



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

BRYAN MARCOS PEREIRA DA SILVA

**ANÁLISE DO CENÁRIO SOCIAL DE PANDEMIA EM PERNAMBUCO ATRAVÉS
DO USO DE TEORIA DOS JOGOS POR MEIO DA ADAPTAÇÃO DO JOGO DO
BEM MAIOR**

Caruaru

2021

BRYAN MARCOS PEREIRA DA SILVA

**ANÁLISE DO CENÁRIO SOCIAL DE PANDEMIA EM PERNAMBUCO ATRAVÉS
DO USO DE TEORIA DOS JOGOS POR MEIO DA ADAPTAÇÃO DO JOGO DO
BEM MAIOR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Pesquisa Operacional.

Orientador: Prof^o. Dr. Isaac Pergher.

Caruaru

2021

Catálogo na fonte:
Bibliotecária – Simone Xavier - CRB/4 - 1242

S586a Silva, Bryan Marcos Pereira da.
análise do cenário social de pandemia em Pernambuco através do uso de
teoria dos jogos por meio da adaptação do jogo do Bem maior. / Bryan Marcos Pereira
da Silva. – 2021.
63 f. ; il. : 30 cm.

Orientador: Isaac Pergher.
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de
Pernambuco, CAA, Engenharia de produção, 2021.
Inclui Referências.

1. Epidemias. 2. Cooperação. 3. Simulação. 4. Teoria dos jogos. 5. COVID-19
(Doença). I. Pergher, Isaac. (Orientador). II. Título.

CDD 658.5 (23. ed.)

UFPE (CAA 2021-137)

BRYAN MARCOS PEREIRA DA SILVA

**ANÁLISE DO CENÁRIO SOCIAL DE PANDEMIA EM PERNAMBUCO ATRAVÉS
DO USO DE TEORIA DOS JOGOS POR MEIO DA ADAPTAÇÃO DO JOGO DO
BEM MAIOR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Aprovada em: 24/08/2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof^o. Dr. Prof^o. Dr. Isaac Pergher. (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Thárcylla Rebecca Negreiros Clemente (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Thalles Vitelli Garcez (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico esse trabalho aos meus pais que fizeram o impossível para que o possível fosse possível e, mais que isso, para que ele fosse real.

AGRADECIMENTOS

A trilha até esse ponto foi longa e bem turbulenta, durante toda essa jornada não faltaram pessoas que foram essenciais para que a cada dia eu continuasse seguindo em frente, superasse os obstáculos e que me ajudassem a evoluir e crescer durante essa caminhada. Mas a minha principal força veio de Deus, e a Ele eu agradeço por conseguir mais essa etapa concluída em minha vida.

Ao longo todo meu trajeto até aqui, desde muito antes de sequer pensar em trilhar o caminho no qual me encontro hoje, meus pais foram pessoas fundamentais. Sempre me estimulando, incentivando, apoiando fazendo de tudo para que hoje eu pudesse estar escrevendo essas palavras Sr. Braz e Sr.^a. Da Paz, levou mais tempo do que eu esperava e dei mais dores de cabeça do que imaginei que daria, principalmente nessa reta final, mas eu disse que não se preocupassem certo? E aqui estou eu onde disse que estaria então não se preocupem, pois, ainda tenho muitos caminhos pela frente. Mas passarei por tudo sem deixar de ser a pessoa que me criaram para ser, pois vocês vão sempre ser meus exemplos e as pessoas mais importantes da minha vida. Amo os dois.

Não poderia deixar e citar meus tios e tias que sempre estiveram lá por mim, Marcia, Erickson, Neide e Marcos vocês que sempre acreditaram em mim e me deram seu apoio por todos esses anos, sempre estão do meu lado quando preciso. E também a meu tio Mauricio e minha tia Rosy que apesar de estarem longe, sempre me fazem lembrar que a distância não muda o fato de que eles também sempre estarão ali por mim.

Meus irmãos os mais velhos que me foram um exemplo a seguir Braz, Geizy e Albertino, só tenho a agradecer por tê-los como imagem a me espelhar desde que me entendo por gente. E a meu irmão mais novo Breno que me lembrava todo dia de que tenho que terminar o meu TCC e sinto que vai continuar me lembrando até depois que eu o tenha concluído.

Tenho muito a agradecer ao meu orientador Isaac Pergher que mesmo sem me conhecer a princípio me aceitou como orientando e me direcionou para o que hoje estou concluindo.

deveriam ter sido cinco anos fantásticos, mas, que acabaram se estendendo um pouco com o andar das coisas. Anos difíceis se seguiram dos empolgantes e dos alegres, houveram alegrias, tristezas, dificuldades e desafios. Tempos em que a turbulência do dia a dia só era sufocada e acalmada com as boas risadas jogando nosso dominó com regras bem diferenciadas com Vinicius, Léo e Carol ou jogando com a galera da busão, Gisele, Taty, Amanda, Guivss, Mateus, Breno, Plinio e Renato. Assim como as tardes tocando violão na barraca de Gil e todos

os amigos que vieram desse tempo em que estive no curso, e que sempre soube que poderia contar Everton, Jefferson, Augusto, Vic, Thales, Lucas, Matheus Vicente, Matheus Zé, Edmilton e muitos outros, que poderia citar por dias.

E por fim também a aqueles amigos que tenho como irmãos que me conhecem mais do que eu mesmo poderia e me ajudaram a me manter são por todo esse tempo dentro da nossa pequena loucura e conversas desconexas e aleatórias. Amigos feitos em diferentes fases iguais da minha vida e que pretendo levar para a vida inteira Osvaldo, Vinicius, Regis, Jairo (J), Ygor e Ruan.

Sei que esse é apenas o início da minha jornada nesse mundo, mas se hoje posso dizer que estou concluindo essa primeira fase desse jogo que podemos chamar de vida é graças a cada uma dessas pessoas que me ajudaram a vencer cada etapa e cada boss que apareceu a minha frente.

“Adam Smith disse que o melhor resultado acontece quando todos em um grupo fazem o melhor para si próprios. Certo? Ele não disse isso? Incompleto! Incompleto! [...] O melhor resultado virá quando todos de um grupo fizerem o melhor para si próprios e para o grupo.” (HOWARD; GRAZER, *A beautiful mind* 2001)

RESUMO

Este trabalho de conclusão de curso visa a análise do cenário social e do comportamento de determinadas entidades impactantes no contexto social de pandemia, assim como observar os comportamentos das entidades propostas e analisar o impacto dessas ações através do uso de teoria dos jogos para simular a iteração entre os integrantes analisados do contexto social. Apresenta um modelo para otimização da tomada de decisão referente a redução dos impactos causados pela pandemia do COVID-19 causada pelo vírus SARS-CoV-2, através da adaptação do “Jogo do bem maior”, jogo apresentado na animação Japonesa Kakegurui, Compulsive Gambler dentro das restrições do modelo que serão apresentadas. Com a montagem do modelo é realizada a análise do cenário e adaptado com as características deste e em seguida foi realizada a comparação com os aspectos de comportamento real obtidos através de pesquisa. No fim é comprovado que a cooperação através do respeito as propostas e normas de prevenção a contaminação é essencial para que se possa não apenas reduzir o tempo de exposição dos envolvidos ao cenário, como também, para redução dos impactos da pandemia causada pelo Coronavírus.

Palavras-chave: Cenário social no contexto de pandemia. Jogo do bem maior. Cooperação. Simulação.

ABSTRACT

This conclusion work aims to analyze the social scenario and behavior of certain impacting entities in the social context of a pandemic, as well as observe the patterns of entities and analyze the impact of these actions through the use of game theory to simulate the iteration between the members of the social context. It presents a model for optimizing decision-making regarding the reduction of impacts caused by the COVID-19 pandemic caused by the SARS-CoV-2 virus, through the adaptation of the “Greater Good Game”, a game presented in the Japanese animation *Kakegurui*, Compulsive gambler within the restrictions of the model that will be accepted. With the assembly of the model, an analysis of the scenario is carried out, adapted with the characteristics and then a comparison is made with the real aspects obtained through the research. In the end, it is proven that cooperation through respecting the norms and norms of prevention of contamination is essential to not only reduce the exposure time of those involved to the scenario, but also to reduce the impacts of the pandemic caused by Coronavirus.

Keywords: Social scenario in the context of a pandemic. Game of the greater good. Cooperation. Simulation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Comparativo com os cenários nacional e global	18
Figura 2 –	Metodologia de trabalho	24
Figura 3 –	Site covid.saude.gov.br/	27
Figura 4 –	Definição dos decisores e Ações no GMCR+	54
Figura 5 –	Definição de restrições do modelo	54
Figura 6 –	Priorização do Payoff's no GMCR+	55
Figura 7–	Estados de conflito	55
Figura 8–	GMCR inverso.	56
Figura 9–	Cenário de equilíbrio	56
Gráfico 1 –	Casos registrados diariamente em Pernambuco	19
Gráfico 2 –	Número de mortes registradas em Pernambuco	19
Gráfico 3 –	Padrão de social no período de pandemia	51
Gráfico 4 –	Padrão de comportamento social no período de pandemia	51
Gráfico 5 –	Padrão de comportamento das empresas essenciais durante o período de pandemia.	52

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Comparativo com os cenários nacional e global	18
Figura 2 –	Metodologia de trabalho	24
Figura 3 –	Site covid.saude.gov.br/	27
Figura 4 –	Definição dos decisores e Ações no GMCR+	54
Figura 5 –	Definição de restrições do modelo	54
Figura 6 –	Priorização do Payoff's no GMCR+	55
Figura 7–	Estados de conflito	55
Figura 8–	GMCR inverso.	56
Figura 9–	Cenário de equilíbrio	56

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 –	Casos registrados diariamente em Pernambuco	19
Gráfico 2 –	Número de mortes registradas em Pernambuco	19
Gráfico 3 –	Padrão de social no período de pandemia	51
Gráfico 4 –	Padrão de comportamento social no período de pandemia	51
Gráfico 5 –	Padrão de comportamento das empresas essenciais durante o período de pandemia.	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Modelo de matriz de jogos repetidos.....	32
Tabela 2 –	Exemplo de estratégia estritamente dominante	33
Tabela 3 –	Exemplo de estratégia fracamente dominante	33
Tabela 4 –	Matriz de payoff da interação	34
Tabela 5 –	Equilíbrio de Nash	35
Tabela 6 –	Exemplo de retorno do modelo	39
Tabela 7 –	Representação matemática do modelo em N turnos	40
Tabela 8 –	Matriz de retorno em primeiro turno para 2 jogadores	41
Tabela 9 –	Matriz de retorno em segundo turno para 2 jogadores	41
Tabela 10 –	Matriz binaria de retorno de segundo turno para 2 jogadores	42
Tabela 11 –	Matriz de interseção modelo binário x retorno	43
Tabela 12 –	Matriz de jogo para três jogadores	44
Tabela 13 –	Matriz de primeira repetição do jogo	53
Tabela 14 –	Cenários viáveis na matriz de jogo.	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ESPII	Emergência de saúde pública de importância internacional
GMCR	Graph Model for Conflict Resolution
SAD	Sistema de apoio a decisão
OMS	Organização mundial da saúde

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	17
1.1	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	17
1.2	OBJETIVOS	21
1.2.1	Objetivo Geral	21
1.2.2	Objetivos específicos	21
1.3	JUSTIFICATIVA	21
1.4	DELIMITAÇÕES	22
1.5	METODOLOGIA	23
1.5.1	Método de Pesquisa	24
1.5.2	Método de trabalho	24
1.6	ESTRUTURA DO TEXTO	25
2	REFERENCIAL TEÓRICO	26
2.1	PRINCIPAIS CONCEITOS	26
2.1.1	Síntese sobre COVID-19	26
2.1.2	Modelagem de cenários	28
2.1.3	Simulação	29
2.1.4	Teoria dos jogos	29
2.1.4.1	Classificação dos jogos	30
2.1.4.2	Jogos de estratégia pura e mista	30
2.1.4.3	Jogos simultâneos e sequenciais	31
2.1.4.4	Jogos repetidos	31
2.1.4.5	Estratégias dominantes	33
2.1.4.6	Equilíbrio de Nash	34
2.2	JOGO DO BEM MAIOR	35
3	MODELO	38
3.1	ESTABELECIMENTO DO MODELO	38
3.2	DEFININDO MODELAGEM MATEMÁTICA DO PROBLEMA	39
3.3	APRESENTAÇÃO DE CENÁRIO DE EXEMPLO	40
3.3.1	Cenário com dois jogadores	40
3.3.2	Cenário com três jogadores	43
4	APLICAÇÃO DO MODELO	46
4.1	DESCRIÇÃO DO CENÁRIO DE APLICAÇÃO E MODELO DE ANÁLISE	46

4.2	PADRÃO DE COMPORTAMENTO DOS JOGADORES	47
4.3	APLICANDO O MODELO AO CENÁRIO	49
4.4	AVALIAÇÃO DO CENÁRIO REAL	50
4.4.1	Apresentação da matriz de jogo.....	52
4.5	APLICAÇÃO AO GMCR+	53
4.5.1	Parâmetros da aplicação no GMCR+.....	53
4.5.2	Resultados obtidos.....	55
5	CONCLUSÃO	58
	REFERÊNCIAS	61

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo inicial é dada a contextualização do problema e apresentação da proposta da pesquisa, para apresentação ao leitor da temática a ser abordada nesta pesquisa. Serão apresentados também os objetivos, geral e específicos, bem como as justificativas para a realização desse Trabalho de Conclusão de Curso – TCC.

