

RELATÓRIO FINAL DE ATIVIDADES DO ESTUDANTE BOLSISTA E VOLUNTÁRIO DO PIBIC/CNPq - UFPE

(Refere-se às atividades realizadas no período de setembro de 2020 a agosto de 2021)

IDENTIFICAÇÃO

Nome do(a) Orientador(a):	Adiel Teixeira de Almeida Filho
Nome do(a) Estudante:	Hugo Alves Cardoso
Área do projeto:	Ciências Exatas e da Terra
Título do projeto:	What-if lockdown: modelos analíticos para análise de cenários de isolamento social e consequências econômicas
ID do projeto	200116653

2. Resumo

A pandemia causada pelo vírus da COVID-19 demonstrou a falta de certeza quanto à escolha de políticas públicas eficazes para a contenção da pandemia. Diversas medidas foram adotadas, entretanto foi notório o impacto delas na economia global, especialmente no Brasil, onde há uma alta diferença financeira e social entre sua população. Analisar o desempenho de um algoritmo de apoio à decisão, baseado em múltiplos critérios, aplicados à dados epidemiológicos registrados no estado de Pernambuco, propondo uma abordagem inovadora e analisando os resultados. Foram utilizados dados fornecidos pela SEPLAG/PE e outras fontes como base para a aplicação do algoritmo de decisão e seus resultados foram analisados. A partir das bases de dados, as cidades de Pernambuco foram distribuídas em classes de acordo com os indicadores epidemiológicos apresentados, gerando um mapeamento semanal. Os resultados obtidos demonstraram que algoritmos de apoio à decisão multicritério podem ser utilizados como uma ferramenta de auxílio à tomada de decisões de autoridades públicas, fornecendo uma visão precisa e imparcial sobre o estado atual da pandemia, no caso apresentado, em cada cidade.

PALAVRAS-CHAVE: COVID-19, Multi-criteria decision making, TOPSIS.

3. INTRODUÇÃO

Temas relacionados às cidades inteligentes e o uso de tecnologias para o apoio na tomada de decisão têm ganho, cada vez mais, importância na academia devido à crescente demanda de estados e cidades, bem como da população em geral. Entretanto, a pandemia causada pela COVID-19 expôs a fragilidade de inúmeras cadeias de suprimento (Silva et al., 2021).

Esse cenário desafiou as cidades a apresentarem políticas de enfrentamento à pandemia com o intuito de frear as consequências do surto. Diversas medidas foram adotadas, como o controle e fechamento de fronteiras, isolamento social, testagem em massa da população, distribuição de

máscaras, entre outras medidas. Embora tais medidas sejam necessárias, elas impactaram fortemente a economia, tanto em nível local como mundial. Esse impacto foi ainda mais severo em locais com alta desigualdade social e econômica, como o Brasil. Moradores de regiões mais humildes enfrentaram a pandemia sem condições sanitárias adequadas, em moradias superlotadas e baixa renda ou a total ausência dela. Muitos brasileiros tiveram a necessidade de solicitar o acesso ao auxílio emergencial, mostrando quão grande foi o número de pessoas que dependiam do trabalho informal.

Com isso, o uso de ferramentas de apoio à decisão, capazes de abranger diversas características é de grande interesse de autoridades públicas. Dessa forma, Multicriteria Decision Making/Aiding (MCDM/A) (Greco et al., 2016; Roy, 1996) se destacam para desempenhar tal função. Por exemplo, dados da pandemia da COVID-19 integrados com dados socioeconômicos de cidades e estados poderiam ser utilizados para guiar a alocação de recursos públicos em locais de maior necessidade.

No trabalho, foi aplicado um modelo de Multicriteria Decision Making/Aiding (MCDM/A) para atribuir as cidades de Pernambuco dentro de cinco classes ordenadas de risco.

