

José Roberto de Araújo Fontoura

ANÁLISE DE COMPORTAMENTOS DE COOPERAÇÃO EM AMBIENTE SIMULADO

Salvador – Bahia

Agosto – 2014

José Roberto de Araújo Fontoura

ANÁLISE DE COMPORTAMENTOS DE COOPERAÇÃO EM AMBIENTE SIMULADO

Tese de Doutorado apresentada ao programa Multi-institucional e Multidisciplinar em Difusão do Conhecimento, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Difusão do Conhecimento

Doutorado Multi-institucional e Multidisciplinar em Difusão do Conhecimento

Universidade Federal da Bahia – UFBA

Laboratório Nacional de Computação Científica – LNCC/MCT

Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS

Universidade do Estado da Bahia – UNEB

Instituto Federal de Educação Tecnológica da Bahia – IFBA

Federação das Indústrias do Estado da Bahia – FIEB/SENAI/CIMATEC

Faculdade de Educação – FACED/UFBA

Instituto de Humanidades, Artes e Ciências – IHAC/UFBA

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Albano Moret Simões Gonçalves

Salvador – Bahia

Agosto – 2014

F774a José Roberto de Araújo Fontoura
ANÁLISE DE COMPORTAMENTOS DE COOPERAÇÃO EM AMBIENTE
SIMULADO/ José Roberto de Araújo Fontoura. – JRAFONTOURA, Salvador:
2014.

70 p. : il.(alguma color.).

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Albano Moret Simões Gonçalves.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal da Bahia – UFBA, 2014.

1. Autômato 2. Teoria dos jogos 3. Algoritmos I. Gonçalves, Marcelo Albano
Moret Simões II. Título

CDU 004.43:519.713

José Roberto de Araújo Fontoura

ANÁLISE DE COMPORTAMENTOS DE COOPERAÇÃO EM AMBIENTE SIMULADO

Tese de Doutorado apresentada ao programa
Multi-institucional e Multidisciplinar em Di-
fusão do Conhecimento, como requisito par-
cial para a obtenção do título de Doutor em
Difusão do Conhecimento

**Prof. Dr. Marcelo Albano Moret
Simões Gonçalves**
Orientador

**Dra. Carla Liane Nascimento dos
Santos**
Convidado 1

Dr. Ademar Seabra da Cruz
Convidado 2

Dr. Marccone Lopes da Silva
Convidado 3

Dr. Hernane Borges de Barros Pereira
Convidado 4

Salvador – Bahia
Agosto – 2014

Creative Commons

Copyright© José Roberto de Araújo Fontoura, Agosto – 2014. Alguns direitos reservados.
Este trabalho está licenciado sob uma Licença Creative Commons Atribuição-Usó Não-Comercial-Vedada a Criação de Obras Derivadas 3.0 Brasil.

Você pode:

Ⓒ Copiar, distribuir, exibir e executar a obra.

Sob as seguintes condições:

- Ⓓ Atribuição. Você deve dar crédito ao autor original, da forma especificada pelo autor ou licenciante;
- Ⓔ Uso Não-Comercial. Você não pode utilizar esta obra com finalidades comerciais;
- Ⓕ Vedada a Criação de Obras Derivadas. Você não pode alterar, transformar ou criar outra obra com base nesta.

Para cada novo uso ou distribuição, você deve deixar claro para outros os termos da licença desta obra.

Qualquer uma destas condições pode ser renunciada, desde que você obtenha permissão do autor.

Nada nesta licença afeta ou restringe os direitos morais do autor.

Para ver uma cópia desta licença, visite <<http://creativecommons.org/licenses/by-ncnd/3.0/br/>> ou envie uma carta para Creative Commons, 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, California 94105, USA.

*Dedico esta tese a Silvana Fontoura,
Gabrielle Fontoura e Ingrid Fontoura.
Motivo e razão de continuar nossa caminhada.*

AGRADECIMENTOS

Dedico meus sinceros agradecimentos:

Ao cósmico.

Aos meus pais (*in memoriam*), Maria e Neraldo.

A minha esposa Silvana e filhas Gabrielle e Ingrid.

Todos os professores do programa de doutoramento em Difusão do Conhecimento, especialmente os professores Marcelo Moret e Hernane Borges.

Aos meus queridos colegas pelos excelentes momentos de discussão intelectual, especialmente aos colegas Eudaldo Francisco dos Santos Filho, Albérico Salgueiro Neto e Thyrso Sacramento Maltez pelo muito que aprendi.

Ao “professor” Hélio, querido orientador dos trâmites burocráticos.

Ao amigo de todas as horas Roberto Luiz Souza Monteiro.

*“Eu fico com a pureza das respostas das crianças
é a vida é bonita e é bonita.
Viver e não ter a vergonha de ser feliz.
Cantar e cantar e cantar a beleza de ser um eterno aprendiz.
Eu sei que a vida devia ser bem melhor e será
mas isso não impede que eu repita
é bonita é bonita e é bonita”.*
(Gonzaguinha)

RESUMO

No presente trabalho realizou-se uma análise de comportamentos de cooperação e defecção em ambiente simulado. Nosso estudo teve como finalidades simular interações sociais em um ambiente computacional utilizando teorias desenvolvidas na biologia e na economia, e construir algoritmos para processar essas interações entre indivíduos virtuais. Os elementos computacionais processaram os caracteres egoísta, vingativo e o altruísta ao longo de intervalos de tempo. O processo de interação foi emulado utilizando dois algoritmos baseados em princípios da teoria dos jogos, mais especificamente o dilema do prisioneiro, além de outro que utilizou a teoria de autômato celulares que poderão indicar o percentual máximo aceitável de contaminação de uma população por um caráter e/ou tempo máximo de sobrevivência dos caracteres. Nossas contribuições tiveram como foco encontrar um percentual máximo que uma população aceita de contaminação pelo caráter egoísta, antes de sucumbir, além de verificar, dentro desse contexto, o tempo máximo de sobrevivência do caráter egoísta em contraponto com os caracteres altruísta e o vingativo.

