve o primeiro surto de casos fora do continente africano, nos Estados Unidos. Em 2022, com o aumento de casos em diversos países, a OMS declara Mpox como emergência de saúde pública internacional [OPAS 2022].

A identificação da mpox se dá pelos seguintes sintomas: febre, dor de cabeça, dores no corpo, dor nas costas, cansaço, erupções cutâneas (feridas na pele) e gânglios inchados. O tempo de duração para esses sintomas variam entre 2 a 4 semanas e o período de incubação, intervalo entre a infecção e o início dos sintomas, é normalmente estimado entre 5 a 13 dias, [Nolen et al. 2016].

O IRRD, Instituto para Redução de Riscos e Desastres de Pernambuco, se trata de uma iniciativa federal que reuniu o GEOSERE-UFRPE e o LIKA-UFPE para auxiliar na redução de riscos e desastres de diversos problemas enfrentados pela sociedade, como epidemias, desastres naturais, entre outros. Uma das técnicas utilizadas para avaliar risco é baseada na metodologia de diagrama de risco, desenvolvida pelo grupo de Biologia Computacional e Sistemas Complexos - BIOCUMSC da Universidade Politécnica da Catalunya [Català et al. 2021]. Esta técnica foi desenvolvida para avaliar o risco de covid-19. A importância desse tipo de estudo consiste em prover cenários de risco para que organizações governamentais responsáveis possam se antecipar no combate de epidemias ou desastres.

Para estimar o risco da pandemia da covid, foi proposta uma metodologia baseada em três índices empíricos. Estes índices são usados para quantificar a propagação da doença e o número de casos estimados, permitindo assim determinar o risco. Os diagramas de risco foram propostos como uma ferramenta para visualizar a evolução de um país e então avaliar o risco como uma função do número de indivíduos contagiosos e o número de reprodução empírica.

O principal objetivo deste trabalho é produzir diagramas para gerar uma análise de risco sobre a situação que se encontram Estados Unidos da América, Brasil e França, para a doença mpox utilizando o modelo da análise feita para covid-19, e os dados sobre mpox da Our World in Data¹, no período de maio de 2022 a julho de 2023.

¹Our World in Data. Disponível em: <https://ourworldindata.org/>. Acessado em 12/04/2023

2. Trabalhos Relacionados

Em [Paiva Neto et al. 2022], a metodologia dos diagramas de risco foi estendida para avaliar risco de desertificação, processo de degradação do solo e perda de seus nutrientes como consequência de atividades humanas e mudanças climáticas, em regiões de clima árido e semiárido. As regiões escolhidas para o trabalho foram Chorrochó - Bahia, Gilbués - Piauí, Cabrobó e região, e São Lourenço da Mata. Os resultados obtidos foram que Chorrochó, Gilbues e Cabrobó apresentam alto nível de risco de desertificação, o que confirma a informação dessas três regiões fazerem parte do núcleo de desertificação, enquanto que São Lourenço da Mata apresentou um nível de risco baixo.

No trabalho desenvolvido em [Gomes et al. 2022] a mesma metodologia foi utilizada para fornecer um diagrama de risco para a ocorrência de enchentes e alagamentos na cidade de Recife - Pernambuco. Os bairros escolhidos foram Areias, Ibura, Pina, Porto do Recife, Santo Amaro e Várzea. O estudo se baseou no índice acumulado de precipitação de chuvas juntamente com a influência da altura das marés. Os resultados foram que regiões mais próximas ao oceano registraram níveis mais altos de risco, sendo elas Porto e Pina, enquanto regiões mais distantes como Areias e Ibura apresentaram níveis menores.

O trabalho realizado em [Peter et al. 2022a] apresenta um modelo matemático compartimental determinístico criado para avaliar a dinâmica de transmissão do monkeypox em populações de humanos e roedores. A análise demonstrou que a taxa de contato de humano para humano é o parâmetro mais sensível na transmissão da doença, apesar de também poder ser transmitida via roedores, portanto para o controle da doença isolar a população humana infectada já desempenha um papel significativo.