1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

No contexto atual a sociedade se encontra em um momento de restrições e mudança de hábitos devido ao cenário de “Emergência de Saúde Pública de Importância Internacional” (ESPII) como estabelecido pela OMS em 30 de janeiro de 2020 após o surgimento e propagação dos casos de COVID 19. Tendo seu primeiro caso registrado oficialmente em território chinês ao final do ano de 2019, os primeiros indivíduos foram infectados por uma nova corona vírus, dando início a um evento trágico que tirou milhares de vidas ao redor do globo e que continua a agir, porém o COVID 19 não foi a primeira pandemia enfrentada pela humanidade.

Essa trata-se da sexta vez na história que uma ESPII é declarada pela OMS as demais ocasiões foram as listadas a seguir:

- 25 de abril de 2009 – pandemia de H1N1.
- 5 de maio de 2014 – disseminação internacional de poliovírus.
- 8 agosto de 2014 – surto de Ebola na África Ocidental.
- 1 de fevereiro de 2016 – vírus zika e aumento de casos de microcefalia e outras malformações congênitas.
- 18 maio de 2018 – surto de ebola na República Democrática do Congo.

Na data de 11 março de 2020 a OMS caracterizou a nova COVID-19 como pandemia, termo esse referente a taxa de propagação geográfica de uma doença. Para compreender um pouco do que estamos presenciando hoje, é necessário voltarmos para meados do século XIV, com a peste bubônica. A Peste Bubônica, conhecida popularmente como Peste Negra, foi a primeira grande pandemia de que se tem conhecimento. Não há consenso quanto ao número de mortos, mas estima-se que aproximadamente um terço da população europeia foi dizimada pela peste em meados do século XIV (BITTENCOURT, JOSÉ SÁ; 2020). O pânico na população, número de mortes aumentando a cada dia, redução da circulação de pessoas e enfraquecimento do comércio e da econômica foram consequências da Peste negra.

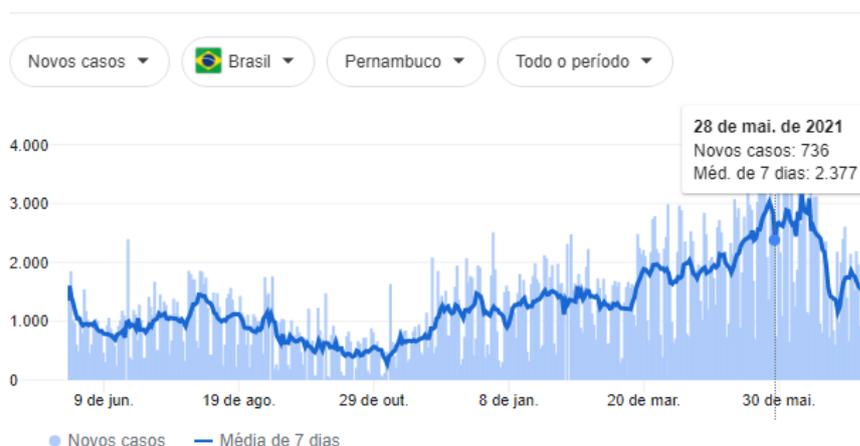
O covid-19 doença infecciosa causada pelo vírus SARS-CoV-2, por sua vez, pode ser considerado um dos acontecimentos com mais exposição midiática da atualidade, seja devido a sua escala global, seu elevado número de casos e óbitos ou pela disseminação das ações de prevenção necessárias para segurança da população em geral. Segundo dados da universidade norte americana Johns Hoppkins, pode ser observado um total de casos superior a 204.400.000 com um total aproximado de 4.300.000 desses casos resultando em óbito como apresentado na Figura 1 abaixo.

Figura 1 – Comparativo com os cenários nacional e global.

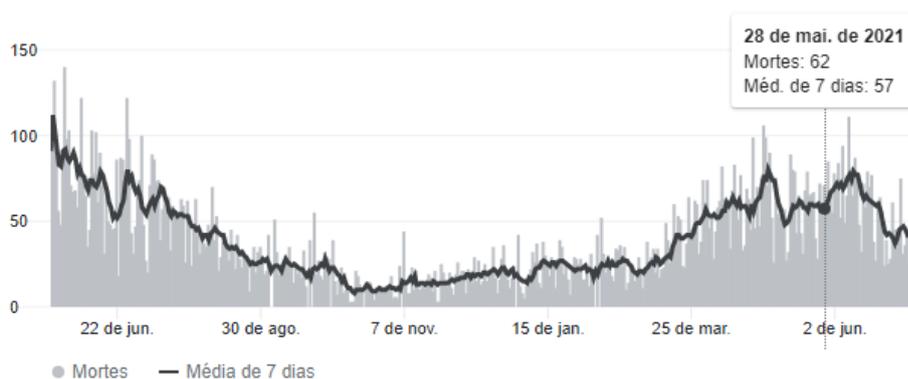


Fonte: Universidade Johns Hopkins.

A distribuição de casos, e óbitos, ao longo do período na região de Pernambuco também pode ser observada através dos dados da universidade Johns Hopkins como mostrado nos Gráficos 1 e 2 abaixo.

Gráfico 1 – Casos registrados diariamente em Pernambuco.

Fonte: Universidade Johns Hopkins.

Gráfico 2 – Número de mortes registradas em Pernambuco.

Fonte: Universidade Johns Hopkins.

Através dos gráficos nota-se uma divisão do período em três momentos, um período inicial onde o número de mortes, comparado ao número de casos, representava um alto percentual, um segundo período com a queda dos casos e mortes. E uma terceira etapa com uma nova alta no número de casos, que apesar de apresentar um menor percentual de mortes com relação ao seu número de novos casos, possui um montante mais alto de contaminados com relação a primeira etapa apresentada.

Dentro dos períodos observados através da análise dos Gráficos 1 e 2, o comportamento da sociedade é um dos fatores que pode ter contribuído para a elevação dos casos na segunda onda, onde ocorreram as elevações no quantitativo de casos.

Esse tempo de pandemia, no entanto, também foi um período de estudos e desenvolvimento de modelos. É possível ver o surgimento de diversos documentos científicos

embasados no contexto social de pandemia do COVID-19 causado pelo vírus SARS-CoV-2. Como um exemplo desses há o estudo desenvolvido na universidade Duke, nos Estados Unidos pelo Dr. David McAdams, o modelo por ele proposto utiliza da teoria dos jogos como base para tratar o problema da vacinação global, apresentando estratégias onde os grandes países poderiam tomar ações que beneficiassem os países menores. Já em seu texto Clemente, Felipe (2020) apresenta uma reflexão sobre a cooperação e a não cooperação dentro de cenário de covid-19 sob a ótica da teoria dos jogos, discorrendo sobre as condições para coalizão para estabilização do equilíbrio de Nash do cenário na cooperação das partes.

Devido aos impactos do cenário na saúde, economia e no âmbito social pode-se afirmar que é criado um estado de conflito entre os ganhos obtidos nos três citados. A teoria dos jogos foi escolhida para análise do cenário pois segundo Xu et al. (2012) citado por Silva, Alini et al (2015) esta trata-se de um ramo da matemática aplicada voltada para o apoio a tomada de decisão racional em situações de conflito. Onde os decisores adotam conjuntos de estratégias para solução do mesmo, mas que apesar da natureza conflitante dos retornos é possível se verificar cooperação entre os jogadores em determinados casos.

Devido as características da teoria dos jogos, dadas pelos autores acima citados, é possível observar os ganhos que poderiam ser obtidos, tanto para a área de estudo, quanto, para o aprendizado dentro do cenário com o uso da teoria dos jogos. Considerando a natureza conflitante entre os aspectos do cenário social.

Logo, dado os fatores apresentados, o método de simulação com uso de teoria dos jogos foi optado como ferramenta para realizar o estudo no caso a ser trabalhado. E entre os objetivos deste projeto, destacam-se: analisar a situação em relação ao cenário atual de pandemia tendo em vista fatores sociais e econômicos, no âmbito proposto do projeto em questão, e propor um modelo que se adapte à natureza da social da região e suas restrições.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Apresentar um modelo de análise do cenário social e comportamental provocados pela pandemia da COVID-19, baseado na teoria dos jogos, com foco na análise do cenário sob a perspectiva da saúde pública.

1.2.2 Objetivos específicos

- Colher e apresentar informações sobre o cenário de pandemia.
- Analisar diferentes cenários e estratégias para os jogadores envolvidos.
- Analisar os diferentes resultados obtidos com a aplicação de cada cenários em questão.
- Analisar o impacto das ações da sociedade, como entidade, nas demais.
- Modelar computacionalmente os processos, os processos decisórios de cada componente social, cada agente ativo e passivo apresentado como jogador, com foco em apresentar a efetividade da colaboração social para redução dos impactos e a importância do uso da teoria dos jogos para análise de cenários de conflitos.
- Modelar computacionalmente o modelo estabelecido através do Graph Model for Conflict Resolution (GMCR+).

1.3 JUSTIFICATIVA

No decorrer da história as pandemias tendem a movimentar o mundo de forma a colocar sobre perspectiva os procedimentos utilizados pelos governos, para o impedimento do agravamento do cenário. Em meio a uma pandemia global, a sociedade tende a passar por mudanças abruptas que transformam o cotidiano da população afetando-o não só através de mudanças nas regras de comportamento social como afetando também a economia como visto no cenário atual de COVID-19. (REICH, EVÂNIA et al; 2020.)

Visando esta Perspectiva atual da pandemia do COVID-19 é colocado em questão o comportamento social inserido neste contexto, sendo assim o panorama atual, como também, a forma de trabalho, foram escolhidos devido ao grande potencial que pode ser atingido. Devido ao fato de que no cenário abordado, mesmo que possuam objetivos em comum as entidades

sociais envolvidas podem apresentar ações conflitantes entre si, assim como, os ganhos sociais que a análise pode resultar.

O uso do método de teoria dos jogos para a análise de cenários deste tipo permite que sejam observados os impactos para cada um e de cada um dos envolvidos podendo mostrar também o conflito entre os interesses das partes mesmo quando há objetivos em comum entre elas. Esse tipo de abordagem proporciona uma representação que pode se adequar de maneira mais eficiente ao modelo de comportamento social, dado que simulações tendem a serem muito similares aos sistemas reais (FREITAS FILHO, P. J; 2008 citado por RODRIGUES, ANTÔNIO Et al 2016).

A análise proposta visa apresentar um equilíbrio entre os jogadores, ao demonstrar os impactos de determinados cenários correlatando aspectos de saúde pública e de saúde econômica dos jogadores propostos. Este projeto também tem como objetivo acrescentar ao conteúdo literário relativo à área de pesquisa operacional ligada a teoria de jogos e ao seu modo de utilização assim como a apresentação de uma adaptação de jogo para um modelo matemático a estruturação e modelagem de problemas. Com isso, o projeto em questão visa demonstrar a importância do uso de ferramentas como essa para análise da tomada de decisão em cenários de conflito.

1.4 DELIMITAÇÕES

Este trabalho de conclusão de curso está direcionado a análise da região de Pernambuco. Obedecendo e respeitando as características e restrições da região assim como a análise comportamental das entidades envolvidas na região. Delimitando as ações de cada jogador assim como do contexto da sociedade e definições legais e decretos estabelecidas durante o período analisado de pandemia na região alvo. Assim as variáveis e fatores de modelagem do cenário serão baseados nas delimitações desse contexto citado.

Dentro do modelo, os Jogadores, entidades a serem analisadas dentro da região alvo, dividem-se representando, cada uma, um determinado grupo de envolvidos socialmente dentro do cenário, seguindo as classificações impostas pelo decreto que regulamenta a *Lei nº 13.979, de 6 de fevereiro de 2020* Art. 3º expedida durante o período citado que delimita os serviços públicos e atividades essenciais.

“§ 1º São serviços públicos e atividades essenciais aqueles indispensáveis ao atendimento das necessidades inadiáveis da comunidade, assim considerados aqueles que, se não atendidos, colocam em perigo a sobrevivência, a saúde ou a segurança da população, [...] § 2º Também são consideradas essenciais as atividades acessórias, de suporte e a disponibilização dos insumos necessários a cadeia produtiva relativas ao exercício e ao funcionamento dos serviços públicos e das atividades essenciais.” (BRASIL, 2020 DECRETO Nº 10.282).

Tendo como base a lei citada, os jogadores a serem representados no modelo se dividem em 4 principais grupos. Sendo o primeiro jogador representado pela saúde pública em si, seguido por jogadores que representarão respectivamente as empresas que desempenham atividades estabelecidas como essenciais, e outro para representar as não essenciais. O último jogador representaria a sociedade como um todo considerando todos os outros envolvidos no cenário.

A modelagem do problema está delimitada pelo fato de não abranger todas as entidades envolvidas de maneira mais direta agrupando-as em entidades de acordo com a similaridade de tratamento no contexto. O foco do projeto foi a criação do modelo e analisar sua adaptação, a partir do cenário utilizado como base, e a utilização dessa para observar os possíveis desdobramentos causados pelas ações individuais das entidades envolvidas.

É válido ressaltar que durante a modelagem do problema as ações dos jogadores têm característica individual e não serão considerados cenários onde os jogadores entrem em contato ou estabeleçam carteis visando elevar unicamente seus próprios ganhos. Outro fator para ser levado em consideração é que dada a principal natureza do problema ser ligada a saúde pública essa será a principal característica do cenário durante a análise, se essa entidade não obtiver retorno com o jogo nenhum dos outros jogadores obtém retorno.

A ferramenta utilizada para aplicar o modelo construído foi a GMCR+, por atender os critérios necessários para tornar a aplicação do modelo possível e pela familiaridade no uso da ferramenta em questão, além do fato de ser uma ferramenta desenvolvida para aplicação em problemas de teoria dos jogos.