Palavras-chaves: cooperação. teoria dos jogos. automato celular. algoritmos.

ABSTRACT

In the present work an analysis of behaviors of cooperation and defection in a simulated environment. Our study aims to simulate social interactions in a computing environment using theories developed in biology and economics, and build algorithms to process these virtual interactions between individuals. The computational elements processed the selfish, vindictive and altruistic character over time intervals. The interaction process was emulated using two algorithms based on principles of game theory, specifically the prisoner's dilemma, and the other using the theory of cellular automata which may indicate the maximum acceptable percentage of contamination of a population for a character and / or maximum survival time of characters. Our contributions have focused on finding a maximum percentage that accepts a population of contamination by selfish character before succumbing, and verify, within this context, the maximum survival time of the selfish character in counterpoint to the altruistic character and vindictive.

Key-words: cooperation. game theory. celular automata. algorithms.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Representação do caminho de pesquisa utilizado na tese	23
Figura 2 – Representação da célula ligada e desligada	26
Figura 3 – Representação de uma malha com várias células	27
Figura 4 – Representação de autômatos celulares R.30	27
Figura 5 – Representação do modelo de preenchimento das características internas dos algoritmos com movimentação baseada em autômato celular	47
Figura 6 – Representação gráfica da interação de um indivíduo na vizinhança de Newmann	47
Figura 7 – Representação do algoritmo com movimentação em autômato celular	49
Figura 8 – Representação gráfica das interações com vizinhos	50
Figura 9 – Representação do algoritmo com movimentação baseada em matriz	51
Figura 10 – Representação da população x geração	52
Figura 11 – Representação da população × geração (40% egoísta)	53
Figura 12 – Representação do percentual de tentativas x percentual de indivíduos egoístas	54
Figura 13 – Representação da simulação com planilha única	56
Figura 14 – Representação da simulação com conjunto de planilhas	56
Figura 15 – Representação das simulações com barra de erros de desvio padrão em conjunto de planilhas	57
Figura 16 – Representação individual do caráter Altruísta	58
Figura 17 – Representação individual do caráter Egoísta	58
Figura 18 – Representação individual do caráter Vingativo	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tipos de abordagens	18
Tabela 2 – Comparativo entre abordagens do desenvolvimento da pesquisa científica	19
Tabela 3 – Características das assunções filosóficas	21
Tabela 4 – Descritivo das estratégias de investigação	22
Tabela 5 – Descritivo de métodos de investigação	22
Tabela 6 – Representação de uma matriz de recompensas	33
Tabela 7 – Representação de jogos de duas pessoas e soma zero	33
Tabela 8 – Representação de jogos de duas pessoas e soma não-zero	33
Tabela 9 – Representação de uma matriz de ganho do dilema do prisioneiro	36

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Problema da pesquisa	14
1.2	Hipótese	15
1.3	Justificativa	15
1.4	Objetivos	16
1.4.1	Geral	17
1.4.2	Específicos	17
2	METODOLOGIA	18
2.1	Abordagens de pesquisa	18
2.2	Assunções filosóficas	20
2.2.1	Estratégias de investigação	21
2.3	Métodos de investigação	22
2.4	Trabalho de pesquisa	22
3	PRESSUPOSTOS TEÓRICOS	24
3.1	Modelos	24
3.1.1	Modelo Hamilton	24
3.1.2	Modelo Trivers	25
3.1.3	Modelo Rapoport	25
3.2	Aparatos de suporte	26
3.2.1	Autômatos Celulares	26
3.2.2	Teoria dos jogos	27
3.2.3	Jogos e as probabilidades	28
3.2.4	Relações em economia	29
3.2.5	Classificação do conceito de jogos	31
3.2.6	Estratégias puras	32
3.2.7	Matriz de recompensas	32
3.2.8	Disseminação da Teoria dos Jogos	34
3.2.9	O dilema do prisioneiro	34
3.3	Articulação	38
4	COOPERAÇÃO	39
4.1	Conceitos e autores	39
4.2	Por que Price?	40
4.3	Aleatoricidade	42

5	ABORDAGENS	44
5.1	Simulação	44
5.2	Abordagem secundária	45
5.3	Algoritmos	46
5.4	Algoritmo com Movimentação Baseada em Autômato	46
5.5	Algoritmo com Movimentação Baseado nas Colunas da Matriz	49
6	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	52
6.1	Algoritmo com Movimentação Baseada em Autômato	52
6.2	Algoritmo com Movimentação Baseado nas Colunas da Matriz	55
	Conclusão	60
6.3	Conclusões	60
	Referências	63
	APÊNDICES	65
	APÊNDICE A – ALGORITMOS	66

1 INTRODUÇÃO

1.1 PROBLEMA DA PESQUISA

Relações humanas de uma forma geral sempre foram pautadas por interesses. A palavra **interesse** pode fazer variar nossas interpretações de entendimento acerca dela. Isto posto, vamos limitar a circunscrição de forma reducionista a uma divisão binária, podendo entendê-la como tendo caráter positivo ou negativo.