4.OBJETIVOS

O objetivo geral desta pesquisa foi analisar os resultados obtidos, a partir de dados epidemiológicos, da aplicação de algoritmos de apoio à decisão baseada em múltiplos critérios. Para tanto, esta pesquisa teve os seguintes objetivos específicos:

- Propor uma nova área de utilização de algoritmos de apoio à decisão baseados em múltiplos critérios, no caso, nas áreas de gestão de recursos médico-hospitalares, gestão de recursos públicos e controle epidemiológico.
- Analisar a eficácia e a veracidade dos dados obtidos, analisando se de fato, as conclusões apontadas pelo algoritmo estão de acordo com a realidade.
- Propor uma metodologia para futuros casos de epidemias.
- Propor novas frentes de pesquisa que podem contribuir com o intuito deste trabalho.

5. METODOLOGIA

Esse trabalho se propôs em apresentar o uso de um método de apoio à decisão no contexto da pandemia de COVID-19 e na classificação de risco das cidades do estado de Pernambuco, analisando e discutindo os resultados obtidos, com a seguinte pergunta norteadora: “Seria possível melhorarmos a tomada de decisão no contexto da pandemia da COVID-19 com a utilização de um método de apoio à decisão?”

Foram utilizadas as bases de dados fornecidas pela Secretaria de Planejamento e Gestão do estado de Pernambuco (Seplag, 2021), como informações quantitativas acerca de indicadores epidemiológicos. Os indicadores epidemiológicos utilizaram forma os seguintes: Casos per capita, mortes per capita, hospitalizações per capita e o percentual de hospitalizações no estado.

A análise correspondeu da data 13/03/2020 até 01/01/2021, com períodos divididos em semanas, com a finalidade de evitar erros ou atrasos de notificação por parte dos provedores das bases de dados. As cidades de Pernambuco foram divididas em 3 clusters, agrupando cidades em condições geográficas e socioeconômicas semelhantes nos mesmos grupos.

Foi empregado o método de classificação TOPSIS-Sort-B (de Lima Silva e de Almeida Filho, 2020), como método para conduzir a classificação das cidades e dos bairros. No algoritmo, foram consideradas 5 classes possíveis: Azul, Verde, Amarelo, Laranja e Vermelho, sendo Azul a classe mais preferível e Vermelho a menos preferível.

Além disso, foram utilizados dados socioeconômicos das cidades de Pernambuco, fornecidos pelo IBGE. A utilização de dados socioeconômicos teve como propósito levar em consideração cada realidade dos municípios de Pernambuco, visto que municípios com melhores condições socioeconômicas, são capazes de prover uma melhor infraestrutura de atendimento e hospitalização de sua população.

6. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO OBJETIVA DOS RESULTADOS OBTIDOS

Como apresentado anteriormente, para o desenvolvimento deste trabalho, foram utilizados dados fornecidos pela Secretaria de Planejamento e Gestão do estado de Pernambuco (SEPLAG-PE) e pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), sendo a SEPLAG a plataforma oficial utilizada pelo governo do estado para reportar os casos de COVID-19 no estado. A figura 1 representa um quadro que detalha a metodologia deste trabalho.

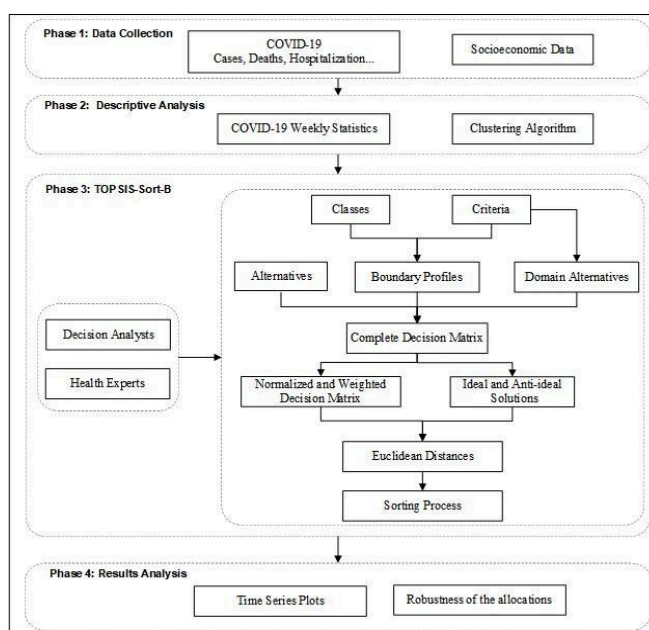


Figura 1: Metodologia do trabalho

Com isso, as cidades do estado foram divididas em três *clusters*, utilizando um método *k-means*. Sendo essa divisão baseada em aspectos geográficos e socioeconômicos, de forma a equiparar as cidades, colocando as que possuem condições socioeconômicas similares no mesmo *cluster*. Os critérios socioeconômicos utilizados podem ser verificados na tabela 1, e o resultado de *clustering* pode ser verificado na tabela 2.