Outro estudo feito por [Peter et al. 2022b] propôs uma abordagem diferente com um modelo matemático determinístico usando equações diferenciais clássicas e ordem fracionária. Esse modelo inclui todas as possíveis interações que resultam na propagação da doença e tem a finalidade de investigar a dinâmica de transmissão do vírus monkeypox, com os dados fornecidos pela NCDC (Nigeria Centre for Disease Control and Prevention) da Nigéria. As variáveis utilizadas para a construção do modelo se dividem em dois tipos de transmissores: os humanos e os roedores. As relacionadas aos humanos são o número de humanos suscetíveis, número de humanos expostos, número de humanos infecciosos, número de humanos clinicamente doentes e número de humanos recuperados. As dos roedores se dividem em número de roedores suscetíveis, número de roedores expostos e número de roedores infectados. Os resultados demonstraram que o modelo proposto pode ser utilizado para previsões confiáveis da doença na Nigéria.

3. Materiais e Métodos

Nesta seção será descrito como foi a condução do estudo, as ferramentas utilizadas, os materiais, as técnicas utilizadas, e como os dados foram coletados, estruturados e analisados.

3.1. Dados

A Coleta dos dados é uma parte importante do processo onde são reunidas informações que nos permitem alcançar os objetivos do estudo por meio da análise das informações obtidas. Os dados foram obtidos na plataforma Our World in Data¹, no período de maio de 2022 a julho de 2023. Esta plataforma tem como objetivo de trazer acessibilidade e melhor compreensão acerca dos maiores problemas do mundo.

Para obter os dados foi desenvolvido um código² em python, por meio da biblioteca *requests* que retorna o conteúdo a partir de um link da web. Na estruturação e limpeza dos dados foi utilizada a biblioteca *pandas* do python. *Pandas* é uma biblioteca de software criada para manipulação e análise de dados, que permite a importação de arquivos com diferentes formatos como csv e excel, além de poder utilizar de comandos SQL(Linguagem de Consulta Estruturada) nas suas estruturas para armazenamento de dados conhecidas como DataFrames e Series. Os dados estão organizados em um arquivo csv disponibilizado pela Our World in Data via link, com as seguintes colunas:

- location(Nome do continente ou país)
- iso_code(Código internacional que identifica os países e suas subdivisões)
- total_cases(Total de casos)
- total_deaths(Total de mortes)
- new_cases(Indicação diária de casos)
- new_deaths(Indicação diária de mortes)
- new_cases_smoothed(Indicação diária suavizada de casos)
- new_deaths_smoothed(Indicação diária suavizada de mortes)
- new_cases_per_million (Novos casos por um milhão de habitantes)
- total_cases_per_million(Total de casos por um milhão de habitantes)
- new_cases_smoothed_per_million(Novos casos suavizados por um milhão de habitantes)
- new_deaths_per_million(Novas mortes por um milhão de habitantes)
- total_deaths_per_million(Total de mortes por um milhão de habitantes)
- new_deaths_smoothed_per_million(Novas mortes suavizadas por um milhão de habitantes)

Na filtragem de quais informações seriam necessárias para o estudo sobraram as seguintes colunas para o trabalho: date, iso_code, new_cases e total_cases. O período decidido para o estudo, se inicia dia 1 de maio de 2022 até 18 de julho de 2023. E para o modelo funcionar também foi utilizado um arquivo no formato CSV indicando a população de cada país utilizado no estudo.

¹Our World in Data. Disponível em: <https://ourworldindata.org/>. Acessado em 12/04/2023

²riskdiagrams-monkeypox. Disponível em: https://github.com/fcxoliveira/riskdiagrams_monkeypox

3.2. Modelagem

Para estudar a propagação, evolução e formas de prevenção de doenças, classicamente se utiliza o número reprodutivo efetivo (R_t) para a medição da velocidade de propagação de um surto epidêmico. O R_t mede o número médio de novas infecções por um indivíduo infeccioso. Sendo R_0 o valor de R_t antes do surgimento da epidemia, onde $t = t_0$. Para este cálculo normalmente são utilizados os modelos SIR e SEIR, mas para a epidemia da covid-19, que foi tomada como estudo base para este trabalho, é difícil de utilizar os modelos citados devido ao número alto de incógnitas, para isso é necessário outro método que calcule R_t , sendo proposta uma definição empírica, denotada P_t [Català et al. 2021].