É em [Laniado \(2001, p. 32\)](#) que podemos observar a complexidade de correlacionar o estudo do interesse a qualquer tema: “Pode-se dizer que a relação entre interesse e obrigação é bem complexa, não sendo possível perseguir uma lógica linear a este respeito”. A obra *O Caso dos Exploradores de Cavernas*¹ é um exemplo claro da lógica do interesse não seguir uma lógica linear como afirma Laniado.

Dentre as várias áreas do conhecimento existentes no mundo científico, algumas delas tem abordado o assunto “interesse”, seja em artigos, em entrevistas ou em livros. Independentemente da área a que essas disciplinas pertençam, sejam elas vinculadas ao segmento de saúde como a psicologia e a biologia, ou mesmo que não tenham uma estreita ligação com as ciências da vida, suas contribuições são relevantes.

As contribuições, de forma geral, sempre são dadas sob um determinado ponto de vista tais como: o sociológico, o econômico, o matemático, ou uma interseção entre as diversas áreas existentes.

Interesse por si só pode ser encarado como um símbolo, entretanto não como o que de pior existe no comportamento humano, ou mais precisamente o seu lado negativo.

Com a perspectiva de construir um modelo computacional que contemplasse a interseção do aspecto egoísta, do vingativo e do altruísta, primeiramente buscou-se na literatura informações para compreendê-los, considerando o ponto de vista biológico/econômico.

O assunto “interesse” também vem sendo investigado sob o ponto de vista psicológico, entretanto a literatura ainda não tem uma teoria geral sólida acerca do real fator motivador que faz com que tenhamos atitudes altruístas e/ou egoístas.

Sendo o altruísmo um dos elementos do presente trabalho, observamos que este vem sendo citado na literatura primordialmente por [Hamilton \(1964a\)](#), [Trivers \(1971\)](#), [Axelrod & Hamilton \(1986\)](#).

Quando o altruísmo é abordado sob o ponto de vista biológico e/ou econômico, as teorias

¹ Leon L. Fuller (1993, p. 8)

sobre uma faceta da cooperação, é aplicada de forma mais abrangente, vez que os estudos no campo da psicologia são mais recentes, não podendo dessa forma serem aplicados de forma ampla, além de serem de menor interesse para nosso trabalho.

O nosso problema de pesquisa vincula-se a descobrir se o resultado da interação de três tipos de caracteres, ao longo do tempo, em ambiente simulado, leva-nos a concluir que o caráter vingativo tem uma sobrevivência maior quando utilizamos o dilema do prisioneiro.

1.2 HIPÓTESE

Diante desse contexto temos como hipóteses:

- a) Em uma população qualquer, existe um percentual máximo aceitável de egoístas que impede a população de se recompor;
- b) Indivíduos vingativos em uma população, em média, irão sobreviver por mais tempo que o indivíduo egoísta e altruísta.

1.3 JUSTIFICATIVA

O século XX mostrou-se fértil no campo das ideias. Vimos o desenvolvimento das tecnologias em vários segmentos, o bélico, o eletrônico, o sociológico, o físico, o farmacêutico, o médico dentre outros. Muitos foram os destaques existentes, tanto individuais quanto coletivos. Esses destaques deixam transparecer que o despertar científico teve um impulso maior a partir do início do século passado, toma-se como ponto de partida o advento e desenvolvimento dos computadores.

Um dos precursores da utilização da simulação computacional como elemento de análise de política de cooperação foi [Axelrod & Hamilton \(1986\)](#). Este promoveu um evento científico, especificamente um jogo, onde fez interagir diversas estratégias de sobrevivência em computador, estratégias essas solicitadas a cientistas de distintas áreas do conhecimento.

Simulações computacionais tem uma grande afinidade com as ciências exatas, muito talvez por essas ciências terem dado início à sua utilização. George R. Price deu um novo viés a essa concepção de simulação focada quase que exclusivamente nas ciências exatas quando utilizou modelos matemáticos para “medir” sentimentos.

As simulações são elementos necessários por causarem não causarem dano, isto quando comparado com a possibilidade de utilizar atores, pessoas e/ou animais. Ademais as simulações provocam os cientistas a pensar e/ou repensar seus conceitos.

Antecipar-se aos acontecimentos é uma forma segura de evitar problemas, e a simulação certamente é um dos métodos mais utilizadas, mesmo que para “testar” elementos abstratos como o comportamento do caráter.

Quando há envolvimento em demandas coletivas, pouco ou nada se pode de antemão saber sobre o conjunto de pessoas que ali se encontram. É com o tempo que começamos a perceber os traços de caráter de cada um dos seus integrantes, já que como diz [Sennet \(2009, p. 10\)](#): “O termo caráter concentra-se sobretudo no aspecto a longo prazo de nossa experiência emocional. É expresso pela lealdade e compromisso mútuo, pela busca de metas a longo prazo, ou pela prática de adiar a satisfação em troca de um fim futuro”. E é após a percepção que se consegue distinguir a existência de indivíduos mais individualistas daqueles mais democráticos, que são características próprias de cada indivíduo.

Fazer um levantamento de todas as características individuais de cada pessoa requer um tempo longo e uma capacidade de observação apurada. É justamente aí que as pesquisas científicas tornam-se um elemento importante para o desenvolvimento do manancial do conhecimento humano. O ser humano pode mudar seu comportamento em função das variáveis a que se submete.