Características
População da cidade
Densidade demográfica
Índice de Desenvolvimento Humano
Mortalidade infantil
Receita Total

Despesas Totais
PIB per capita
Percentual de casas com saneamento adequado

Tabela 1: Recursos para o algoritmo *k-means*

Cluster	Nome das Cidades	Total de Cidades
1	'ABREU E LIMA', 'AFOGADOS'	105
2	DA INGAZEIRA', 'AGRESTINA', 'ALAGOINHA', 'ALIANCA', ... , 'XEXEU'	10
3	'CABO DE SANTO AGOSTINHO', 'CAMARAGIBE', 'CARUARU', 'GOIANA', 'IPO' JUCA', 'JABOATAO DOS GUARARAPES', 'OLINDA', 'PAULISTA', 'PETROLINA', 'RECIFE' 'AFRANIO', 'ÁGUA PRETA', 'ÁGUAS BE- LAS', 'ALTINHO', 'ANGELIM', ... 'VER- TENTE DO LERIO'	69

Tabela 2: Análise do *clustering* socioeconômico com o algoritmo *k-means*

Chamamos a atenção para o cluster 2, com 10 cidades no total, que incluem as maiores cidades e os mais importantes centros financeiros do estado. Como essas cidades mais populares também concentram a maioria dos casos de COVID-19, e seus centros urbanos apresentam alta densidade populacional e dificuldades para implementar o isolamento social, vamos concentrar nossa análise neste aglomerado. Fora da região metropolitana do Recife e dentro do *cluster* destacamos Caruaru e Petrolina, que representam outros importantes centros financeiros de Pernambuco, localizados no interior do estado.

Em 2020, alguns estados brasileiros definiram uma categorização dos municípios em classes de risco epidemiológico com, nomeando as bandeiras por cores. Dois estados se destacaram no uso dessa técnica, são eles São Paulo e Rio Grande do Sul.

Class e	Bandeira
C_1	Azul
C_2	Verde
C_3	Amarelo
C_4	Laranja

$$\frac{C_5 \quad \text{Vermelh}}{0}$$

Tabela 3: Classes do modelo

Para o desenvolvimento do estudo, foram utilizadas cinco categorias, sendo elas: Azul, Verde, Amarelo, Laranja e Vermelho, em ordem de risco, sendo Azul a categoria de menor risco, e Vermelho a de maior risco. Dessa forma, poderíamos discutir os resultados obtidos em uma dada semana e relacioná-los com as ações feitas pelas autoridades públicas.

Com isso, foram realizadas análises semanais, da data de 13/03/2020 até 01/01/2021, resultando num total de 42 duas semanas de classificação epidemiológica para análise.

Os critérios incluem métricas relativas aos casos, óbitos e internações observadas dentro de uma semana. Com base em sua performance sobre os critérios, uma cidade pode estar mais próxima ou mais distante do que é visto como uma solução ideal e anti-ideal. Essa é a perspectiva adotada quando se usa uma abordagem utilizando o TOPSIS. Nesse trabalho, o método TOPSIS-Sort-B foi aplicado para atribuir cada um dos 185 municípios pernambucanos em uma das cinco classes de risco definidas acima. A tabela 4 possui um maior detalhamento dos critérios.

gj	Critério	Descrição	Direção
g1	Casos per capita	$\frac{\text{Número de casos reportados na semana}}{\text{População}}$	Min
g2	Mortes per capita	$\frac{\text{Número de mortes reportados na semana}}{\text{População}}$	Min
g3	Hospitalizações per capita	$\frac{\text{Número de hospitalizações reportados na semana}}{\text{População}}$	Min
g4	Percentual de hospitalizações	$\frac{\text{Pacientes hospitalizados da cidade}}{\text{Total de hospitalizados no estado}}$	Min