3.3. Velocidade de propagação da enfermidade (p_7)

Para o cálculo da variável da taxa de propagação (p_t) foi proposta uma medida empírica definida pela média de novos infectados nos últimos três dias dividido pela média de infectados dos últimos 3 dias, k dias atrás [Català et al. 2021]:

$$p_t(t-1, k) = \frac{N(t) + N(t-1) + N(t-2)}{N(t-k) + N(t-1-k) + N(t-2-k)},$$

sendo $N(t)$ o número de novos casos no tempo t , e k o período de incubação da varíola dos macacos. Neste estudo foi utilizado o valor de nove dias, pelo fato de ser a média entre o período de incubação de 5 a 13 dias indicado em [Nolen et al. 2016].

Substituindo k pelo seu valor de dias tem-se:

$$p_t = \frac{N(t) + N(t-1) + N(t-2)}{N(t-9) + N(t-10) + N(t-11)}.$$

Assim como para o covid, foi utilizada uma média de 7 dias para minimizar a variância dos dados e evitar o efeito do fim de semana. Assim:

$$p_7 = \frac{p(t-3) + p(t-2) + p(t-1) + p(t) + p(t+1) + p(t+2) + p(t+3)}{7}.$$

3.4. Número de Pessoas infecciosas (A_{21})

Com o cálculo da variável p_7 temos um índice que mede o número de pessoas que se infectam por uma pessoa infecciosa, então se multiplicarmos esse índice pela quantidade de pessoas infecciosas teríamos a quantidade possível de novos infectados. Não se tem diretamente esta quantidade de pessoas que podem transmitir a monkey-pox, porém se sabe que a duração dos sintomas é estimada entre duas a quatro semanas, o que é uma variância muito ampla. Buscando reduzir essa variância para permitir a realização do estudo, foi utilizado o período de vinte e um dias, conforme indicado em [Thornhill et al. 2022]. Para tornar possível comparações com países de população demográfica divergente foi utilizado o número de pessoas infecciosas nos últimos vinte e um dias por cem mil habitantes.

$$IA_{21}(t) = \frac{N(t) - N(t-21)}{\text{pop.}} \times 10^5.$$

3.5. O Índice de crescimento potencial (EPG)

O valor formado a partir do produto das variáveis p_7 e IA_{21} resulta em um índice nomeado de EPG que mede a possibilidade de que tenham novos diagnósticos nos próximos 21 dias, tendo relação com a possibilidade de novos surtos epidêmicos.

$$EPG = p_7 \times IA_{21}.$$

3.6. O Diagrama de Risco

Diagrama de risco é uma ferramenta que permite por meio da visualização geométrica compreender o risco de um determinado problema. Para esse estudo foi utilizado de forma a avaliar o risco de uma epidemia em uma determinada região ou país.

A implementação desse diagrama foi feita com base no código fornecido pelo IRRD¹ sendo o eixo x a taxa de ataque por cem mil habitantes dos últimos vinte e oito dias (IA_{21}) e o eixo y a velocidade de propagação da enfermidade (p_7). A escala de cores do gráfico é determinada pelo EPG, com as cores vermelha, amarela e verde, indicadas na Tabela 3 e visualizadas a partir do Gráfico 1, seguindo respectivamente do nível de risco mais alto ao mais baixo:

- $EPG > 1.26$: Alto risco
- $0.25 < EPG < 1.26$: Risco moderado
- $EPG < 0.25$: Risco baixo

Os valores dos níveis de risco foram parametrizados de acordo com as informações declaradas pela OMS (Organização Mundial de Saúde) e a OPAS (Organização Pan-Americana da Saúde) onde em julho de 2022 foi indicado que as regiões estavam com risco moderado para epidemia, sendo a Europa a exceção das regiões, já que neste período citado estava com o risco alto [OPAS 2022]. No mês de setembro de 2022 as américas tornaram-se o epicentro global da varíola dos macacos [Nações Unidas Brasil 2022]. A partir das informações citadas sobre os períodos de maior risco de um surto epidêmico se observou que valores de EPG superiores a 1.26 demonstram um nível de risco alto.

O risco de um surto epidêmico diminui conforme se aproxima da região verde, e aumenta conforme fica mais próximo da região vermelha, sendo necessário avaliar políticas públicas que façam com que esse risco seja reduzido.