Acredita-se que uma pesquisa muito ampla poderia incorrer em movimento circular sem fim. Isso quer dizer que os resultados encontrados no momento atual poderiam não servir para um futuro distante ou mesmo próximo, isso implica que as pesquisas podem ter um caráter abstrato ou mais aplicado.

Em uma pesquisa pressupõe-se existirem a necessidade de recortes para poder desenvolver pontos que podem servir de referência para futuro trabalhos. Entende-se que a simulação é uma aproximação da realidade, não importa o que aconteça durante o processo, este não é a realidade com todas as suas variáveis. No presente trabalho a bondade e a maldade são processo gerados na memória do computador.

Nas revisões bibliográficas feitas até o presente momento, constatamos que em todas as pesquisas anteriores com abordagens de simulação, utilizando caráter como elemento, consegue encontrar trabalhos que utilizassem no máximo a combinação de caracteres dois a dois, dentre os que utilizamos, nada encontramos sobre encontrar o percentual de “contaminação” da população por um caráter.

1.4 OBJETIVOS

O trabalho que propomos utiliza concomitantemente três caracteres, o altruísta, o vingativo e o egoísta, neste vai-se além de verificar o comportamento de sobrevivência dentro da população, busca-se também achar o percentual de “contaminação” que um caráter pode gerar, esse valor de “contaminação” é o valor máximo, é a região limítrofe que o conjunto de “vivos” aceita para que possa recompor sua população original.

1.4.1 GERAL

O exemplo de simulação utilizado em uma área das ciências sociais e conhecido da comunidade científica é o evento promovido por [Axelrod & Hamilton \(1986\)](#). A estratégia “*tit for tat*” ou por nós conhecida como olho por olho sagrou-se campeã. Essa estratégia consiste em pagar na mesma “moeda” os eventos ocorridos conosco na rodada anterior com quem interagimos.

A revista *The Economist* em 20 de maio de 2010 teve a oportunidade de visitar a memória de um cientista que quase nunca aparece nos anais da história científica, George Price. Esse cientista conseguiu desenvolver modelos matemáticos vinculados a seleção por parentesco, e estes ainda são utilizados com frequência em outras ciências como as ciências sociais, promovendo assim uma nova abordagem para a disciplina.

1.4.2 ESPECÍFICOS

Os nossos objetivos específicos tomaram como base as teorias desenvolvidas por [Hamilton \(1964a\)](#), [Trivers \(1971\)](#), [Axelrod & Hamilton \(1986\)](#) e emuladas dentro de um ambiente computacional, algoritmos, que utilizando as ideias dos autores citados, em separado e/ou em conjunto gerem dados para análise de situações específicas envolvendo egoísmo e altruísmo.

O que se buscou foi relacionar o caráter dos indivíduos e a(s) consequência(s) de seu: egoísmo, altruísmo e sua vingança, fazendo com que eles interagissem e suas relações viessem a servir de base para “medir” a expectativa de vida. Para isso foram listados os seguintes objetivos específicos:

- a) Desenvolver uma metodologia para a utilização da teoria dos jogos no contexto das teorias de Hamilton, Trivers e Axelrod em consonância com seus métodos;
- b) Verificar a curva de sobrevivência e morte dos caracteres;
- c) Testar o percentual máximo de absorção de uma população para o caráter egoísta.

2 METODOLOGIA

2.1 ABORDAGENS DE PESQUISA

O fato de utilizarmos a pesquisa qualitativa seguida da pesquisa quantitativa não a torna uma abordagem mista. Podemos assim entender que se utilizar de uma ou algumas dessas abordagens, sozinhas ou em conjunto para investigarmos fenômenos ou mesmo apenas um, o que desejamos é desvendar a “realidade”.

A partir daqui iremos adentrar na parte metodológica da nossa pesquisa, descrevendo três abordagens, sejam elas a qualitativa, a quantitativa e a mista, visto que já demonstraram ser valiosas para proporcionar avanço no conhecimento.

Ao trilharem caminhos diferentes poderemos perceber que para cada fenômeno estudado uma será mais indicada que outra.

Concordamos com a classificação sobre abordagens de pesquisa de [Creswell \(2009\)](#), que é utilizada em trabalhos de cunho científico. Quando da classificação das abordagens existentes aos tipos de projetos, ele explica que a existência de um projeto quantitativo não deve ser encarado como o extremo oposto ou uma dicotomia do qualitativo.

Tabela 1: Tipos de abordagens

Quantitativa	A abordagem quantitativa é mais aprofundada e estruturada em utilizar a análise numérica
Qualitativa	A abordagem qualitativa é justamente mais baseado na realidade para daí utilizar o aprofundamento numérico
Mista	A abordagem mista utiliza em conjunto as duas abordagens

Fonte: elaboração própria

De forma mais aprofundada [Sampieri, Collado & Lucio \(2003, p. 5\)](#) nos explica:

O enfoque quantitativo utiliza a coleta e a análise de dados para responder às questões de pesquisa e testar as hipóteses estabelecidas previamente, e confia na medição numérica, na contagem e frequentemente no uso de estatística para estabelecer com exatidão os padrões de comportamento de uma população. O enfoque qualitativo, em geral, é utilizado sobretudo para descobrir e refinar as questões de pesquisa. Às vezes, mas não necessariamente, hipóteses são comprovadas ([GRINELL, 1997](#)). Com frequência esse enfoque está baseado em métodos de coleta de dados sem medição numérica, como as descrições e as observações. Regularmente, questões e hipóteses surgem como parte do processo de pesquisa, que é flexível e se move entre os eventos e sua interpretação, entre as respostas e o desenvolvimento da teoria. Seu propósito consiste em “reconstruir”

a realidade, tal como é observada pelos atores de um sistema social predefinido.