1.5 METODOLOGIA

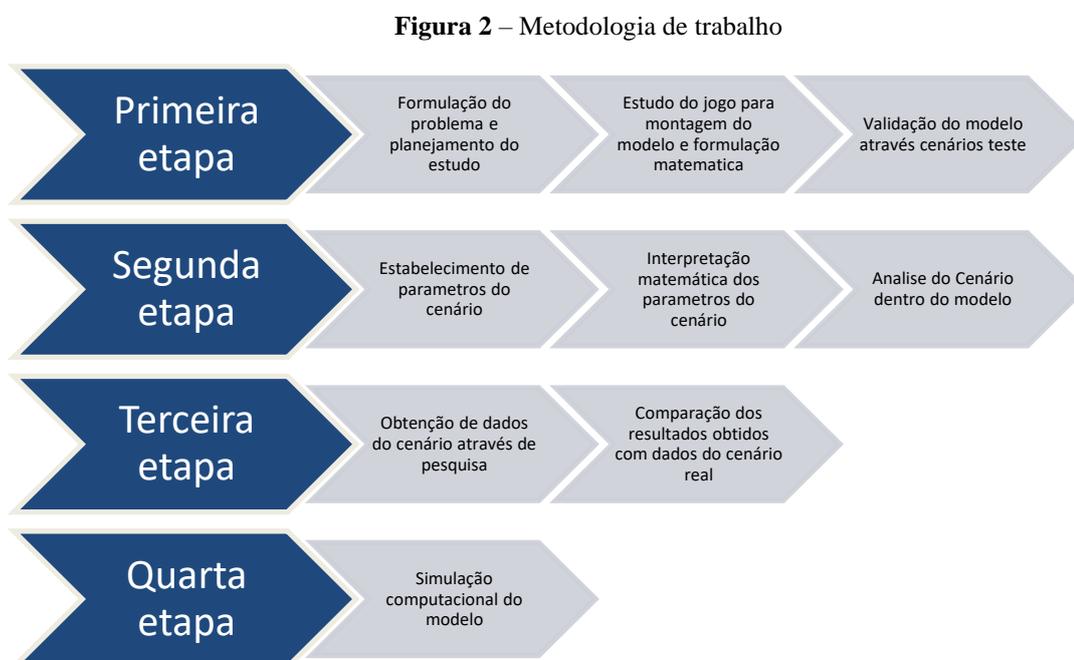
Neste tópico são apresentados os métodos de pesquisa e trabalho utilizado nesse documento.

1.5.1 Método de Pesquisa

Para o trabalho em questão foi utilizado o método de modelagem. Modelagem é um método pelo qual busca-se a criação de padrões e regras que representem a realidade para analisar cenários alternativos, objetivando a possibilidade de realizar-se simulações dentro do cenário estudado. Essa é uma metodologia utilizada para estudo de cenários reais e suas características.

1.5.2 Método de trabalho

Foram utilizadas as seguintes etapas para a formação deste trabalho, como mostrado na figura 2 abaixo.



A metodologia utilizada nesse trabalho foi dividida em 4 principais etapas. A primeira etapa é focada na formulação do problema assim como do modelo. A etapa seguinte possui foco nas características do cenário e na adequação matemática deste para o modelo, esta é seguida pelo comparativo entre os resultados obtidos da análise com os dados do cenário avaliado. Por fim na última etapa é demonstrada a aplicação do modelo em um software para uma análise computacional do contexto estudado.

1.6 ESTRUTURA DO TEXTO

Este trabalho de conclusão de curso está construído de forma a se dividir em 5 pontos. O primeiro trata da introdução, abordando aspectos como a definição do problema os objetivos gerais e específicos e justificativa para abordagem do tema.

A segunda seção traz o referencial teórico, apresentando os conceitos necessários para o projeto.

O terceiro contém a apresentação da modelagem do jogo escolhido como base e sua adaptação para um modelo adequado a teoria dos jogos.

O quarto tópico traz a aplicação do modelo montado no capítulo anterior ao cenário citado na descrição do problema.

Já no tópico final é discutido as conclusões obtidas através da análise da aplicação do modelo ao sistema.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo inicial é feita a apresentação de conceitos relevantes para a compreensão do projeto proposto sendo esses explanados e detalhados visando o entendimento dos mesmos. Nele serão repassados conceitos de teoria dos jogos assim como simulação e será feita uma breve revisão da literatura atual sobre o COVID-19.

2.1 PRINCIPAIS CONCEITOS

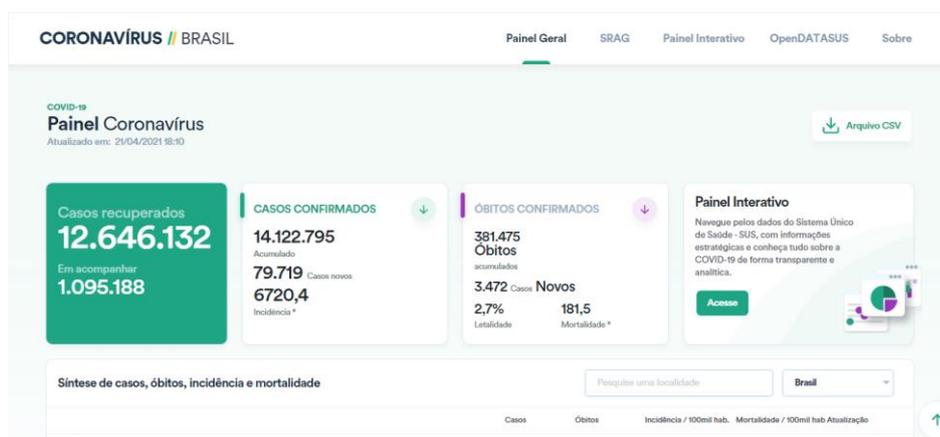
2.1.1 Síntese sobre COVID-19

O termo “isolamento social” desde o início do período de pandemia até os dias atuais vem se tornando uma expressão mais comum no dia a dia da sociedade como um todo. Devido à natureza do cenário que insaturado pela COVID-19, doença causada coronavírus, costumes e comportamentos precisaram ser revistos e cuidados se fazem cada vez mais necessários.

“Ainda é cedo para saber que estragos a onda de covid-19 fará em todo o planeta, mas a ocorrência de outras grandes epidemias ou pandemias ao longo da história deixa uma certeza: o mundo será um lugar diferente depois que a maré do coronavírus refluir. Em séculos anteriores, a disseminação explosiva de doenças ajudou a abalar impérios e alterar modelos econômicos, redesenhou cidades e favoreceu mudanças de comportamento. A dimensão inédita da crise atual para uma geração inteira, segundo especialistas, deverá trazer consequências culturais e práticas, como a rediscussão do papel do Estado a fim de resgatar economias esfaceladas, a valorização de sistemas públicos de saúde e transformações no regime de trabalho — com estímulo ao desempenho de atividades à distância. A sociedade pós-pandêmica poderá apresentar mais restrições à circulação de pessoas entre fronteiras, mas também uma busca ainda maior por cooperação científica internacional” (GONZATTO, MARCELO 2020).

Informativos com instruções para a prevenção se tornaram cada dia mais comuns no cotidiano social, sites como o covid.saude.gov.br/, apresentado na Figura 3, foram criados com o intuito da circulação correta de informação sobre o estado de avanço do quadro atual no qual a sociedade se encontra.

Figura 3 – Site informativo sobre a COVID-19 do governo.



Fonte: covid.saude.gov.br/

Esse tipo de situação mostra a fragilidade nas mais variadas áreas e setores dentro de um país. A pandemia da COVID-19, causada pelo coronavírus, tem gerado uma crise mundial que demanda estratégias emergenciais e ação coletiva para solucionar o problema pandêmico. Diante dessas considerações, é perceptível uma vulnerabilidade bem como uma instabilidade social e econômica. (CÂMARA, SAMUEL FAÇANHA Et. al, 2020).

Os efeitos são visíveis, em um cenário incerto a respeito do vírus, inúmeras informações e notícias surgindo a cada momento, porém com a ausência de informações precisas durante o período inicial da crise sobre tratamentos, facilidade de transmissão da doença, aumentou o medo na população. Tudo isso culmina num estado de caos, afetando diretamente indivíduos, empresas e governos de forma simultânea pois segundo Sadir, M. A., Bignotto, M. M., & Lipp, M. E. N.; (2010) o stress implica não apenas em consequências no corpo e mente, mas também na qualidade de vida da sociedade em si.

A vulnerabilidade no sentido social e econômico se relaciona à suscetibilidade material ou moral de determinados grupos sociais ou da sociedade a riscos ou perdas potenciais causadas por eventos extremos (HAND, EICHMAN, TRIEPKE & JAWORSKI, 2018)

Segundo dados oficiais do IBGE, no trimestre de outubro a agosto de 2020, a taxa de desemprego no Brasil atingiu 14,3%, representando 14,1 milhões de pessoas. Foram identificados números de óbitos até o dia 14/03/2021, totalizando 278.229 mortes em cerca de apenas um ano. 1,3 milhão de empresas encerraram suas atividades durante os primeiros meses

da pandemia, e desse número cerca de 522,6 mil (40%) tiveram como causa principal a própria crise.

Ainda segundo os dados do IBGE, cerca de 99,2% dessas empresas eram de pequeno porte (até 49 empregados), 0,78% de porte intermediário (de 50 a 499 empregados) e 0,02% eram de grande porte (mais de 500 empregados). Classificando os números de empresas encerradas divulgados pelo IBGE por setor, temos a seguinte divisão: 258 mil eram do setor de serviços, 192 mil de comércio, 38,4 mil eram da construção civil e 33,7 mil da indústria.

É através desses dados que se demonstra a importância de análise desse cenário atual. Os estudos desenvolvidos nesse cenário visam auxiliar diversos aspectos como melhoria de modelos, minimização de danos, maximização das ações de prevenção, disponibilização de informação confiável, dentre outros. Assim, este trabalho de conclusão de curso vem para buscar apresentar um modelo que visa minimizar os impactos causados pelo cenário utilizando para isso os conceitos da teoria dos jogos apresentados a seguir.

2.1.2 Modelagem de cenários

Segundo a definição dada por Taha (2007) o modelo retrata a representação matemática do comportamento do mundo real no âmbito assumido. Segundo Stract (1984) citado por Torga, Bruno (2007) “Em um sentido amplo, um modelo é uma certa quantidade de informações e atributos sobre aquilo que é representado, conforme os objetivos e necessidades da análise.” tais modelos podem possuir escalas determinadas a depender do nível de complexidade do sistema analisado ou da necessidade de aproximação ao modelo real requerida.

“No encaminhamento de um estudo de simulação, uma das principais etapas consiste na modelagem do sistema sob estudo, para que se possa observar seu comportamento sob determinadas condições, de forma a, cientificamente, estudá-los e entendê-los. Neste processo, procura-se imitar e criar uma história artificial da atuação e desempenho do sistema real, o que implica na realização de um procedimento experimental (via simulação computacional), posterior à etapa de modelagem.” (FREITAS FILHO 2008 p.5)

Com isso pode-se ver que para a simulação de sistemas reais realizar uma análise precisa para que se obtenha um modelo que se adeque ao problema proposto é fundamental para a obtenção de um resultado satisfatório.

2.1.3 Simulação

Torga, Bruno (2007) discorre sobre as vantagens da simulação, este afirma que tais modelos apresentam vantagens em relação aos modelos matemáticas devido a sua conceituação de fácil compreensão e maior credibilidade devido a possibilidade de comparar o modelo virtual ao real.

Deve-se, de acordo com Freitas Filho (2008) considerar o uso da simulação quando umas das seguintes condições forem verdade.

- I. Não há uma representação matemática do problema.
- II. Não existe solução analítica para o problema.
- III. A experimentação com o sistema real não é adequada.
- IV. A experimentação com o sistema real possui custos muito elevados.
- V. A experimentação no sistema real é difícil ou até mesmo impossível.

Com essa afirmação pode-se compreender por que a modelagem e simulação são as mais adequadas para análise do cenário proposto. Dentro do contexto atual a experimentação real não é uma opção viável e também, pelo fato de ainda não haver modelo matemático estabelecido formalmente, para o jogo escolhido como base.

2.1.4 Teoria dos jogos

A princípio para que se possa se aprofundar na teoria dos jogos em si é interessante que se tenha a compreensão do que seria o jogo em si. Fiani (2014 p.2) afirma que “situações nas quais há interação estratégica podem ser caracterizadas como jogos”. Essas interações por sua vez, ainda conforme Fiani (2014) se caracterizam por situações em que os envolvidos estão cientes de que suas decisões são mutuamente interdependentes.

Essa definição é reafirmada com a descrição dada por Rasmusen, Eric (2005) a respeito da teoria dos jogos, onde ele descreve essa como a área que analisa as ações dos decisores que estão conscientes que suas ações afetam umas às outras. Já Peters, Hans (2015) descreve a teoria dos jogos como o uso de modelos matemáticos para estudar relações de cooperação e competição entre vários envolvidos, definição que muito se assemelha a feita por Straffin, Philip (1993 p.3) “Teoria dos jogos é a análise lógica de situações de conflito e cooperação”.

Agora segundo a afirmação de Fiani (2004 p.09-10) referente as vantagens de se estudar a teoria dos jogos

“A teoria dos jogos ajuda a entender teoricamente o processo de decisão de agentes que interagem entre si, a partir da compreensão da lógica da situação em que estão envolvidos.” [...] “Ajuda a desenvolver a capacidade de raciocinar estrategicamente, explorando as possibilidades de interação dos agentes, possibilidades estas que nem sempre correspondem à intuição.”

Com isso é possível observar que a teoria dos jogos se trata de um modelo de representação matemática voltado para análise de cenários onde há interação estratégica entre indivíduos ou grupos que possuem conhecimento da interdependência das suas ações que oferece suporte a tomada de decisões considerando as ações dos demais envolvidos.