¹riskdiagrams-covid19. Disponível em: <https://github.com/allissondantas/riskdiagrams-covid19>. Acessado em 21/04/2023

4. Resultados (Estudo de Caso)

O estudo tem como objetivo produzir diagramas de risco da mpox por país. Inicialmente é necessária a explicação de três fatores importantes: A quantidade de níveis de risco, a escolha dos países para o estudo e os valores que delimitam os níveis de risco.

A quantidade de níveis foi definida com base nos comunicados da OPAS e OMS que indicavam que a Europa estava em risco alto em julho e os demais continentes em moderado, e em setembro que as Américas eram o epicentro da epidemia. Não há indicativo de um nível moderado-alto, então para esse estudo ele foi descartado. Uma melhor medida poderia ser feita baseada na taxa de atendimento hospitalar, porém não tivemos acesso a esses dados.

Os países foram escolhidos tendo em base em dois pontos: Continente pertencente e número de casos. O primeiro ponto se deve a tanto no comunicado da OPAS quanto no da OMS os continentes citados nas notícias serem as Américas e a Europa. Assim foram escolhidos um país da América do Norte, um da América do Sul e um da Europa. Já o segundo ponto foi determinado pelos três países que apresentassem a maior quantidade de casos, tendo a França substituído a Espanha por um melhor entendimento no diagrama de risco.

PAÍS	Nº DE CASOS
Estados Unidos da América	31.567
Brasil	10.967
Espanha	7.647
França	4.161
Colômbia	4.090

Tabela 1. Tabela com os cinco países em ordem decrescente do número de casos de mpox.

A delimitação de níveis de risco foi obtida através de uma análise, com a primeira fase sendo o cálculo da média dos valores de EPG diários para os continentes da América do Sul, América do Norte e Europa, em três meses: julho, agosto e setembro. Esses meses foram escolhidos pela informação da OPAS e OMS serem no mês de julho e setembro, e para não ficar com meses isolados foi adicionado o mês de agosto.

Continente	JUL	AGO	SET
América do Norte	0.68	2.43	1.87
América do Sul	0.25	1.09	1.43
Europa	1.26	1.20	0.37

Tabela 2. EPG médio nos meses de julho, agosto e setembro.

Com base nos dados apresentados na Tabela 2, os níveis de risco foram estratificados em Baixo, Moderado e Alto (Tabela 3). Com os níveis de risco delimitados, foi executado o algoritmo e gerado os diagramas de risco para os países indicados, no período de maio de 2022 à julho de 2023.

Nível de Risco	EPG	Cor no Gráfico
Baixo	$EPG < 0.25$	Verde
Moderado	$0.25 < EPG < 1.26$	Amarelo
Alto	$EPG > 1.26$	Vermelho

Tabela 3. Níveis de risco para Variola dos macacos.

A Figura 1 apresenta o diagrama de risco para monkeypox nos EUA, o país tem uma população de 331,9 milhões de pessoas e lidera no número de casos confirmados com 30404 ocorrências. As datas indicadas representam um dia de cada mês avaliado. Na data 07/07/2022, o nível de risco apresentado era baixo, assim como na data 05/07/2023 que está marcado pela cor azul, já nas datas 04/08/2022 e 22/09/2022 o nível de risco se mostra bem alto, indicando um aumento de nível de risco considerável no país durante os meses de agosto e setembro de 2022, o que corrobora com o que foi demonstrado na Tabela 2 que contém os valores de EPG mensais por continente. Inicialmente no mês de julho o nível era baixo e pouco preocupante e nos meses seguintes teve um aumento súbito no número de casos fazendo com que o nível de risco do país na época ser preocupante, para logo depois ao decorrer dos meses a epidemia ser devidamente controlada.