Tabela 4: Descrição dos critérios

Com os resultados obtidos pode-se fazer algumas análises quanto à fidedignidade dos resultados com a realidade experimentada pelo estado no enfrentamento da pandemia. Na figura a seguir, podemos observar como se deu a classificação das cidades para a décima semana, correspondente ao mês de maio de 2020:

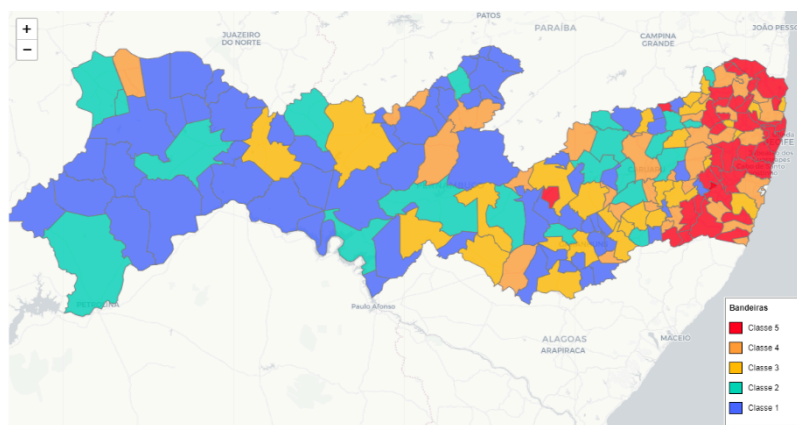


Figura 1: Classificações para as cidades de Pernambuco em maio de 2020

Podemos perceber que os resultados foram de acordo com o esperado, o mês de maio foi um dos piores meses de enfrentamento à COVID-19 no estado de Pernambuco. Diversos indicadores epidemiológicos apontavam para um aumento rápido dos casos de casos confirmados e de mortes confirmadas, tendo acontecido nesse mês o decreto de *lockdown* para a cidade de Recife (RESK, Felipe, 2020).

Outro aspecto interessante percebido, a partir das análises foi o resultado obtido para uma semana epidemiológica no mês de dezembro:

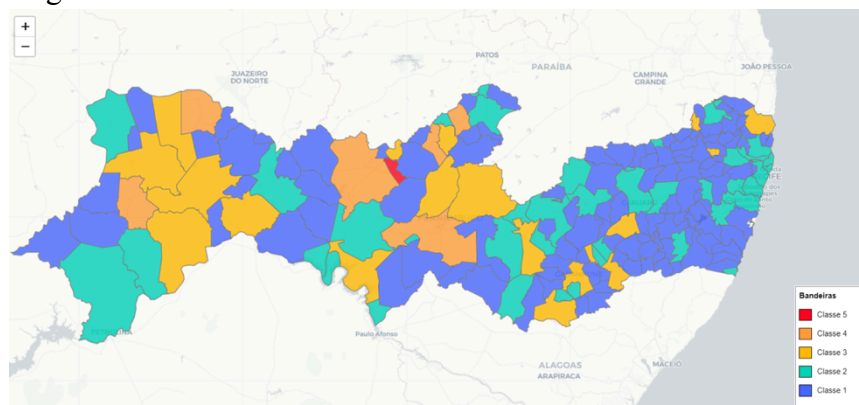


Figura 2: Classificação para as cidades de Pernambuco em dezembro de 2020

No mês de dezembro, houve um recuo dos casos de COVID-19 em todo o estado, hospitais de campanha foram desativados e medidas de isolamento foram relaxadas. Entretanto, houve um aumento significativo no registro de casos e mortes de COVID-19 no interior do estado, como pode-se perceber pela imagem acima.

A tabela 5 detalha a porcentagem de semanas que as cidades foram atribuídas a cada classe. Essa análise é interessante para entender que as alocações do método mudam dinamicamente ao longo do período, de acordo com as mudanças observadas nos atributos. Recife foi a cidade menos alocada para a classe C1 (apenas em 2,38% das semanas). Por sua vez, Petrolina, que é a cidade mais distante dentro do seu *cluster*, foi a única não alocada à bandeira vermelha no período.