2.1.4.1 Classificação dos jogos

No estudo dos jogos os cenários podem apresentar diferentes conjuntos de características, a depender da sua natureza, e desenvolvimentos. Modelos de jogos podem apresentar características diferentes quanto a número de turnos, Interesse dos jogadores e por fim a cronologia do jogo. Quanto a essas classificações, discorreremos a frente sobre as que possuem maior relevância para o projeto em questão

2.1.4.2 Jogos de estratégia pura e mista

Dentro do que tange a divisão feita com base nos interesses dos jogadores esses podem ser divididos em três: Jogos com interesses idênticos (cooperativos), Jogos com interesses opostos (Não-cooperativos) e Jogos com interesses mistos (cooperativos/não-cooperativos). Com esses, respectivamente, buscando estratégias que convergem para o interesse comum, ações advindas de disputas com interesses opostos e no último caso os jogadores formulam estratégias que hora podem convergir a objetivos comuns e em outra seguir a divergência e disputa. (CÂMARA, SAMUEL FAÇANHA; 2011)

Dadas as classificações de jogo apresentadas será tratado um pouco mais sobre os tipos de estratégias que podem empregadas

“Quando, em vez de escolher entre suas estratégias uma dada estratégia para jogá-la com certeza, um jogador decide alternar entre suas estratégias aleatoriamente, atribuindo uma probabilidade a cada estratégia a ser escolhida, diz-se que o jogador utiliza estratégias mistas. Caso contrário, diz-se que emprega estratégias puras” (FIANI 2004 p. 192)

A definição apresentada por Fiani separa as estratégias empregadas como puras ou mistas e descreve a segunda como uma alternância randômica entre suas possíveis ações. Sua definição se assemelha bastante a dada por Peter, Hans (2015 p.5) “as escolhas aleatórias dos jogadores são usualmente chamadas de estratégias mistas. As escolhas aleatórias são frequentemente interpretadas como a suposição do jogador com relação a ação que será tomada pelo outro jogador”. No entanto Fiani (2004) posteriormente complementa sua definição de estratégias mistas quando aborda sobre jogos não estritamente competitivos afirmando que essa variação aleatória de estratégias pode ser utilizada para reduzir-se as perdas por ser pego desprevenido.

2.1.4.3 Jogos simultâneos e sequenciais

No que se refere a cronologia das ações os jogos podem ser divididos em simultâneos e sequenciais. A ideia chave por trás dos jogos de natureza simultânea subentende-se que ambos os jogadores decidem quais ações irão tomar ao mesmo tempo e que ambos vão decidir sob as mesmas circunstâncias, ou seja caso um deles tome a ação após o primeiro, porém, não possua conhecimento da ação do primeiro jogador. (DUTTA, PRAJIT K. 1999)

Assim, entende-se o caso oposto ao apresentado como um jogo sequencial. Como é possível confirmar através da definição dada por Câmara, Samuel Façanha, (2011) de que os jogos onde há um conhecimento, anterior a decisão, por parte do decisor que tomará a ação tardia, da jogada realizada anteriormente a dele pelos demais envolvidos são apresentados como jogos sequenciais.

2.1.4.4 Jogos repetidos

De acordo com Fiani (2004) esse tipo de jogo se caracteriza por desenvolverem-se no tempo e, assim, possuir uma história, essa conhecida por seus participantes. Tendo em vista essa característica as ações dos jogadores sofrem influência do conhecimento possuído por estes do histórico do jogo, com exceção da primeira iteração onde os jogadores ainda não possuíam conhecimento dos demais. Porém, segundo Dutta, Prajit K. (1999; p209) ”Se, os jogadores acreditam que o comportamento futuro será afetado pela natureza da interação atual, eles podem se comportar de maneiras que não se comportariam de outra forma.” essa afirmação mostra que mesmo que o histórico não interfira iteração entre os jogadores o próprio conhecimento da repetição futura do jogo pode afetar as decisões tomadas.

A seguir, a Tabela 1, apresenta a matriz de repetição do dilema dos prisioneiros apresentada por Fiani em seu livro, como um exemplo da representação de jogos repetidos.

Tabela 1 - Modelo de matriz de jogos repetidos.

Resultado da primeira etapa	Jogador 1	Jogador 2	
		Coopera	Não coopera
Subjogo a partir de (Coopera, Coopera)	Coopera	2,2	0,3
	Não coopera	3, 0	1,1
Subjogo a partir de (Não Coopera, Coopera)	Coopera	3, 0	1,1
	Não coopera	4, -2	2,-1
Subjogo a partir de (Coopera, Não Coopera)	Coopera	0, 3	-2, 4
	Não coopera	1, 1	-1, 2
Subjogo a partir de (Não Coopera, Não Coopera)	Coopera	1, 1	-1, 2
	Não coopera	2, -1	0, 0

Fonte: Fiani, 2004.

Na Tabela 1 vemos a representação do dilema do prisioneiro em duas repetições apresentado por Fiani. Nessa matriz de jogo o autor divide o cenário em subjogos, e mostrando uma matriz representando o resultado o resultado da iteração seguinte dado o resultado obtido na primeira iteração entre os jogadores.

Quanto a natureza simultânea do jogo, representado na Tabela 1, essa permanece inalterada, pois, em cada iteração os jogadores não possuem conhecimento das ações adotadas pelos demais. Partindo para o conceito de equilíbrio dentro desse jogo Hans, Peter (2015 p.126) afirma que se um dos jogadores optar por escolher a ação que representa o equilíbrio de Nash a melhor opção para o segundo jogador será sempre escolher sua melhor ação de resposta, o que faz desse subjogo um equilíbrio perfeito.

“Em um jogo repetido finito, em que o jogo-base apresenta mais de um equilíbrio de Nash, qualquer sequência de combinações de estratégias que sejam equilíbrios de Nash no jogo-base pode constituir um equilíbrio de Nash perfeito em subjogos.” (FIANI 2004; p.275)

Em situações de jogos repetidos os envolvidos podem assumir determinadas estratégias visando aumentar seus payoff's ou para se proteger das ações dos outros jogadores. Essas estratégias podem variar da cooperação total em todos os turnos do jogo a repetir as ações de outro jogador na iteração anterior, porém com isso podemos ver que a depender das

características do jogo e seus equilíbrios um determinado conjunto de jogadas pode ser considerado sempre a melhor combinação de ação a ser tomada, colocando o jogo num ciclo onde sempre é obtido o mesmo retorno.

2.1.4.5 Estratégias dominantes

A dominância é princípio mais básico da estratégia. A relação de dominação entre duas estratégias se dá através do retorno resultante entre elas, se determinada estratégia A possui um maior retorno que a estratégia B em qualquer conjunto de ações dos demais jogadores pode-se afirmar que a estratégia A possui dominância sobre B. Esse conceito mostra que se para todo e qualquer cenário A é no mínimo tão bom quanto B isso mostra que A sempre deve ser escolhida em detrimento de B de forma independente das ações tomadas pelos demais jogadores. (CAMERER, COLIN F. 2003)

Tabela 2 - Exemplo de estratégia estritamente dominante.

	Bonito	
	Aumentar gastos com publicidade	Não aumentar gastos com publicidade
Limpo		
Lançar o produto biodegradável	5, 5	7, 3
Não lançar o produto biodegradável	2, 4	2, 7

Fonte: Fiani, 2004.

Tabela 3- Exemplo de estratégia fracamente dominante.

	Bonito	
	Aumentar gastos com publicidade	Não aumentar gastos com publicidade
Limpo		
Lançar o produto biodegradável	2, 5	7, 3
Não lançar o produto biodegradável	2, 4	2, 7

Fonte: Fiani, 2004.

Em casos como o da Tabela 2 pode-se afirmar que a estratégia A (Lançar o produto biodegradável) é estritamente dominante em relação a B (Não lançar o produto biodegradável),

caso essa possua um payoff maior em qualquer ocasião. Uma estratégia pode ser caracterizada também como fracamente dominante caso em pelo menos um dos cenários ela apresente retorno igual a outra estratégia possível como apresentado no exemplo da Tabela 3.

2.1.4.6 Equilíbrio de Nash

O equilíbrio de Nash trata-se de um modelo amplamente aceito na área da teoria dos jogos sendo o conceito de equilíbrio padrão considerado (Rasmusen, Eric, 2006). Pode-se ver uma tentativa de representação desse equilíbrio no filme de Howard, R e Grazer, B. *Uma mente brilhante* (2001), na icônica cena do bar em que Nash conversa com seus amigos, quando um grupo de garotas entra no bar e seus amigos começam a discutir qual deles deveria investir na loira, Nash descreve o seguinte.

“Se todos nós formos atrás da loira, bloquearemos uns aos outros, e nenhum de nós a conquistará. Daí iremos até suas amigas, mas elas vão nos ignorar, pois ninguém quer ser a segunda opção. E se ninguém for atrás da loira? Não atrapalharemos uns aos outros e não destrataremos as outras garotas. É a única maneira de vencermos. É o único jeito de conseguirmos uma garota. [...] Adam Smith disse que o melhor resultado acontece quando todos em um grupo fazem o melhor para si próprios. Certo? Ele não disse isso? Incompleto! Incompleto!” (filme uma mente brilhante HOWARD, R; GRAZER, B. 2001)

É possível rapidamente realizar uma análise do modelo de jogo descrito por Nash nessa cena dado as três possibilidades apresentadas. Para os participantes: sair com a loira, com a morena ou sozinho podem ser escalados com os seguintes valores de payoff na matriz de ganhos de acordo com o descrito na cena (2,1,0) respectivamente. Para simplificação do exemplo serão considerados apenas dois jogadores, dando ao modelo a seguinte representação apresentada na Tabela-4.

Tabela 4 – Matriz de payoff da interação.

Jogador 1	Jogador 2	
	Loira	Morena
Loira	(0;0)	(1;2)
Morena	(1;2)	(1;1)

A combinação destacada em amarelo na matriz de jogo representa a combinação de estratégias sugerida pela afirmação dita na cena descrita. Entretanto, seguindo pela definição dada para o equilíbrio de Nash por Hans, Peter (2015 p.39) “em um equilíbrio de Nash a

estratégia de cada jogador é a melhor resposta para a estratégia do outro”. Por sua vez Dutta, Prajit K. (1999) afirma que se você se encontra em um caso onde você e seu oponente previram com precisão a ação do outro e respondido da melhor forma possível de acordo com a ação um do outro você se encontra em um equilíbrio de Nash.

Assim pode-se afirmar que a combinação de estratégias que constitui um equilíbrio de Nash é quando cada uma delas é a melhor resposta possível a ação dos demais jogadores e isso é verdade para todos (FIANI 2004). Com isso observa-se o erro cometido na cena em questão, esta não apresenta uma representação correta do equilíbrio de Nash como explicado por Susan Skeath van Mulbregt no vídeo Games People Play: Game Theory in Everyday Life (2015).

Tabela 5 – Equilíbrio de Nash.

	Jogador 2	
Jogador 1	Loira	Morena
Loira	(0;0)	(1;2)
Morena	(1;2)	(1;1)

Dados os conceitos apresentados e forma com a qual o jogo foi descrito este possui dois equilíbrios de Nash, descrevendo a situação em que apenas um dos dois decidiu interagir com a loira.

Existem métodos e softwares que podem ser utilizados para encontrar os equilíbrios dentro de uma matriz de jogo, aplicação ao modelo criado durante esse trabalho de conclusão foi utilizado o Graph Model for Conflict Resolution, visando apresentar uma análise computacional do modelo. O GMCR (Graph Model for Conflict Resolution) é um software para resolução de conflitos, esse software trata-se de um SAD (Sistema de Apoio à Decisão) capaz de analisar conflitos estratégicos. Sua versão GMCR+ foi desenvolvida por Rami A. Kinsara essa versão do software foi desenvolvida para lidar com grandes conflitos.

2.2 JOGO DO BEM MAIOR

O modelo utilizado como base neste estudo será o denominado “Jogo do bem maior”, o mesmo é apresentado na animação Kakegurui (temporada 2, 7º episódio). A animação se passa em uma escola fictícia que é conhecida por reunir filhos de pessoas com grande poder

aquisitivo. Dentro deste ambiente criado, devido a alguma razão, a hierarquia interna é baseada em jogos de azar, inserido nesse contexto é que o jogo que será modelado neste trabalho foi apresentado e denominado como “Jogo do bem maior”.

Este trata-se de um jogo de competição e colaboração mútua onde para obter retorno é necessária a colaboração, entretanto como apenas os três jogadores com maior retorno ao fim da partida receberão recompensa a colaboração total assim como a não colaboração total se tornam pouco viáveis no contexto do jogo para os envolvidos. A combinação entre cooperação e não cooperação inerente as características desse jogo podem defini-lo como um jogo de característica mista.

No jogo em questão ao início dos turnos é fornecido a cada jogador moedas, sendo que cada um possui um montante de 5 moedas de prata, quantidade igual ao número de participantes, independentemente do resultado do turno anterior. Cada jogador pode optar entre utilizar suas moedas entre, pagar seus “tributos” ou guardar em seu “fundo pessoal”, todas as contribuições pagas como tributos ao fim de cada turno são dobradas e divididas igualmente entre todos os jogadores, tendo esse contribuído ou não com os tributos. Enquanto as Moedas alocadas ao fundo pessoais se mantêm com o jogador em questão sem sofrer qualquer alteração e são somadas aos ganhos, o montante ganho ao fim de cada turno não pode ser alocada o turno seguinte.

O jogo se estende por 5 turnos e os ganhos serão distribuídos de acordo com o montante de moedas de cada jogador ao final de todas as iterações, porém aqueles que não obtiverem um número de moedas superior a 40 não terão retorno com o jogo. Sendo essa distribuição feita da seguinte forma de acordo com o valor final obtido.

1. 100 \$
2. 30 \$
3. 3 \$
4. 0 \$
5. 0 \$

Aquele com maior valor receberá o valor de 100 o segundo receberá um montante igual a 30% desse valor e o terceiro 3% os demais jogadores não obterão retorno do jogo.