A abordagem quantitativa tem, do ponto de vista histórico, uma utilização mais arraigada ao início desse tipo de atividade. Isso significa que os primeiros pesquisadores utilizaram como padrão aquele que foi desenvolvido pelas ciências naturais, mais precisamente na física, entretanto a partir do último quarto do século dezanove a pesquisa qualitativa teve um avanço no seu desenvolvimento e utilização.

Tabela 2: Comparativo entre abordagens do desenvolvimento da pesquisa científica

Alemanha	Estados Unidos
Primeiros estudos (final do século XIX e início do século XX)	Período Tradicional (1900 a 1945)
Fase de Importação (início da década de 1970)	Fase modernista (1945 até a década de 1970)
Início das discussões originais (final da década de 1970)	Mistura de gêneros (até meados da década de 1980)
Desenvolvimento de métodos originais (décadas de 1970 a 1980)	Crise da representação (desde meados da década de 1980)
Consolidação e questões de procedimento (final da década de 1980 e 1990)	Quinto momento (década de 1990)
Prática de pesquisa (desde a década de 1980)	Sexto momento (redação pós-experimental)
	Sétimo momento (o futuro)

Fonte: [Flick \(2009, p. 28\)](#)

A complexidade das tecnologias impacta na velocidade das relações sociais. Acredita-se que essa dinâmica conduz [Flick \(2009, p. 20\)](#) a conceber a pesquisa qualitativa como “de particular relevância ao estudo das relações sociais devido a pluralização das esferas da vida”.

Complementa seu raciocínio quando deixa claro o formato da pesquisa quantitativa, salientando que a mesma tem suas limitações, enumera [Flick \(2009, p. 29\)](#) os elementos da abordagem quantitativa:

- Isolar claramente causas e efeitos;
- Operacionalizar adequadamente as relações teóricas;
- Medir e quantificar fenômenos;
- Formular leis gerais.

Quando se está iniciando em qualquer atividade, principalmente sendo ela intelectual, necessário se faz que se tenha claro as definições de determinados termos que iremos

utilizar, nesse contexto vamos buscar em Creswell (2009, p. 26) as definições para as abordagens:

A pesquisa qualitativa é um meio para explorar e para entender o significado que os indivíduos ou os grupos atribuem a um problema social ou humano. O processo de pesquisa envolve questões e os procedimentos que emergem, os dados tipicamente coletados no ambiente do participante, a análise de dados indutivamente construída a partir das particularidades para os temas gerais e as interpretações feitas pelo pesquisador acerca do significado dos dados. A relatório final escrito tem uma estrutura flexível. Aqueles que se envolvem nessa forma de investigação apoiam uma maneira de encarar a pesquisa que honra um estilo da interpretação da complexidade de uma situação (adaptado de CRESWELL, 2007, p. 26).

A pesquisa quantitativa é um meio para testar teorias objetivas, examinando a relação entre variáveis. Tais variáveis, por sua vez, podem ser medidas tipicamente por instrumentos, para que os dados numéricos possam ser analisados por procedimentos estatísticos. O relatório final escrito tem uma estrutura fixa, a qual consiste em introdução, literatura e teoria, métodos, resultados e discussão (CRESWELL, 2008, p. 26). Como os pesquisadores qualitativos, aqueles que se engajam nessa forma de investigação têm suposições sobre a testagem dedutiva das teorias, sobre a criação de proteções contra vieses, sobre o controle de explicações alternativas e sobre sua capacidade para generalizar e para replicar os achados.

A pesquisa de métodos mistos é uma abordagem da investigação que combina ou associa as formas qualitativas e quantitativas. Envolve suposições filosóficas, o uso de abordagens qualitativas e quantitativas e a mistura das duas abordagens em um estudo. Por isso, é mais do que uma simples coleta e análise dos dois tipos de dados; envolve também o uso das duas abordagens em conjunto, de modo que a força geral de um estudo seja maior que a da pesquisa qualitativa ou quantitativa isolada (CRESWELL & CLARK, 2007, p. 27).

Da definição dos conceitos advém o entendimento dos mesmos e, com isso, pode-se proceder à escolha da abordagem a ser utilizada na pesquisa. O pesquisador poderá se aprofundar em uma das três e a partir da escolhida, se posicionar em relação a(s) qual(is) das assunções filosóficas sua pesquisa se enquadrará, além de tornar mais fácil a escolha das estratégias e dos métodos de pesquisa existentes para cada pesquisa em que o mesmo se envolver.

2.2 ASSUNÇÕES FILOSÓFICAS

Desenvolvendo considerações sobre as assunções filosóficas Creswell (2009, p. 29) apresenta um quadro que demonstra quatro delas, isso posto, não afirma ele ser as únicas existentes.