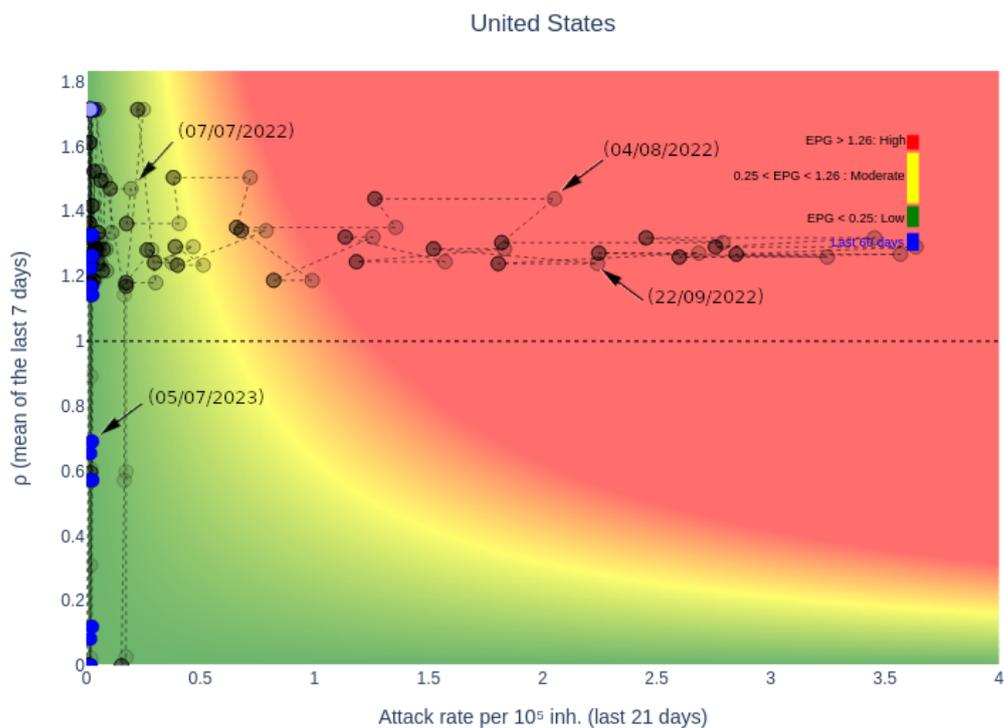


Figura 1. Risco mpox - Estados Unidos da América 1.

O próximo país analisado foi o Brasil que tem pouco mais que 203 milhões de habitantes e 10967 casos da varíola dos macacos confirmados, fazendo com que esteja somente atrás dos Estados Unidos neste dado. Na América do Sul durante o segundo semestre de 2022 o Brasil foi o principal foco da doença, o que se reflete nos níveis de risco demonstrados na Figura 2.

Nos meses de Julho e Agosto de 2022 o nível de risco é moderado, o que é visualizado pelas datas 14/07/2022 e 09/08/2022. No mês de Setembro o país está com nível de risco alto de um surto epidêmico, conforme observado na data 08/09/2022. Os últimos sessenta dias podemos observar pelos pontos em azul que o nível analisado é baixo, indicando que a doença foi controlada.