O tipo do jogo, quanto ao momento das ações dos jogadores, é sequencial cada um realiza sua jogada em “sua vez”. Porém, como o resultado das jogadas individuais só é conhecido ao fim de cada turno e cada jogador age sem conhecimento das ações dos demais, agindo, porém, cientes da existência de outros jogadores. Portanto, de acordo com a definição de Câmara, Samuel Façanha (2011) esse pode ser considerado um jogo simultâneo.

Antes do início de cada rodada os envolvidos podem realizar uma votação entre si visando eliminar um dos jogadores da partida, todas as moedas recolhidas pelo jogador seriam confiscadas e ele seria impedido de participar das rodadas seguintes. Outro fator a ser considerado é de que na animação os personagens utilizam-se de determinados fatores do funcionamento do jogo para entrar em conluio e montar um esquema para obter um resultado favorável a eles. Para fins de simplificação do modelo, como já citado nas delimitações, ações dessa natureza não foram modeladas no problema.

3 MODELO

3.1 ESTABELECIMENTO DO MODELO

Ao realizar uma análise das características apresentadas pode-se montar um modelo que represente o jogo descrito, e adaptá-lo para utilização no cenário proposto. Por motivos de simplificação do modelo alguns aspectos do jogo não serão modelados, como a possibilidade de eliminação dos jogadores, dentro da aplicação real esse aspecto poderia ser considerado como a aplicação de um “Lockdown” o que impediria os envolvidos de agirem contra o “bem maior”.

O jogo possui características definidas através do número de participantes, possui um número de turnos iguais ao número de jogadores. Antes do início de cada turno o resultado do turno anterior é revelado, porém não é revelada a forma com que cada jogador utilizou suas contribuições, nesse caso o resultado de cada interação poderá influir nas ações dos turnos seguintes. As contribuições obtidas em cada turno não podem ser alocadas no turno seguinte, sendo assim a cada turno a contribuição máxima que pode ser alocada por cada jogador representa o número de jogadores e o retorno máximo possível trata-se do dobro deste valor.

Os ganhos ao final do jogo serão distribuídos de acordo com as contribuições totais obtidas por cada um dos jogadores. O modelo estabelecido será de que ao fim aquele que possuir o menor valor de contribuições recolhidas ao longo das rodadas receberá um valor x de modo que os seus ganhos totais sejam metade do que os do jogador que possuiu a segunda menor contribuição ao fim do jogo. Assim são distribuídos os ganhos para o restante dos jogadores com maiores contribuições, respectivamente, de forma que cada jogador receba o dobro daquele com colocação imediatamente inferior. O modelo de distribuição de ganhos difere do apresentado na descrição do jogo, pois, dentro do cenário a obtenção do retorno significaria a retração do cenário de pandemia, sendo assim, todos obteriam retorno de acordo com o resultado, jogadores que obtiveram o mesmo número das contribuições recebem os mesmos ganhos. No modelo adotado todos os que obtiverem ganhos passíveis de retorno obterão retorno independentemente da “posição” em que se encontrem diferentemente do descrito no tópico 2.4.

O jogador que não obtiver o total de contribuições ao final de “ n ” turnos, igual ao resultado do tributo de cooperação de $n-1$ jogadores, ou seja, $n \times (n - 1) \times 2$, não terá retorno ao fim do jogo.

Supondo um retorno final de 90 unidades em um cenário de 5 jogadores com as contribuições finais distribuídas da seguinte forma $Cf_{(Fj1;Fj2;Fj3;Fj4;Fj5)} = (Rj1; Rj2; Rj3; Rj4; Rj5)$ e com o resultado distribuído da seguinte forma $Cf_{(Fj1;Fj2;Fj3;Fj4;Fj5)} = (45,41,41,40,39)$ os ganhos seriam distribuídos como a Tabela 6 abaixo.

Tabela 6 – Exemplo de retorno do modelo.

Jogador	1	2	3	4	5
Contribuições	45	41	41	40	39
Ganhos	4x	2x	2x	X	0
Valor	36	18	18	9	0

3.2 DEFININDO MODELAGEM MATEMÁTICA DO PROBLEMA

Após o apresentado pode ser estabelecido o seguinte sistema de equações para representação do modelo para a aplicação proposta

- Definido o número de jogadores “ n ”.
- Tem-se um número de turnos também igual a “ n ”.
- As possibilidades de jogadas, para cada jogador, são iguais a $n + 1$.
- As possibilidades de cenário para o jogo são $(n + 1)^{n^2}$.
- A condição obter algum retorno é possuir o total de contribuições do jogador ao final de “ n ” igual $2n(n - 1)$.

Analisando a condição de obtenção de retorno é possível observar que quanto maior o número de jogadores envolvidos mais elevado deve ser o nível de cooperação entre os jogadores para que todos (ou algum destes) obtenha ganhos como demonstrado abaixo na Tabela 7.

Tabela 7 - Representação matemática do modelo em n turnos.

Nº jogadores	2	3	4	5	6	7	8	...	100	n
Contribuição necessária	4	12	24	40	60	84	112	...	19800	$2n(n - 1)$
Contribuição máxima sem cooperação	4	9	16	25	36	49	64	...	10000	n^2
Contribuição máxima com cooperação total	8	18	32	50	72	98	128	...	20000	$n^2 \times 2$
Contribuição máxima possível	8	21	40	65	96	133	276	...	29800	$2n(n - 1) + n^2$

Como observado na Tabela 7, para que um jogador obtenha os ganhos máximos possíveis é necessário que este não coopere em nenhum turno e que, apesar disso, todos os outros jogadores cooperem durante todos os turnos. Dado que o resultado de cada turno é conhecido antes do turno posterior pode-se assumir que este é um cenário difícil de se obter.

3.3 APRESENTAÇÃO DE CENÁRIO DE EXEMPLO

3.3.1 Cenário com dois jogadores

Sendo assim assumindo um jogo com dois jogadores, para simplificação da visualização do cenário. Sendo o modelo de representação das jogadas estabelecido da seguinte forma $(C; T)$ onde “ C ” representa o montante inserido no “Caixa pessoal” e “ T ” o valor pago em “Tributos”. E o vetor resultante das combinações definido por $(J1; J2)$ sendo respectivamente os retornos obtidos no turno pelos Jogadores $(J1)$ um e dois $(J2)$. O jogo se apresentaria da seguinte forma:

Tabela 8 – Matriz de retorno em primeiro turno para 2 jogadores.

		Jogador 2		
		Jogadas	(2;0)	(1;1)
Jogador 1	(2;0)	2;2	2,5;1,5	3;1
	(1;1)	1,5;2,5	3;3	4;3
	(0;2)	1;3	3;4	4;4

Jogadas ($C; T$) Resultados ($J1; J2$).

C - Caixa pessoal.

T – Tributos.

Considerando que na segunda rodada as opções de jogadas e os resultados são os mesmos pode-se simplificar a matriz de jogo para apresentar os ganhos dos jogadores a partir das possíveis combinações de resultados conforme apresentado na Tabela 9 da seguinte forma.

Tabela 9 – Matriz de retorno em segundo turno para 2 jogadores.

		TURNO 2								
		2;2	1,5;2,5	1;3	2,5;1,5	3;3	3;4	3;1	4;3	4;4
TURNO 2	2;2	4;4	3,5;2,5	3;5	4,5;3,5	5;5	5;6	5;3	6;5	6;6
	1,5;2,5	3,5;4,5	3;5	2,5;5,5	4;4	4,5;5,5	6,5;7,5	4,5;3,5	5,5;5,5	5,5;6,5
	1;3	3;5	0;5,5	2;6	3,5;4,5	4;6	4;7	4;4	5;6	5;7
	2,5;1,5	4,5;3,5	4;4	3,5;4,5	5;3	5,5;4,5	5,5;5,5	5,5;2,5	6,5;4,5	6,5;5,5
	3;3	5;5	4,5;5,5	4;6	5,5;4,5	6;6	6;7	6;1	7;6	7;7
	3;4	5;6	4,5;6,5	4;7	5,5;5,5	6;7	6;8	6;5	7;7	7;8
	3;1	5;3	4,5;3,5	4;4	5,5;2,5	6;1	6;5	6;2	7;4	7;5
	4;3	6;5	5,5;5,5	5;6	6,5;4,5	7;6	7;7	7;4	8;6	8;7
	4;4	6;6	5,5;6,5	5;7	6,5;5,5	7;7	7;8	7;5	8;7	8;8

Devido ao fato de o jogo ser pensado para vários jogadores, uma partida com essas características, com apenas dois jogadores, todos os jogadores sempre possuem ganhos. Para simplificar o caso será considerado os ganhos no exemplo de maneira binária, Maior contribuição – 1; Menor contribuição – 0, em caso de empates ambos os jogadores ganham e recebem 1.

Tabela 10 - Matriz binaria de retorno de segundo turno para 2 jogadores.

		TURNO 2								
		2;2	1,5;2,5	1;3	2,5;1,5	3;3	3;4	3;1	4;3	4;4
TURNO 1	2;2	1;1	0;1	0;1	1;0	1;1	0;1	1;0	1;0	1;1
	1,5;2,5	0;1	0;1	0;1	1;1	0;1	0;1	1;0	1;1	0;1
	1;3	0;1	0;1	0;1	0;1	0;1	0;1	1;1	0;1	0;1
	2,5;1,5	1;0	1;1	0;1	1;0	1;0	1;1	1;0	1;0	1;0
	3;3	1;1	0;1	0;1	1;0	1;1	0;1	1;0	1;0	1;1
	3;4	0;1	0;1	0;1	1;1	0;1	0;1	1;0	1;1	0;1
	3;1	1;0	1;0	1;1	1;0	1;0	1;0	1;0	1;0	1;0
	4;3	1;0	1;1	0;1	1;0	1;0	1;1	1;0	1;0	1;0
	4;4	1;1	0;1	0;1	1;0	1;1	0;1	1;0	1;0	1;1

Demarcado de amarelo na Tabela 10 estão os equilíbrios do jogo, os equilíbrios devem corresponder aos ganhos reais do jogador, devido a isso a análise dos equilíbrios foi feita sobre a matriz binaria que representa os ganhos, sendo assim aplicando esses pontos de equilíbrio na matriz anterior se obtém a seguinte situação.

Tabela 11 – Matriz de interseção modelo binário x retorno.

		TURNO 2								
TURNO 1		2;2	1,5;2,5	1;3	2,5;1,5	3;3	3;4	3;1	4;3	4;4
	2;2	4;4	3,5;2,5	3;5	4,5;3,5	5;5	5;6	5;3	6;5	6;6
	1,5;2,5	3,5;4,5	3;5	2,5;5,5	4;4	4,5;5,5	6,5;7,5	4,5;3,5	5,5;5,5	5,5;6,5
	1;3	3;5	0;5,5	2;6	3,5;4,5	4;6	4;7	4;4	5;6	5;7
	2,5;1,5	4,5;3,5	4;4	3,5;4,5	5;3	5,5;4,5	5,5;5,5	5,5;2,5	6,5;4,5	6,5;5,5
	3;3	5;5	4,5;5,5	4;6	5,5;4,5	6;6	6;7	6;1	7;6	7;7
	3;4	5;6	4,5;6,5	4;7	5,5;5,5	6;7	6;8	6;5	7;7	7;8
	3;1	5;3	4,5;3,5	4;4	5,5;2,5	6;1	6;5	6;2	7;4	7;5
	4;3	6;5	5,5;5,5	5;6	6,5;4,5	7;6	7;7	7;4	8;6	8;7
	4;4	6;6	5,5;6,5	5;7	6,5;5,5	7;7	7;8	7;5	8;7	8;8

Os cenários destacados na Tabela 11 em amarelo apresentam o cenário onde ambos os jogadores obterão o mesmo retorno do jogo. A situação ideal para cada jogador individualmente apresenta-se no cenário binário de combinações (1;0) e (0;1) pois é nesse cenário que o payoff é maximizado para o que menos houver contribuído com os tributos.

O exemplo apresentado demonstra parcialmente as características do jogo facilitando a visão dos cenários, entretanto, dadas as características do jogo ambos os jogadores sempre possuem retorno nesse cenário, tornando assim a não cooperação destes um possível resultado favorável para ambos.

3.3.2 Cenário com três jogadores

Elevando um pouco a complexidade do cenário incluindo mais um jogador no problema (J3) obtém-se um novo vetor de representação dos resultados. Constituído de maneira similar ao caso anteriormente demonstrado, com o atual sendo representado da seguinte forma (J1;J2;J3) com os ganhos respectivos dos jogadores um dois e três. Para simplificação desse cenário, os retornos foram arredondados para valores inteiros, aproximando-os sempre para baixo, dessa forma a primeira interação do jogo se apresentaria da seguinte forma:

Tabela 12- Matriz de jogo para três jogadores.

		Jogador 3			
Jogador 1	Jogador 2	(3;0)	(2;1)	(1;2)	(0;3)
(3;0)	(3;0)	(3;3;3)	(3;3;2)	(4;4;2)	(5;5;2)
(3;0)	(2;1)	(3;2;3)	(4;3;3)	(5;4;3)	(5;4;2)
(3;0)	(1;2)	(4;2;4)	(5;3;4)	(5;3;3)	(6;4;3)
(3;0)	(0;3)	(5;2;5)	(5;2;4)	(6;3;4)	(7;4;4)
(2;1)	(3;0)	(2;3;3)	(3;4;3)	(4;5;3)	(4;5;2)
(2;1)	(2;1)	(3;3;4)	(4;4;4)	(4;4;3)	(5;5;3)
(2;1)	(1;2)	(4;3;5)	(4;3;4)	(5;4;4)	(6;5;4)
(2;1)	(0;3)	(4;2;5)	(5;3;5)	(6;4;5)	(6;5;4)
(1;2)	(3;0)	(2;4;4)	(3;5;4)	(3;5;3)	(4;6;3)
(1;2)	(2;1)	(3;4;5)	(3;4;4)	(4;5;4)	(5;6;4)
(1;2)	(1;2)	(3;3;5)	(4;4;5)	(5;5;5)	(5;5;4)
(1;2)	(0;3)	(4;3;6)	(5;4;6)	(5;4;5)	(6;5;5)
(0;3)	(3;0)	(2;5;5)	(2;5;4)	(3;6;4)	(4;7;4)
(0;3)	(2;1)	(2;4;5)	(3;5;5)	(4;6;5)	(4;6;4)
(0;3)	(1;2)	(3;4;6)	(4;5;6)	(4;5;4)	(5;6;5)
(0;3)	(0;3)	(4;4;7)	(4;4;6)	(5;5;6)	(6;6;6)

Jogadas ($C; T$) Resultados ($J1; J2; J3$).