Tabela 3: Características das assunções filosóficas

Tipo	Características
Pós Positivista	Determinação, Reduccionismo, Observação e Mensuração Empíricas, Verificação da Teoria
Construtivista	Entendimento, Significados Múltiplos do Participante, Construção Social e Histórica, Geração da Teoria
Reivindicatória / Participatória	Política, Capacitação Orientada para a Questão, Colaborativa, Orientada para a Mudança
Pragmatista	Consequências da Ações, Centrada no Problema, Pluralista, Orientada para a Prática no Mundo Real

Fonte: adaptado de [Creswell \(2009\)](#)

Do quadro anterior conseguimos visualizar, em cada uma delas, suas características principais, evidentemente que podemos encontrar, a partir do aprofundamento nos temas, outras que sejam mais ou menos relevantes, entretanto o quadro apresentado fornece exatamente uma abordagem que permite identificar o caminho a ser seguido pela nossa pesquisa, [Sampieri, Collado & Lucio \(2003, p. 4\)](#) nos diz: “Ao longo da História da Ciência, surgiram diversas correntes de pensamento, tais como o empirismo, o materialismo dialético, o positivismo, a fenomenologia e o estruturalismo, os quais deram origem a diferentes caminhos na busca pelo conhecimento”.

No quadro acima podemos entender que aqui nesse ponto nossa tarefa é muito mais indicar os caminhos possíveis que poderemos escolher para basearmos nossa pesquisa, do que efetivamente aprofundarmos nas discussões e apresentações dos conceitos e explicarmos em detalhes cada.

Cada pesquisa tem suas peculiaridades, logo, ao visualizarmos onde nos encontramos, podemos destacar as características de cada trabalho.

2.2.1 ESTRATÉGIAS DE INVESTIGAÇÃO

Uma investigação é conduzida em função da formação do pesquisador, de suas oportunidades, de suas escolhas, como já evidenciado anteriormente, opta por uma abordagem qualitativa, quantitativa ou mista, o que decorre daí também assumir a assunção filosófica que cada uma dessas escolhas incorpora.

Podem os pesquisadores nos projetos em que se envolverem, em consonância com a abordagem e a assunção filosófica que a acompanha, escolher a estratégia de investigação e seus respectivos métodos.

Tabela 4: Descritivo das estratégias de investigação

Quantitativa	Qualitativa	Método Misto
Projetos Experimentais	Pesquisa Narrativa	Sequencial
Projetos não Experimentais, como os levantamentos	Fenomenologia	Concomitante
	Etnografias	Transformativa
	Estudos de Teoria Fundamentada	
	Estudo de Caso	

Fonte: [Creswell \(2009, p. 36\)](#)

2.3 MÉTODOS DE INVESTIGAÇÃO

Seguindo o processo de desenvolvimento de pesquisa, o profissional após a identificação das fases anteriores em que sua tese se enquadra, deve ele optar pelo(s) método(s) que melhor se adapte(m) ao contexto em que se encontra o trabalho, o(s) instrumento(s) escolhido(s) deve(m) ser o melhor(es) ajustado(s) para que se possa coletar, analisar e interpretar dados.

Tabela 5: Descritivo de métodos de investigação

Quantitativa	Qualitativa	Método Misto
Predeterminado	Métodos emergentes	Tanto métodos predeterminados quanto emergentes
Questões baseadas no instrumento	Perguntas abertas	Tanto questões abertas quanto fechadas
Dados de desempenho, dados de atitudes, dados observacionais e dados de censo	Dados de entrevistas, dados de observação, dados de documentos e dados audiovisuais	Formas múltiplas de dados baseados em todas as possibilidades
Análise estatística Interpretação estatística	Análise de texto e imagem Interpretação de temas e de padrões	Análise estatística e de texto Por meio da interpretação dos banco de dados

Fonte: adaptado de [Creswell \(2009, p. 40\)](#)

2.4 TRABALHO DE PESQUISA

Considerando as abordagens e assunções filosóficas que as acompanham, as estratégias de investigação e os métodos a estes vinculados, consegue-se visualizar o caminho que o presente trabalho de pesquisa segue. Nesse ínterim pode-se dizer que ele enquadra-se como quantitativo, positivista, experimental e utiliza a interpretação de dados provenientes de simulações.

A partir de tal entendimento observamos uma outra característica que associa o presente trabalho é o fato de a pesquisa partir de hipótese(s), como diz [Sampieri, Collado & Lucio \(2003, p. 10\)](#):

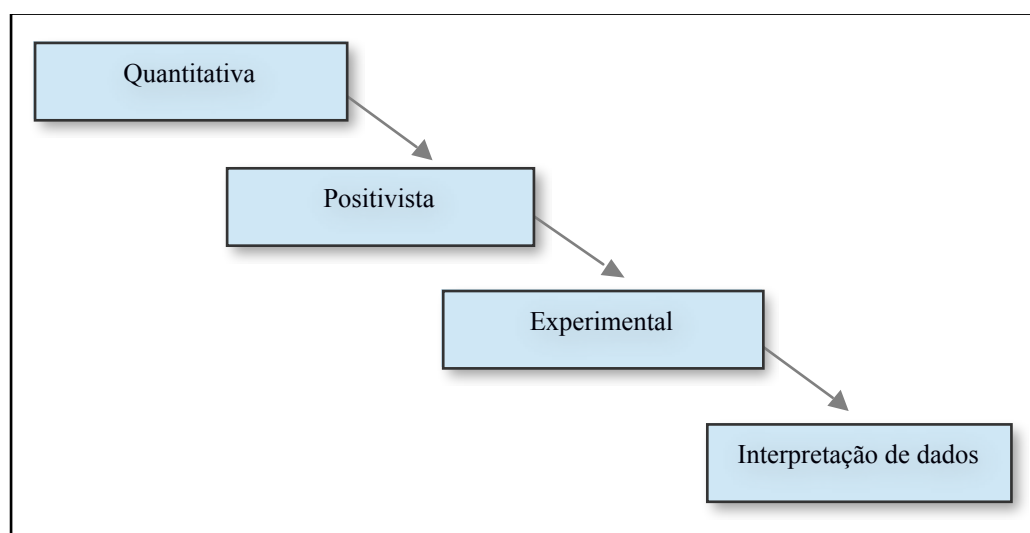
Em geral, nos estudos quantitativos uma ou várias hipóteses são estabelecidas (suposições sobre uma realidade), um plano é desenvolvido para submetê-las à prova, os conceitos incluídos nas hipóteses (variáveis) são medidos e se transformam as medições em valores numéricos (dados quantificáveis), para serem analisados posteriormente com técnicas estatísticas e estender os resultados a um universo mais amplo, ou para consolidar as crenças (formuladas de modo lógico em uma teoria ou em um esquema teórico).