Cidade	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
CABO DE SANTO AGOSTINHO	16.67%	30.95%	33.33%	14.29%	4.76%
CAMARAGIBE	9.52%	33.33%	33.33%	16.67%	7.14%
CARUARU	11.90%	28.57%	38.10%	19.05%	2.38%
GOIANA	11.90%	23.81%	35.71%	23.81%	4.76%
IPOJUCA	30.95%	28.57%	30.95%	7.14%	2.38%
JABOATAO DOS GUARARAPES	9.52%	33.33%	35.71%	14.29%	7.14%
OLINDA	9.52%	26.19%	33.33%	23.81%	7.14%
PAULISTA	7.14%	28.57%	38.10%	16.67%	9.52%
PETROLINA	16.67%	40.48%	38.10%	4.76%	0.00%
RECIFE	2.38%	33.33%	28.57%	26.19%	9.52%

Tabela 5: Percentuais de classe

7. CONCLUSÕES

Podemos concluir, a partir dos resultados observados, que o método proposto para classificação das cidades, o TOPSIS-Sort-B, entre outros métodos de apoio à decisão, podem ser de grande ajuda à autoridades públicas na tomada de decisão no combate a pandemias, o que se estende para as mais diversas situações.

Propõe-se mais trabalhos na área de utilização de métodos de apoio à decisão baseados em múltiplos critérios associados a decisões públicas. A área de decisões públicas é de grande importância por estar associada a temas de extrema relevância para toda a sociedade como o gerenciamento e aplicação de recursos públicos, gerenciamento de recursos hospitalares, gerenciamento de recursos de segurança pública entre outras. No caso da pandemia de COVID-19, as tomadas de decisão enfrentavam sempre um dilema socioeconômico, o que é de interesse de toda a população.

Além disso, é importante reafirmar que o método não substitui especialistas em gestão pública, em infectologia e epidemias ou em outras áreas do conhecimento. O método deve servir como apoio, não como responsável por tomar a decisão final, que deve sempre ser feita pela autoridade pública associada a recomendações de especialistas.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. Greco, S., Ehrgott, M., Figueira, J.R. (Eds.), 2016. Multiple Criteria Decision Analysis: State of Art Surveys. volume 233 of International Series in Operations Research & Management Science. 2 ed., SpringerNew York, New York, NY. URL:<http://link.springer.com/10.1007/978-1-4939-3094-4>, doi:10.1007/978-1-4939-3094-4.
2. de Lima Silva, D.F., de Almeida Filho, A.T., 2020. Sorting with TOPSIS through boundary and characteristic profiles. Computers & Industrial Engineering 141, 106328. URL:<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360835220300620>, doi:10.1016/j.cie.2020.106328.
3. RESK, Felipe. Pernambuco decreta lockdown no Recife e em outras quatro cidades. O Estado de S.Paulo, São Paulo, 11 de maio de 2020. Disponível em: <<https://saude.estadao.com.br/noticias/geral,pernambuco-decreta-lockdown-no-recife-e-em-outras-quatro-cidades,70003299250>>
4. Roy, B., 1996. Multicriteria methodology for decision aiding. Kluwer Academic Publishers.
5. Seplag, 2021. COVID-19 no Mundo, no Brasil e em Pernambuco. URL:<https://dados.seplag.pe.gov.br/apps/corona.html#{#}dados-pe>.
6. Silva, J.C.S., de Lima Silva, D.F., Delgado Neto, A.d.S., Ferraz, A., Melo, J.L., Ferreira Júnior, N.R., de Almeida Filho, A.T., 2021. A city cluster risk-based approach for Sars-CoV-2 and isolation barriers based on anonymized mobile phone users' location data. Sustainable Cities and Society 65, 102574. URL:<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2210670720307927>, doi:10.1016/j.scs.2020.102574.

9. ATIVIDADES PARALELAS DESENVOLVIDAS PELO ESTUDANTE

Foram realizadas atividades paralelas relacionadas a projetos do grupo de pesquisa e treinamento em linguagens de programação para otimização.

10. DIFICULDADES ENCONTRADAS NO DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Não foram encontradas dificuldades durante a realização do trabalho

Recife, 15 de outubro de 2021

Adiel Teixeira de Almeida Filho

Hugo Alves Cardoso