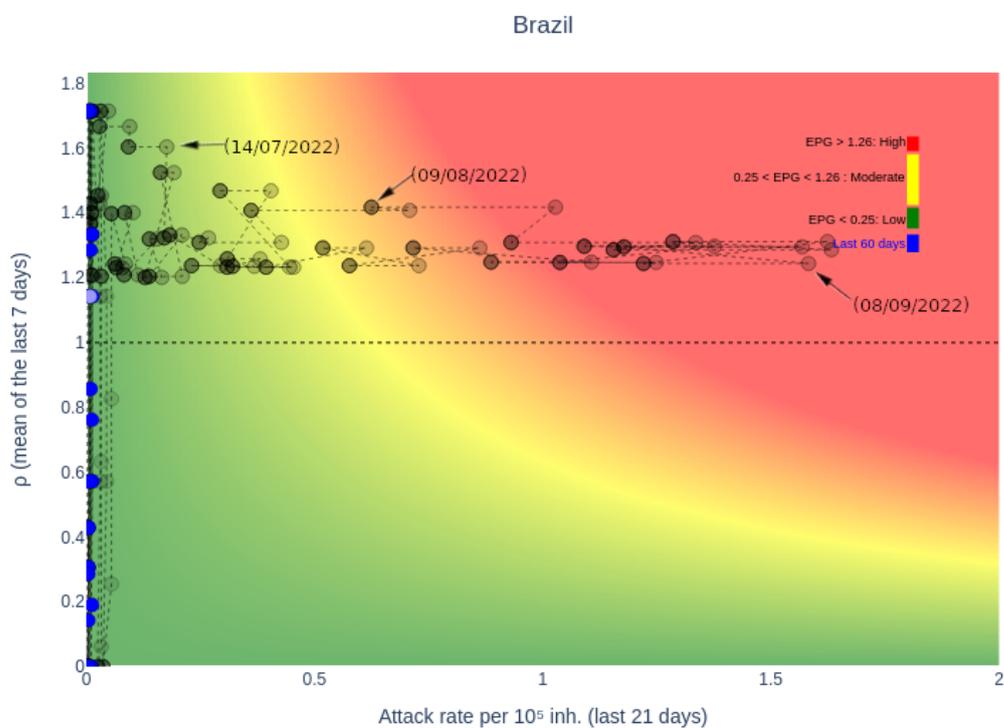


Figura 2. Risco mpox - Brasil 2.

A Figura 3 apresenta o diagrama de risco para monkeypox na Espanha, a população do país é de 47,42 milhões de habitantes, e mesmo com uma população menor que a da França possui um número maior de casos, sendo 7647 casos confirmados de varíola dos macacos. Visualmente se percebe que a área de alto risco, denotada em vermelho, é maior que nos demais gráficos, o que sugere que o país esteve por mais tempo neste nível de risco.

Nos meses de Julho e Agosto de 2022 o país está em um alto nível de risco epidêmico, observado pelas datas 16/07/2022 e 23/08/2022, e no mês de Setembro de 2022, o nível de risco é moderado, observado pela data 06/09/2022. Assim como os países analisados anteriormente a Espanha indica um nível alto de risco nos meses iniciais do estudo, e depois com o decorrer dos meses o nível de risco decresce até chegar ao nível de risco baixo, demonstrando que a doença foi controlada.

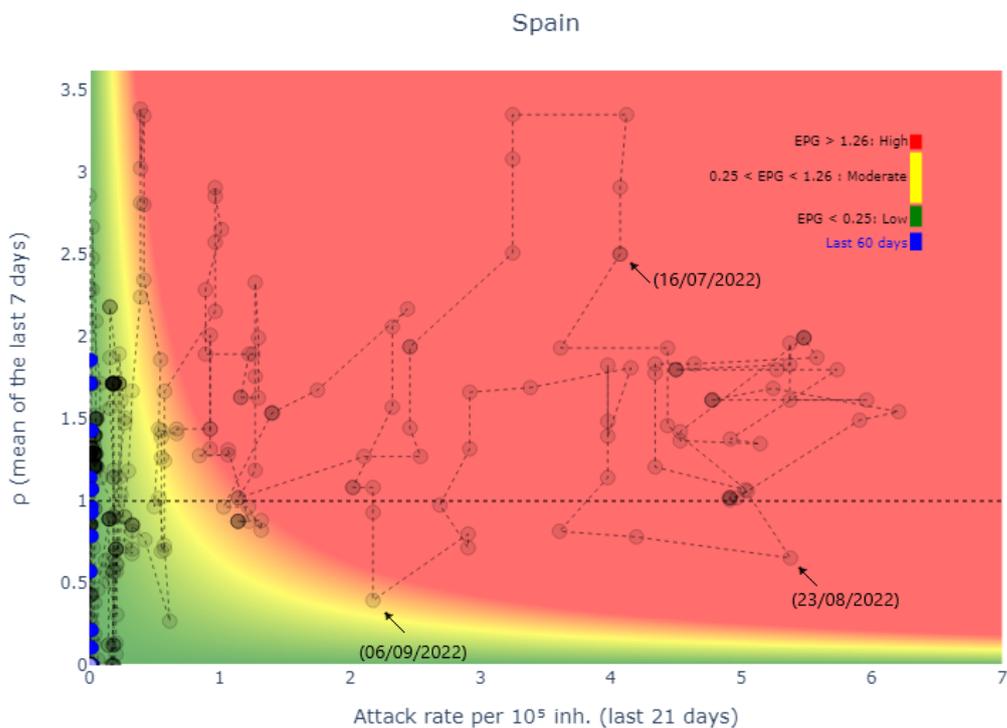


Figura 3. Risco mpox - Espanha 3.