No tocante a assunção filosófica [Creswell \(2009, p. 15\)](#) nos diz:

embora as concepções filosóficas permaneçam em grande parte ocultas na pesquisa ([SILFE & WILLIAMS, 1995](#)), ainda assim influenciam sua prática e precisam ser identificadas. E continua: As suposições pós-positivistas têm representado a forma tradicional de pesquisa, e são mais válidas para a pesquisa quantitativa do que para a qualitativa.

Aqui entende-se que o presente trabalho tem cunho quantitativo, positivista, assim a escolha da estratégia deixa poucas alternativas, dentre as existentes e observando as características do trabalho, assume-se a estratégia experimental.

Figura 1: Representação do caminho de pesquisa utilizado na tese



Fonte: elaboração própria

É demonstrado na [Figura 1](#) o método, que por sua vez é a teoria dos jogos e sua interpretação numérica.

3 PRESSUPOSTOS TEÓRICOS

No presente capítulo, adentraremos os pressupostos teóricos em que se fundamentam a pesquisa por nós realizada. Tem-se como objetivo traçar um quadro teórico onde as teorias e modelos dos experimentos desenvolvidos no presente trabalho sejam introduzidos. Em um primeiro momento iremos abordar algumas teorias desenvolvidas a partir da correlação altruísta, egoísta, vingativo. Em um segundo momento, articularemos o desenvolvimento dos modelos desenvolvidos por essas teorias.

3.1 MODELOS

A presente tese, utiliza os três modelos abaixo por serem eles os precursores de suas respectivas áreas do conhecimento, e o suporte conceitual que permeia toda tese.

3.1.1 MODELO HAMILTON

[Hamilton \(1964b\)](#) desenvolveu seu modelo de comportamento de cooperação partindo do conhecimento empírico, baseado na premissa de que nas relações humanas como um todo tendemos a cooperar mais com nossos parentes do que com estranhos.

Esse pensamento de [Hamilton \(1964a\)](#) de ajudar os nossos parentes e conhecidos pode ser entendido muitas vezes como cultural, é o que tenta nos dizer a frase de autor desconhecido “*eu contra meu irmão, eu e meu irmão contra meu primo, eu meu irmão e meu primo contra meu vizinho, eu meu irmão meu primo e meu vizinho contra o desconhecido*”.

Adotando que o pensamento biológico partiu do DNA (ácido desoxirribonucléico) para desenvolver a parte numérica de sua teoria da cooperação, isso quer dizer que estritamente sob o ponto de vista da genética temos compartilhado 50% (cinquenta por cento dos genes de cada um de nossos pais), daí que nosso primo compartilhará com nosso pai e/ou nossa mãe o percentual de 25% (vinte e cinco por cento).

Nos artigos “A evolução genética do comportamento social I e II”, desenvolve o raciocínio sobre a disseminação do altruísmo, ou seja para que essa característica seja amplamente difundida em uma população, os custos diretos (c) necessariamente devem ser menores que os benefícios indiretos (b) que o indivíduo obtém.

Naqueles artigos, deixa-se claro que os custos diretos significam, o número de filhos que determinado indivíduo deixou de ter (com o percentual igual a 0,5), enquanto os benefícios indiretos são a quantidade de parentes (com percentual menor que 0,5), que se beneficiaram com a ação do altruísta que é ajustado pelo coeficiente de parentesco (r).

A partir daí chegamos a uma desigualdade matemática, vez que só poderemos perceber a disseminação do altruísmo caso o benefício multiplicado pelo coeficiente de ajuste, seja menor que o custo. É um conceito muito conhecido da economia, onde em ambiente de escassez a relação entre custo e o benefício deve ser bem analisada.

3.1.2 MODELO TRIVERS

A teoria de Trivers (1971) baseia-se no conceito de que o ato de beneficiar outrem quando aplicado ao parente, não é verdadeiramente um ato altruístico e sim o desejo de beneficiar a família, assim diferencia-se a seleção por parentesco, do altruísmo recíproco.

O conceito utilizado por Trivers (1971) é anterior ao de Sahlins (1972 apud LANIADO, 2001) que diz que reciprocidade é “como um sistema total de trocas que ocorrem de forma contínua, caracterizando uma relação entre a ação e a reação entre duas partes” e conclui com a seguinte classificação: 1 – reciprocidade generalizada, 2 – reciprocidade negativa e 3 – reciprocidade balanceada, entretanto se coaduna muito mais com a classificação generalizada, por possuir um caráter mais altruísta.

Um verdadeiro ato altruísta existe quando pulamos na água para salvar um desconhecido do afogamento, mesmo quando nossa própria existência possa encontrar-se em risco. Esse tipo de comportamento altruísta, de pôr-se em risco, só será benéfico ao longo do tempo, e é comprovado com a utilização repetida de um dos elementos da teoria dos jogos, o dilema do prisioneiro.