C - Caixa pessoal.

T – Tributos.

Na Tabela 12 é possível destacar 3 principais cenários baseados nos possíveis resultados da primeira iteração entre os jogadores. O primeiro a ser discutido é o resultado obtido com a não cooperação de todos os envolvidos, de acordo com as características do jogo, torna-se certo que para obter retorno pelo menos um dos jogadores precisa contribuir nas rodadas seguintes do jogo. Caso se mantenham utilizando a mesma estratégia é garantido que nenhum jogador terá retorno, pois com o retorno mínimo de 3 a cada turno não garantiriam um payoff de 12 ao final da última repetição.

A segunda estratégia destacada a ser tratada é a que todos os jogadores contribuíram para o bem maior, nesse cenário todos obtém um payoff igual a 6 ao final primeira repetição o que garante a todos uma gama maior de resultados onde obterão retorno nas iterações futuras.

Vale ressaltar também que, em sua maioria, as opções de maiores retornos dentro do turno, partem da cooperação majoritária entre os jogadores, porém, o equilíbrio de Nash não se encontra na cooperação total.

Isso é o que leva a análise a próxima situação, que é o cenário de maior ganho, esse se constitui da não colaboração de apenas um jogador, sendo esse aquele que possui o maior retorno no turno. À primeira vista esse cenário poderia aparentar o melhor caso analisado puramente através dos ganhos no turno, porém como nesse modelo o retorno só ocorre ao final da última repetição pode-se ser observado o seguinte padrão, de acordo com os resultados possíveis do turno. Observando a Tabela 12 e realizando o comparativo dos possíveis cenários a melhor estratégia para cada jogador individualmente é no cenário onde apenas ele aloca toda sua contribuição no caixa pessoal, pois esse assumiria uma vantagem sobre os demais. Dado que os retornos e estratégias para todos os jogadores são iguais, variando apenas dentro de suas possíveis combinações, a melhor jogada possível para todos os jogadores é a mesma e com isso o equilíbrio é encontrado no seguinte vetor C_e de jogo.

$$\text{Equilíbrio de Nash} \text{ — } C_e [J1(3; 0); J2 (3; 0); J3 (3; 0)] = P(3; 3; 3).$$

Sendo assim e possível observar que a melhor combinação de estratégias para o primeiro turno apresenta um vetor de payoff $P(3; 3; 3)$. No entanto dadas as características do jogo, adotar essa estratégia em todos os turnos resultaria em um cenário onde nenhum dos jogadores obteriam retorno.

Com a apresentação e análise desse cenário dentro do modelo representado é possível observar o crescimento exponencial do número de jogadas possíveis com a inclusão de mais jogadores envolvidos, assim como, a elevação da complexidade relativa do jogo com essa expansão do cenário. Tendo em vista esse aumento de complexidade, determinadas simplificações se fazem necessárias durante a aplicação do modelo no problema proposto, desde a definição de jogadas padrões pelo contexto, características ou comportamento base do jogador, baseadas nas condições estabelecidas para cada jogador.

4 APLICAÇÃO DO MODELO

Durante a aplicação do modelo determinadas considerações são adotadas para simplificação do problema tratado, como a definição de ações que delimitarão as possíveis jogadas de cada entidade assim como a quantidade de repetições do ao qual o modelo será aplicado. Dadas as características do cenário avaliado o número de turnos “N” real do jogo é desconhecido e podendo tender a valores elevados a depender da unidade utilizada como base para o tempo por isso esse tipo de consideração não será feita durante a aplicação do modelo. Toda análise acontece em turnos “N” constituído por “T” unidades de tempo, iguais para todos os modelos apresentados, apenas para mensurar qualitativamente o tempo percorrido para conclusão de cada ação e das considerações feitas durante a análise dos resultados.

Sendo, dentro do modelo estabelecido, as jogadas caracterizadas na forma $(C; T)$ onde “C” representa o montante inserido no “Caixa pessoal” e “T” o valor pago em “Tributos”. Aplicando-se as características do cenário ao modelo, o “C” representa ações tomadas pelas entidades que vão contra as recomendações e procedimentos de prevenção a infecção e a propagação da COVID-19 causada pelo novo Coronavírus assim como, as ações destes que ferem as restrições impostas por lei. Já os “Tributos” (T) se caracterizam pela obediência e respeito pelas normas, recomendações e procedimentos de prevenção. Assim, sempre que for citado que as ações de um jogador contribuem para o bem maior, subentende-se, que as ações deste seguem as recomendações voltadas a manutenção da saúde pública.

4.1 DESCRIÇÃO DO CENÁRIO DE APLICAÇÃO E MODELO DE ANÁLISE

Dado o jogo apresentado, o problema a ser abordado utilizando-o como base será a situação de pandemia atual e a influência das ações de determinados grupos sobre o cenário. Estes grupos serão tratados como os jogadores em questão, serão feitas determinadas simplificações para realização da análise.

Utilizando como base os comportamentos observados durante o cenário atual seriam considerados 5 grupos, também visando reduzir o número de jogadores para evitar tornar o jogo demasiadamente complexo, e estes seriam os distribuídos da seguinte forma.

- Jogador 1: Representa as ações das organizações do setor de saúde em geral.

- Jogador 2: Organizações contidas no grupo de atividades e serviços “Essenciais”.
- Jogador 3: Organizações contidas no grupo de serviços e atividades “Não essenciais” obedecendo as restrições do cenário atual.
- Jogador 4: Organizações contidas no grupo de serviços e atividades “Não essenciais” que não obedecem às restrições do cenário atual.
- Jogador 5: Representa de maneira geral o comportamento social durante o cenário atual

Dado os jogadores, será estabelecido um padrão de jogo para eles considerando a análise de seus comportamentos e o impacto dos resultados de cada turno e das ações dos demais jogadores, levando em conta os aspectos de cada um. Outro fator a ser estabelecido para a análise será o de que, caso o jogador 1 (setor de saúde) não obtenha contribuições necessárias para ter retorno ao fim dos N turnos nenhum dos jogadores obterá ganhos. Caso tal cenário se estabeleça uma crise no sistema de saúde abalaria todos os outros jogadores de maneira imensurável.

4.2 PADRÃO DE COMPORTAMENTO DOS JOGADORES

Considerando os fatores apresentados, o modelo de comportamento proposto dado o cenário observado para cada jogador configura-se da seguinte forma:

- Jogador 1: Dado que, o setor em questão, se mantém em funcionamento agindo contra a crise, este sempre apresentará posicionamento em favor do bem maior, favorecendo sempre o grupo, assim, dependendo das jogadas destes para poder obter ganhos ao final do jogo.
- Jogador 2: Por continuarem a agir devido a seu fator essencial a sociedade suas funções são preferencialmente em favor do bem maior. Dependendo de sua conduta e das medidas adotadas por ela assim como pelos outros grupos, pelos outros jogadores, pode tornar suas jogadas desfavoráveis ao bem maior, mas devido ao seu caráter essencial nunca apresentará contraposição total ao bem maior.
- Jogador 3: Esse jogador apresenta inicialmente comportamento favorável ao bem maior, entretanto, quanto maior o turno “n” caso esse não possua “contribuições” o suficiente para obter retornos ao fim do jogo este mudará a amplitude de suas jogadas para se “proteger”. Essa mudança de comportamento foi representada com a inclusão do jogador 4.

- Jogador 4: Esse jogador apresenta comportamento essencialmente contrário ao bem maior, no entanto, a depender das ações do jogador 5 (comportamento social) no turno anterior a amplitude de sua jogada contrária, pode ser reduzida. Esse jogador, no entanto, nunca realizará uma ação em favor do grupo de forma majoritária, pois caso isso viesse a acontecer seria caracterizado como a descrição do Jogador 3, nesse cenário o Jogador 4 apenas deixaria de existir reduzindo assim a complexidade do problema.
- Jogador 5: Dado o cenário e a divergência de ações entre estados e cidades e as atitudes tomadas de maneira geral esse jogador apresentara comportamento randômico, podendo assim assumir qualquer valor de jogada em quaisquer turnos.

Dessa forma ao Jogador 1 (Saúde Pública) será admitida a estratégia com foco na cooperação onde, esse jogador, em todos os turnos realiza ações unicamente cooperativas. Quanto a relação do comportamento do Jogador 3 ela se dá devido ao fator econômico do cenário considerado, pois, como mostrado nos capítulos iniciais, as empresas não contidas no grupo das essenciais sofreram com restrições em determinados períodos durante o período de pandemia. Em alguns momentos tendo até seu funcionamento suspenso, seja apenas no modelo presencial ou em ambos a variar dos casos característicos de cada um dos que compõe o grupo descrito em questão.

Considerado os dados apresentados na seção de vulnerabilidade socioeconômica, empresas que se encaixam no perfil do Jogador 3 podem não sobreviver a essas restrições por períodos prolongados, principalmente no caso das de menor porte. O maior número de turnos representaria também um alongamento no período de crise o que elevaria a exposição desse grupo as restrições impostas a eles, podendo fazer com que houvesse uma redução no número de empresas que se caracterizam como a entidade definida para o jogador 3. Ocasionalmente assim um aumento no montante das que se enquadram na descrição da que foi definida para o jogador 4, reduzindo assim a amplitude de jogada de ambos os jogadores os tornando menos favoráveis ao bem maior podendo gerar um cenário onde o Jogador 3 fosse inexistente.

Já no que tange a relação entre as ações do Jogador 5 (comportamento social) e do jogador 4, se dá no fato de que, quanto mais favorável for o comportamento social em relação a saúde pública menor será o impacto que as ações das organizações que desobedecem às suas restrições poderão causar ao bem maior.

4.3 APLICANDO O MODELO AO CENÁRIO

A princípio para aplicação do modelo foram estabelecidas as formatações básicas do jogo e das jogadas para atender ao modelo matemático estabelecido.

As jogadas foram construídas com as seguintes características em sua representação no modelo matemático. A jogada será dada por uma combinação de jogada C_n constituída por $(C;T)$, representando respectivamente o “caixa pessoal” e o “tributo”, que será adotado por uma entidade $J(M_n)$ sendo “M” o número que representa o jogador e “n” representando o turno em que a jogada está sendo feita. Aplicando o comportamento ao vetor de jogo de cada entidade, podemos obter as seguintes possibilidades de jogadas para cada um dos envolvidos:

- Jogador 1: $J1_n [C_1 = (0; 5)]$
- Jogador 2: $J2_n [C_1 = (0; 5); C_2 = (1; 4); C_3 = (2; 3); C_4 = (3; 2); C_5 = (4; 1)]$
- Jogador 3: $J3_n [C_1 = (0; 5); C_2 = (1; 4); C_3 = (2; 3)]$
- Jogador 4: $J4_n [C_4 = (3; 2); C_5 = (4; 1); C_6 = (5; 0)]$
- Jogador 5: $J5_n [C_1 = (0; 5); C_2 = (1; 4); C_3 = (2; 3); C_4 = (3; 2); C_5 = (4; 1); C_6 = (5; 0)]$

As limitações de cenários dos jogadores 3 e 4 se devem ao fato de que ambos representam uma mesma entidade dividida apenas por seu modelo comportamental. Assim, se todas as empresas cumprissem com as restrições, não haveria necessidade de um 4 jogador da mesma forma que na situação oposta, o jogador 3 não precisaria ser considerado. Quanto ao vetor de jogo de cada um deles para redução dos cenários possíveis e simplificação do modelo foram consideradas as seguintes premissas.

Iniciando pela descrição da particularidade do Jogador 3, este jogador iniciará jogando em favor do bem maior com $J3_1 = C (5;0)$. Já o Jogador 4 terá suas jogadas influenciadas pelo jogador 5, partindo do pressuposto de que, caso a sociedade respeite as restrições e assumam o comportamento indicado pelos órgãos de saúde agindo a favor do bem maior, as consequências causadas pelo comportamento do jogador $J4$ seriam reduzidas. Sendo assim quando o comportamento social for favorável ao grupo, ou seja, tenha assumido uma estratégia $J5_n$ com valor de tributo superior a 3; as ações possíveis desse jogador seguirão esse vetor $J4_{n+1} = [C_4 = (3;2); C_5 = (4;1)]$, porém quando esse comportamento for desfavorável ao grupo o novo vetor seria descrito da seguinte forma $J4_{n+1} [C_5 = (4;1); C_6 = (5;0)]$.

Quanto a temporalidade do comportamento do Jogador 3 devemos considerar o seguinte fator. O modelo montado possui repetição em N finitos turnos, no entanto o modelo será aplicado em um cenário real de incertezas quanto a duração das interações entre os jogadores. Dessa forma será feita uma mescla entre a característica de temporalidade do modelo e o do Jogador em questão. No modelo, o número de turnos é definido pela quantidade de envolvidos, o proposto é que o vetor de jogo seja reduzido, partindo das ações com maior contribuição com o grupo as de menor contribuição, até que o vetor deixe de existir. Essas reduções do vetor de jogo ocorreriam com o passar de N turnos, como valor de N sendo igual ao número de jogadores. Em outras palavras, quanto mais tempo se passar, mais empresas propensas a não obediência as restrições surgirão fazendo assim com que todas as entidades que compõem o Jogador 3 serem nesse momento alocadas ao Jogador 4 o que reduzirá o potencial de contribuição do Jogador 3 ao logo desses intervalos de tempo.