A França, possui uma população de cerca de 67,75 milhões de habitantes e 4140 casos confirmados de varíola dos macacos. O que se pode observar ao comparar a Figura 3 com a Figura 1 e 2 é que a área de alto risco que é indicada pela cor vermelha é bem maior, o que é um indicativo de que no período desse estudo ele ficou mais tempo em um nível de risco mais alto que os outros dois países.

Existe mais uma diferença perceptível, ao contrário dos Estados Unidos e Brasil o nível de risco começou alto em julho demonstrado pela data 16/07/2022 e diminuiu nos meses seguintes de agosto e setembro, como pode ser observado nas datas 23/08/2022 e 26/09/2022. Esses dados reforçam a afirmação apresentada na Tabela 2, que indica que a Europa estava com risco alto em julho de 2022 e que foi sendo controlado nos meses seguintes.

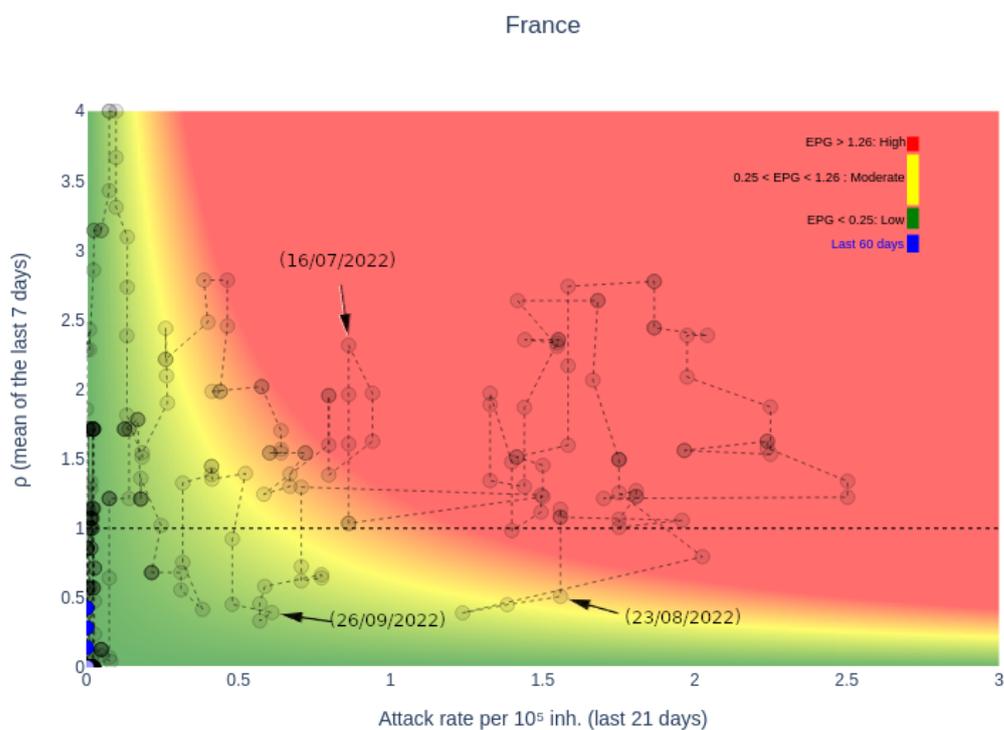


Figura 4. Risco mpox - França 4.

5. Discussões e Trabalhos futuros

O estudo demonstrado não se diferenciou muito da covid19, que foi utilizado como base, as mudanças foram pelas especificações da doença, como o período de incubação e a velocidade da propagação, isto não impediu o progresso do estudo já que a metodologia pode ser aplicada. A proposta inicial deste estudo consistia em analisar o nível de risco por município/estado, porém teve uma dificuldade que foram os relatórios municipais e estaduais. Esses relatórios vinham em formato de texto nos sites do estado e do município, e não em arquivo, então seria preciso primeiro ler relatório diário a relatório diário, para obter a informação e transformá-los em arquivos.

Além disso mesmo para este estudo que foi feito por país houveram dificuldades: baixo número de casos e metodologia trabalhada. As duas se relacionam, por que o baixo número de casos influencia na metodologia, devido a metodologia utilizada e desenvolvida por [Català et al. 2021] ter um melhor resultado com uma amostragem maior de dados, o baixo número de casos também gerou outro problema que foi a delimitação dos níveis, que teve que ser refeita em relação a utilizada para covid19.