Essa característica temporal do comportamento, no entanto, não será demonstrada durante a aplicação do problema, devido ao fato de que, para que esta venha a acontecer seria necessária a representação de um grande número de repetições, o que acabaria por estender demasiadamente esta análise. Entretanto considerações sobre essa característica serão feitas durante a discussão das conclusões obtidas através do projeto.

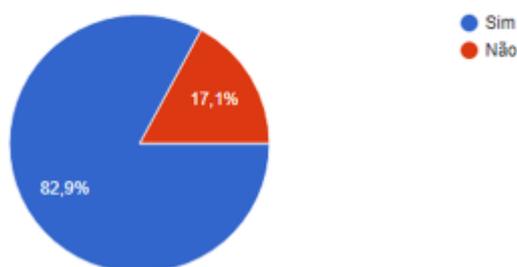
4.4 AVALIAÇÃO DO CENÁRIO REAL

Para obtenção de dados sobre o padrão de comportamento dos jogadores na região foi realizada uma pesquisa visando obter essas informações para aplicação ao modelo. A pesquisa foi realizada através do Google Formulários.

O primeiro ponto questionado é referente à confirmação da existência de empresas não essenciais que mantiveram o funcionamento nos períodos de restrição visando provar a existência do jogador 4 no cenário proposto, o resultado obtido está apresentado no Gráfico 3 a seguir.

Gráfico 3 - Padrão de social no período de pandemia.

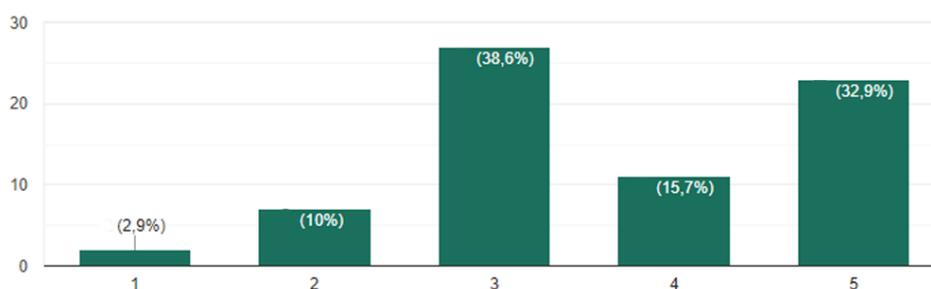
Durante o período de restrição, houveram instituições fora do grupo das consideradas atividades essenciais e necessárias que se mantiveram em funcionamento, em contradição aos decretos de suspensão de atividade,, em sua cidade?



Através das informações obtidas com a pesquisa foi possível confirmar a existência do padrão em questão nas empresas “Não Essenciais” dentro da região de análise delimitada, trazendo assim o modelo para o cenário apresentado com 5 jogadores. Também foi levantado o questionamento referente ao comportamento da sociedade nesse momento em questão para que se pudesse avaliar o padrão de comportamento real apresentado como demonstrado no Gráfico 4.

Gráfico 4 - Padrão de comportamento social no período de pandemia.

Como voce descreveria o cumprimento dos procedimentos prevenção a infecção e a propagação do COVID-19 da população da sua cidade?

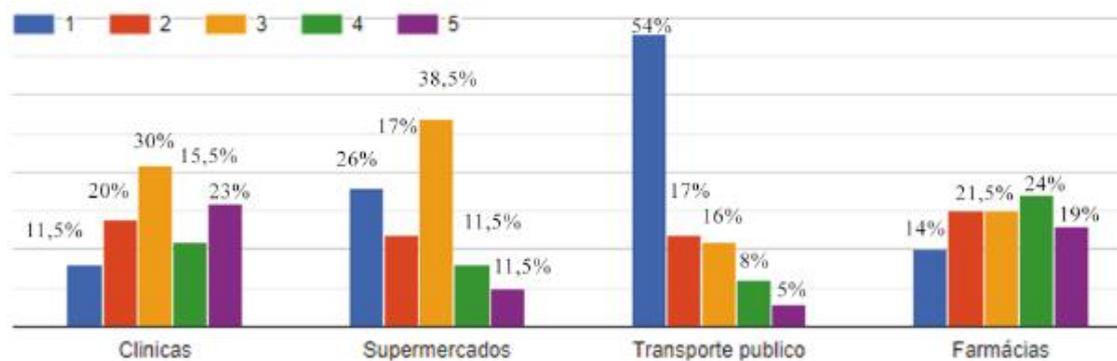


Como observado no Gráfico 4 o padrão de comportamento da sociedade na região de Pernambuco se apresenta distribuído entre todas as amplitudes de jogo como estabelecido, porém com maior concentração nas ações direcionadas ao bem maior. Esse fator indica um maior comprometimento ao cumprimento dos procedimentos de prevenção a infecção assim como das leis e restrições estabelecidas durante o período. Dados sobre o comportamento de empresas contidas nos grupos essenciais e não essenciais também foram coletados para avaliar

seu comportamento padrão no Gráfico 5 é apresentado o comportamento de empresas Essenciais.

Gráfico 5 - Padrão de comportamento das empresas essenciais durante o período de pandemia.

Em sua cidade como voce descreveria o cumprimento dos procedimentos prevenção a infecção e a propagação do COVID-19 das seguintes instituições



Nesse ponto vemos uma variação no comportamento a depender do componente da entidade avaliado. Essa variação apresenta sob a perspectiva social como uma entidade essencial pode apresentar ações contra o social, ao não adotar ou adotar com pouco rigor os procedimentos de prevenção propostos. Com as informações obtidas através da pesquisa vemos como o comportamento das entidades está distribuído no cenário real através da perspectiva facilitando assim a visualização do cenário em que esses se encontram dentro da matriz de jogo apresentada no ponto a seguir.

4.4.1 Apresentação da matriz de jogo

Com todas as considerações feitas pode-se iniciar a análise do problema. Para isso, a princípio, foi montada Tabela 13, que representa a primeira repetição do jogo, apresentada a seguir.

Tabela 13 - Matriz de primeira repetição do jogo.

J1	J3	J2	J4	J5					
				(5;0)	(4;1)	(3;2)	(2;3)	(1;4)	(0;5)
(0;5)	(0;5)	(4;1)	(5;0)	(4;8;4;9;9)	(4;8;4;9;8)	(4;8;4;9;7)	(4;8;4;9;6)	(6;10;6;11;7)	(6;10;6;11;6)
			(4;1)	(4;8;4;8;9)	(4;8;4;8;8)	(4;8;4;8;7)	(6;10;6;10;8)	(6;10;6;10;7)	(6;10;6;10;6)
			(3;2)	(4;8;4;7;9)	(4;8;4;7;8)	(6;10;6;9;9)	(6;10;6;9;8)	(6;10;6;9;7)	(6;10;6;9;6)
		(3;2)	(5;0)	(4;7;4;9;9)	(4;7;4;9;8)	(4;7;4;9;7)	(6;9;6;11;8)	(6;9;6;11;7)	(6;9;6;11;6)
			(4;1)	(4;7;4;8;9)	(4;7;4;9;7)	(6;9;6;10;9)	(6;9;6;10;8)	(6;9;6;10;7)	(6;9;6;10;6)
			(3;2)	(4;7;4;7;9)	(6;9;6;9;10)	(4;9;4;9;9)	(6;9;6;9;8)	(6;9;6;9;7)	(6;9;6;9;6)
		(2;3)	(5;0)	(4;6;4;9;9)	(4;6;4;9;8)	(6;8;6;11;9)	(6;8;6;11;8)	(6;8;6;11;7)	(6;8;6;11;6)
			(4;1)	(4;6;4;8;9)	(6;8;6;10;10)	(6;8;6;10;9)	(6;8;6;10;8)	(6;8;6;10;7)	(6;8;6;10;6)
			(3;2)	(6;8;6;9;11)	(6;8;6;9;10)	(6;8;6;9;9)	(6;8;6;9;8)	(6;8;6;9;7)	(8;10;8;11;6)
		(1;4)	(5;0)	(4;5;4;9;9)	(6;7;6;11;10)	(6;7;6;11;9)	(6;7;6;11;8)	(6;7;6;11;7)	(6;7;6;11;6)
			(4;1)	(6;7;6;10;11)	(6;7;6;10;10)	(6;7;6;10;9)	(6;7;6;10;8)	(6;7;6;10;7)	(8;9;8;12;8)
			(3;2)	(6;7;6;9;11)	(6;7;6;9;10)	(4;8;4;9;9)	(6;7;6;9;8)	(8;9;8;11;9)	(8;9;8;11;8)
		(0;5)	(5;0)	(6;6;6;11;11)	(6;6;6;11;10)	(6;6;6;11;9)	(6;6;6;11;8)	(6;6;6;11;7)	(8;8;8;13;8)
			(4;1)	(6;6;6;10;11)	(6;6;6;11;10)	(6;6;6;10;9)	(6;6;6;10;8)	(8;8;8;12;9)	(8;8;8;12;8)
			(3;2)	(6;6;6;9;11)	(6;6;6;11;10)	(6;6;6;9;9)	(8;8;8;11;10)	(8;8;8;11;9)	(8;8;8;11;8)

Dadas as considerações de limitação, foi possível realizar uma redução no número de cenários possíveis deixando nossa matriz de primeira repetição com apenas 90 cenários resultantes, um terço da quantidade dos turnos seguintes. Entretanto, nesse cenário já é possível realizar inferências com relação as características do jogo e aos resultados possíveis. Devido à alta complexidade para apresentação de todos os subjogos resultantes dessa primeira interação nossas análises serão feitas através da matriz representativa da primeira interação e da simulação computacional da matriz de jogo completa através do GMCR+.

4.5 APLICAÇÃO AO GMCR+

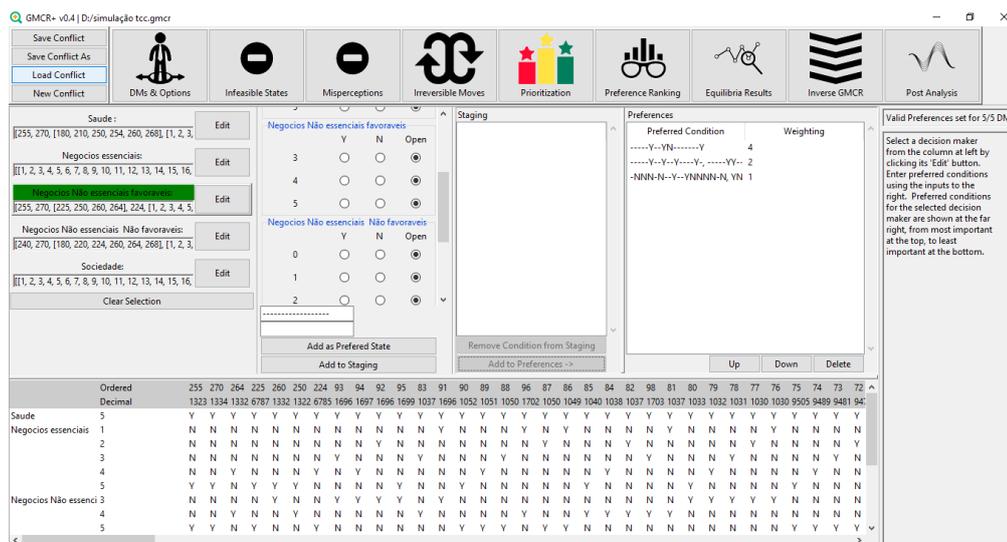
Nesse ponto foi feito a representação do modelo no software.

4.5.1 Parâmetros da aplicação no GMCR+

Definidos os parâmetros do problema, esses foram adaptados para se tornarem compatíveis com a linguagem do programa a ser utilizado. No GMCR+ como visto na figura 4. A princípio é necessário adicionar os decisores e suas possíveis ações, como dentro do programa toda ação se resolve em uma resposta binária de sim ou não os vetores de jogos foram

Após a definição das restrições foi necessário realizar a priorização das ações de cada jogador individualmente. Estabelecendo qual era o resultado mais favorável para cada um deles. A definição dessas prioridades levou em consideração os payoff's apresentados na Tabela 13. A Figura 6 abaixo apresenta a priorização dos resultados para o Jogador 3 (Negócios não essenciais favoráveis ao bem maior).

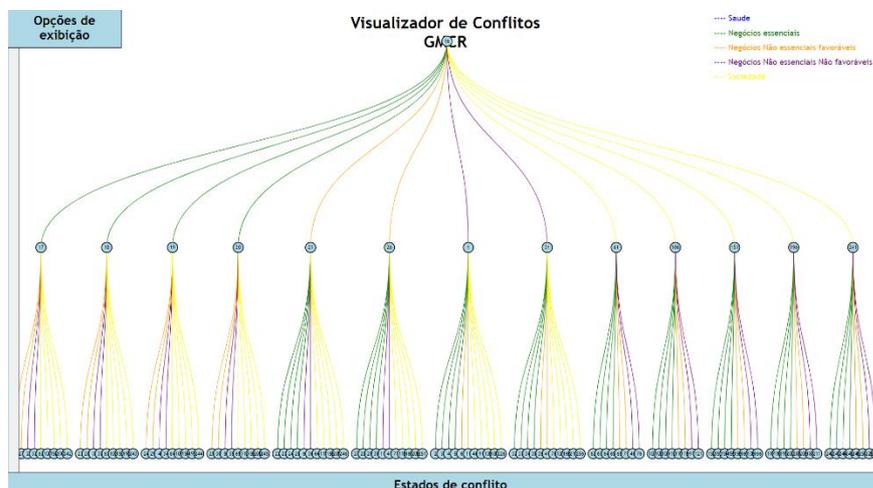
Figura 6 - Priorização do Payoff's no GMCR+



4.5.2 Resultados obtidos

Após a definição de todos os parâmetros foi obtido através do visualizador de conflitos a representação da árvore de conflitos do jogo demonstrando as combinações de ações que resultam em cada conjunto de possibilidades do jogo. Como apresentado na Figura 7 mostrada a seguir.

Figura 7 – estados de conflito



Como pode ser observado através da Figura 9 o cenário da ação [270] se caracteriza por uma jogada constituída da seguinte forma $J_n [J_1 = (0; 5); J_2 = (0; 5); J_3 = (0; 5); J_4 = (3; 2); J_5 = (0; 5)]$ esse conjunto de ações representa a maior contribuição possível de ser obtida de cada jogador, incluindo o Jogador 4 que é normalmente contrário ao grupo. Esse resultado demonstra que, mesmo que, agir de maneira individual lhe possa garantir melhores retornos, dada a existência de um jogador naturalmente contrário a colaboração se torna a melhor opção de ação.

5 CONCLUSÃO

O resultado geral desse trabalho de conclusão de curso, foi demonstrado a partir da criação de um modelo que pudesse ser utilizado para análise do comportamento social durante o período atual. E do qual a partir dele pudessem ser feitas inferências e análises sobre a sociedade e seus componentes na fase em que se encontra.

Para início de discussão é interessante que os casos extremos sejam analisados e que suas implicações sejam discutidas. O primeiro desses a ser tratado é do cenário ideal, dados todos os pressupostos e forma do modelo apresentado tal situação aconteceria em um conjunto de estratégias de colaboração total. Em tal caso é plausível inclusive afirmar que o Jogador 4 (empresas não essenciais que não cumpriam as restrições) não existiriam, reduzindo assim complexidade da avaliação e removendo da equação uma entidade que possui natureza naturalmente contrária as demais, dado que suas ações nunca favorecem prioritariamente o grupo. Com a maximização da colaboração entre os jogadores o número de repetições para que a saúde conseguisse um retorno (que no caso seria a contenção da situação de crise) seria reduzido, maximizando assim as chances dos demais jogadores obterem um resultado favorável ao fim do cenário.

Um fator que é que pode se observar na Tabela 10 é o número de jogadas inviáveis existentes no jogo. Dada a consideração do número máximo de turnos ser igual ao de jogadores e de que segundo a modelagem matemática do problema apresentada na Tabela 4 a contribuição mínima necessária para retorno em um cenário com 5 jogadores é de 40. É preciso então que o retorno das contribuições somadas sejam de ao menos 8 em cada turno para que a saúde, representada pelo Jogador 1, pudesse obter ganhos ao final das repetições. Isso causa uma grande limitação nas jogadas viáveis dado que um dos jogadores nunca é favorável a maioria. Isso exige uma maior contribuição dos demais para obtenção do mesmo resultado. Abaixo a Tabela 14 apresenta o modelo apresentado anteriormente destacando apenas as estratégias viáveis.

Tabela 14 – Cenários viáveis na matriz de jogo.

				J5					
J1	J3	J2	J4	(5;0)	(4;1)	(3;2)	(2;3)	(1;4)	(0;5)
(0;5)	(0;5)	(4;1)	(5;0)	(4;8;4;9;9)	(4;8;4;9;8)	(4;8;4;9;7)	(4;8;4;9;6)	(6;10;6;11;7)	(6;10;6;11;6)
			(4;1)	(4;8;4;8;9)	(4;8;4;8;8)	(4;8;4;8;7)	(6;10;6;10;8)	(6;10;6;10;7)	(6;10;6;10;6)
			(3;2)	(4;8;4;7;9)	(4;8;4;7;8)	(6;10;6;9;9)	(6;10;6;9;8)	(6;10;6;9;7)	(6;10;6;9;6)
		(3;2)	(5;0)	(4;7;4;9;9)	(4;7;4;9;8)	(4;7;4;9;7)	(6;9;6;11;8)	(6;9;6;11;7)	(6;9;6;11;6)
			(4;1)	(4;7;4;8;9)	(4;7;4;8;7)	(6;9;6;10;9)	(6;9;6;10;8)	(6;9;6;10;7)	(6;9;6;10;6)
			(3;2)	(4;7;4;7;9)	(6;9;6;9;10)	(4;9;4;9;9)	(6;9;6;9;8)	(6;9;6;9;7)	(6;9;6;9;6)
		(2;3)	(5;0)	(4;6;4;9;9)	(4;6;4;9;8)	(6;8;6;11;9)	(6;8;6;11;8)	(6;8;6;11;7)	(6;8;6;11;6)
			(4;1)	(4;6;4;8;9)	(6;8;6;10;10)	(6;8;6;10;9)	(6;8;6;10;8)	(6;8;6;10;7)	(6;8;6;10;6)
			(3;2)	(6;8;6;9;11)	(6;8;6;9;10)	(6;8;6;9;9)	(6;8;6;9;8)	(6;8;6;9;7)	(8;10;8;11;6)
		(1;4)	(5;0)	(4;5;4;9;9)	(6;7;6;11;10)	(6;7;6;11;9)	(6;7;6;11;8)	(6;7;6;11;7)	(6;7;6;11;6)
			(4;1)	(6;7;6;10;11)	(6;7;6;10;10)	(6;7;6;10;9)	(6;7;6;10;8)	(6;7;6;10;7)	(8;9;8;12;8)
			(3;2)	(6;7;6;9;11)	(6;7;6;9;10)	(4;8;4;9;9)	(6;7;6;9;8)	(8;9;8;11;9)	(8;9;8;11;8)
(0;5)	(5;0)	(6;6;6;11;11)	(6;6;6;11;10)	(6;6;6;11;9)	(6;6;6;11;8)	(6;6;6;11;7)	(8;8;8;13;8)		
	(4;1)	(6;6;6;10;11)	(6;6;6;11;10)	(6;6;6;10;9)	(6;6;6;10;8)	(8;8;8;12;9)	(8;8;8;12;8)		
	(3;2)	(6;6;6;9;11)	(6;6;6;11;10)	(6;6;6;9;9)	(8;8;8;11;10)	(8;8;8;11;9)	(8;8;8;11;8)		

Agora partindo para o próximo extremo, que seria a não colaboração total, vemos um panorama bem preocupante dado que na situação real o número de repetições desse jogo seria considerado infinito. Nesse cenário dado que apenas a saúde contribuiria com o bem maior nenhum dos jogadores teriam retorno o suficiente para obter ganhos, dado que a perda da saúde significaria uma possível crise nesse setor que afearia todas as entidades estabelecidas.

E podemos observar que esse comportamento diverge do ideal obtido com a análise do jogo. Em sua maioria os componentes sociais estão agindo contra o bem social o que pode ser uma das causas do prolongamento de todo o estado de pandemia vivido. Dentro do modelo é possível ver que a cooperação entre as partes é um fator de suma importância para o avanço dos resultados comuns do grupo no que tange o aspecto de saúde pública. As inferências mostram quanto impacto uma única parte contrária ao objetivo do grupo pode ser significativa no resultado visado pelos demais.

Foi possível observar também a efetividade do uso da teoria dos jogos para ilustrar e representar cenários de interação social, através da adaptação de modelos visando tal análise. A capacidade da teoria dos jogos de realizar inferências precisas dentro de cenários de estratégias que variam da cooperação a competição. Este trabalho também abre espaço para mais pesquisas na área observada, seja por um estudo mais aprofundado do modelo estabelecido, visando, a análise dele em diversas repetições ou da influência do comportamento

dos agentes sociais na contenção do cenário de pandemia, muitas áreas ainda podem ser exploradas.

Quanto aos resultados e ganhos, atingidos, com a aplicação do modelo proposto pelo projeto foram: obter, com a análise deste, os cenários com o menor impacto para os jogadores como indivíduo e para a sociedade como um todo, demonstrar o impacto das ações individuais no grupo e demonstrar também a efetividade do uso da teoria dos jogos para analisar cenários como o atual. Outro resultado obtido é a percepção dos cenários de maior prejuízo para as entidades envolvidas no jogo e quais ações e comportamentos dos mesmos levariam aos cenários descritos.

REFERÊNCIAS

BRASIL, <<https://covid.saude.gov.br/>> Acessado em 18 de fevereiro de 2021

BRASIL, **DECRETO Nº 10.282, DE 20 DE MARÇO DE 2020**, Presidência da República Secretária-geral Subchefia para Assuntos Jurídicos; Regulamenta a Lei nº 13.979, de 6 de fevereiro de 2020, para definir os serviços públicos e as atividades essenciais. <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10282.htm>; Acessado em 04 de Março de 2021.

CÂMARA, SAMUEL FAÇANHA **Teoria dos jogos** / Samuel Façanha Câmara. – Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração/UFSC, 2011

CÂMARA, SAMUEL FAÇANHA; PINTO, FRANCISCO ROBERTO; SILVA, FELIPE ROBERTO DA SILVA; GERHARD, FELIPE: **Vulnerabilidade socioeconômica à COVID-19 em municípios do Ceará**. Universidade Estadual do Ceará / Programa de Pós-graduação em Administração, Fortaleza / CE – Brasil 2020

CAMERER, COLIN F.: **Behavioral Game Theory: Experiments in Strategic Interaction**. Princeton University Press, 2003

CLEMENTE, FELIPPE: **Em tempos de covid-19: punir ou cooperar? Breve reflexão sob a ótica da teoria dos jogos**. Universidade Federal de Santa Maria/ Observatório socioeconômico da COVID-19, Santa Maria/ RS – Brasil 2020

DAVIS, MORTON D. **Game Theory: a nontechnical introduction**. Mineola: Dover Publications, 1983.

DONG E, DU H, GARDNER L. **An interactive web-based dashboard to track COVID-19 in real time**. Lancet Inf Dis. 20(5):533-534. doi: 10.1016/S1473-3099(20)30120-1"

FREITAS FILHO, P. J. **Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas com Aplicações em Arena**. 2. ed. São Paulo, SP: Editora Visual Books, 2008.

GONZATTO, MARCELO: **Mudanças de comportamento, na economia e no trabalho: como as epidemias transformam o mundo**. GZH -Porto alegre RS, 2020

HAND, M. S., EICHMAN, H., TRIEPKE, F. J., & JAWORSKI, D.: **Socioeconomic vulnerability to ecological changes to National Forests and Grasslands in the Southwest**. Fort Collins, CO: US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. US COLORADO - 2018

HOWARD, R; GRAZER, B. *A beautiful mind* [filme]. Dirigido por Ron Howard e produzido por Brian Grazer e Ron Howard. EUA, 140 min, dvd, 2001.

KOBAYASHI, YASUKO: *Kakegurui* - Adaptação de: KAWAMOTO, HOMURA **Kakegurui – Compulsive Gambler**. Gangan Joker , editora Square Enix. 2015.

MCADAMS, DAVID; MCDADE , KACI KENNEDY; OGBUOJI, OSONDU; JOHNSON, MATTHEW; DIXIT, SIDDHARTH; YAMEY, GAVIN. **Incentivising wealthy nations to participate in the COVID-19 Vaccine Global Access Facility (COVAX): a game theory perspective**. *BMJ Global Health* 2020;5:e003627. doi:10.1136/bmjgh-2020-003627

OMS (Organização Mundial de Saúde) < <https://www.paho.org/pt/covid19>> Acessado em 04 de Março de 2021.

OPAS (organização pan-americana de saúde) <https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=6120:oms-afirma-que-covid-19-e-agora-caracterizada-como-pandemia&Itemid=812> Acessado em 04 de Março de 2021.

RASMUSEN, ERIC: **Games And information, fourth edition an introduction to game theory**, 4ª ed, Indiana University, Indiana, EUA, 2006

REICH, EVÂNIA; BORGES, MARIA DE LOURDES; XAVIER, RAQUEL CIPRIANI: **Reflexões sobre uma pandemia**. Universidade Federal de Santa Catarina / Departamento de Filosofia / Programa de Pós-Graduação em Filosofia / NEFIPO – Núcleo de Ética e Filosofia Política / SC - Florianópolis 2020

RODRIGUES, ANTONIO; TAVARES, EDER REIS; RANGEL, JOÃO JOSÉ DE ASSIS; PEIXOTO, TÚLIO ALMEIDA; MATIAS, ÍTALO DE OLIVEIRA **Modelagem e simulação para análise de operações em sistemas de telecomunicações**. *Iberoamerican Journal of Industrial Engineering*, Florianópolis, SC, Brasil, v. 8, n. 15, p. 176-191, 2016

SADIR, M. A., BIGNOTTO, M. M., & LIPP, M. E. N.: **Stress e qualidade de vida: influência de algumas variáveis pessoais**. Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas-SP, Brasil. Paideia jan.-abr. 2010, Vol. 20, No. 45, 73-81

STRACK, Jair. **GPSS: modelagem e simulação de sistemas**. Rio de Janeiro: LTC, 1984.

TAHA, H.A. **Pesquisa Operacional**, 8ª ed., São Paulo: Pearson, 2007

TORGA, BRUNO LOPES MENDES: **Modelagem, Simulação e Otimização em Sistemas Puxados de Manufatura**, Itajubá, MG, 2007

UOL: <<https://economia.uol.com.br/empregos-e-carreiras/noticias/redacao/2020/12/29/pnad-continua-ibge-desemprego.htm>> Acessado em 12 de março de 2021

UOL: <<https://economia.uol.com.br/noticias/redacao/2020/07/16/ibge-covid-empresas.htm>> Acessado em 13 de Março de 2021

YOUTUBE. **Games People Play: Game Theory in Everyday Life**; MULBREGT, SUSAN SKEATH VAN; 2015 Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=8uuFRQo6FN0>> Acessado em 14 de Março de 2021.