Uma melhoria do trabalho proposto seria não somente analisar o risco tendo em vista a população humana, trabalhos citados neste estudo indicam que existe propagação também via roedores, com a adição deste fator o estudo teria resultados de maior exatidão, auxiliando no aperfeiçoamento da análise de risco para esta epidemia

Referências

- Català, M., Marchena, M., Conesa, D., Palacios, P., Urdiales, T., Alonso, S., Alvarez-Lacalle, E., Lopez, D., Cardona, P.-J., and Prats, C. (2021). Monitoring and analysis of covid-19 pandemic: The need for an empirical approach. *Frontiers in public health*, 9:806.
- Gomes, I. d. M. L., Bocanegra, S., and Albuquerque, J. (2022). Alagamentos e inundações - uso de visualização geométrica para análise de risco associados ao volume de chuva e altura das mares na cidade do recife. Trabalho de Conclusão do Curso - Bacharelado em Sistemas de Informação. Universidade Federal Rural de Pernambuco.
- Nações Unidas Brasil (2022). Opas: Américas são o epicentro global da epidemia de monkeypox. <https://brasil.un.org/pt-br/198352-opas-amricas-so-o-epicentro-global-da-epidemia-de-monkeypox>. [Acessado em 05/2022].
- Nolen, L. D., Osadebe, L., Katomba, J., Likofata, J., Mukadi, D., Monroe, B., Doty, J., Hughes, C. M., Kabamba, J., Malekani, J., Bomponda, P. L., Lokota, J. I., Balilo, M. P., Likafi, T., Lushima, R. S., Ilunga, B. K., Nkawa, F., Pukuta, E., Karhemere, S., Tamfum, J.-J. M., Nguete, B., Wemakoy, E. O., McCollum, A. M., and Reynolds, M. G. (2016). Extended Human-to-Human transmission during a monkeypox outbreak in the democratic republic of the congo. *Emerg. Infect. Dis.*, 22(6):1014–1021.
- OPAS (2022). Diretor-geral da oms declara que surto de monkeypox constitui uma emergência de saúde pública de importância internacional. <https://www.paho.org/pt/noticias/23-7-2022-diretor-geral-da-oms-declara-que-surto-monkeypox-constitui-uma-emergencia-saude>. [Acessado em 05/2022].
- Paiva Neto, J. A. d., Bocanegra, S., and Albuquerque, J. (2022). Desertificação - uso de visualização geométrica para análise de risco. Trabalho de Conclusão do Curso - Bacharelado em Sistemas de Informação. Universidade Federal Rural de Pernambuco.
- Peter, O. J., Kumar, S., Kumari, N., Oguntolu, F. A., Oshinubi, K., and Musa, R. (2022a). Transmission dynamics of monkeypox virus: a mathematical modelling approach. *Modeling Earth Systems and Environment*, 8.
- Peter, O. J., Oguntolu, F. A., Ojo, M. M., Oyeniyi, A. O., Jan, R., and Khan, I. (2022b). Fractional order mathematical model of monkeypox transmission dynamics. *Physica Scripta*, 97(8):084005.
- Portal do Butantan (2022). Varíola dos macacos: sintomas, transmissão, origem e número de casos são atualizados pela oms. <https://butantan.gov.br/noticias/variola-dos-macacos-sintomas-transmissao-origem-e-numero-de-casos-sao-atualizados-pela-oms>. [Acessado em 05/2022].
- Rede Dor São Luiz (2022). Zoonose - A Organização Mundial de Saúde (OMS) define as zoonoses como “doenças ou infecções naturalmente transmissíveis entre animais vertebrados e seres humanos. <https://www.rededorsaoluiz.com.br/doencas/zoonose>. [Acessado em 05/2022].

Thornhill, J. P., Barkati, S., Walmsley, S., Rockstroh, J., Antinori, A., Harrison, L. B., Palich, R., Nori, A., Reeves, I., Habibi, M. S., et al. (2022). Monkeypox virus infection in humans across 16 countries—april–june 2022. *New England Journal of Medicine*, 387(8):679–691.