O modelo pensado por Trivers (1971) contempla o processo de inter-relações, de uma ajuda agora ser beneficiada com uma ajuda no futuro, algo impregnado de lógica matemática, entretanto também introduz o conceito de trapaceiro, ou seja, alguém que é ajudado agora pode em um futuro próximo não ajudar em retribuição.

O ambiente será então povoado de altruístas e não altruístas e haverá interações entre os mesmos. Ao inserir não altruístas ou como diz o texto *cheater* (trapaceiro), inicia-se portanto um tipo de comportamento novo dentro de um grupo.

3.1.3 MODELO RAPOPORT

O algoritmo desenvolvido por Rapoport *et al.* (1963) utiliza os princípios de raciocínio do modelo de Trivers, entretanto modifica-se o altruísta a princípio e sempre retribuir o tratamento recebido na última interação. É o que comumente entende-se como vingança, já que irá se devolver o último tratamento recebido, se esse for altruísta assim será devolvido.

3.2 APARATOS DE SUPORTE

Foca-se a presente tese em elementos direcionados em teorias desenvolvidas quase exclusivamente por biólogos evolucionistas e economistas, sabe-se entretanto que existem para o tema cooperação viéses outros tais como:

- O político;
- O sociológico;
- O religioso;
- O psicológico etc.

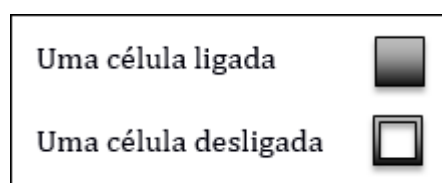
O recorte que faz-se é em função da abrangência que o tema suporta e portanto define os caminhos que a tese poderia percorrer. Reconhece-se a existência dessas outras disciplinas, e por conseguinte suas teorias, e sua importância para cada área de conhecimento a que pertencem, mas a opção é por aprofundar nos autores vinculados a economia e a biologia.

3.2.1 AUTÔMATOS CELULARES

Os autômatos celulares tem seu desenvolvimento ligado ao cientista [Von Neumann & Morgenstern \(1966\)](#) nos anos quarenta, entretanto foi com o jogo da vida de Jonh Conway que há uma disseminação da ideia de utilização dos autômatos celulares para aplicações distintas.

No autômato celular seu principal objetivo é demonstrar, utilizando regras simples, os complexos processos existentes na natureza. A constante interação de regras simples pode simular inclusive a evolução de fenômenos como o crescimento urbano, reações químicas, pandemias e ecossistemas.

Figura 2: Representação da célula ligada e desligada



Fonte: elaboração própria

A [Figura 2](#), representa o autômato celulares podem ser melhor entendidos se os imaginarmos representados em uma grelha **n-dimensional** onde um elemento pode receber um dos dois estados: ligado ou desligado.

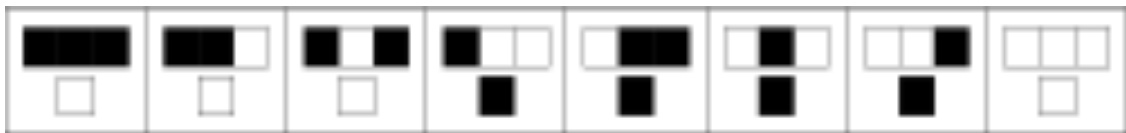
Figura 3: Representação de uma malha com várias células

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19
L1	■	□	■	□	□	□	□	□	■	□	■	■	■	□	□	□	□	□	■
L2	□	■	□	■	□	■	□	■	□	■	□	■	□	■	□	■	□	■	□
L3	■	□	■	□	■	□	■	□	■	□	□	□	■	□	■	□	■	□	□
L4	□	■	□	□	□	■	□	■	□	■	□	■	□	□	□	■	□	■	□
L5	■	□	■	□	■	□	□	□	■	□	■	□	□	■	□	□	□	□	■

Fonte: elaboração própria

Uma malha pode ser representada na [Figura 3](#), em que as células podem ligar-se ou desligar-se em função das regras de suas vizinhas tanto linhas quanto colunas.

Figura 4: Representação de autômatos celulares R.30



Fonte: www.wolfranscience.com/downloads

3.2.2 TEORIA DOS JOGOS

Uma das atividades que acompanham a nossa civilização a muito tempo são os jogos. Uma evidência disso são as escavações arqueológicas em que são encontrados indícios da existência destes em determinadas organizações sociais.

No continente africano, conhecido como o berço da humanidade, em companhia dos achados de reminiscências humanas, são encontrados indícios de tabuleiros na antiga cidade de UR, no que era a antiga Mesopotâmia e hoje o Iraque.

Concordamos com [Eigen & Winkler \(1989, p. 25\)](#) quando ele diz que:

O jogo é um fenômeno natural que desde o início tem guiado os destinos do mundo: ele manifesta-se nas formas que a matéria pode assumir, na sua organização em estruturas vivas e no comportamento social dos seres humanos. A história do jogo perde-se na origem dos tempos.

A ideia seminal da teoria dos jogos é puramente matemática, e é nela que primordialmente acontecerá seu desenvolvimento. Adentrando mais tecnicamente no conceito de jogos, entende-se como aceitável o conceito de [Cabral \(2008, p. 13\)](#):

Do ponto de vista matemático, um jogo é representado por uma ênupla, que traz o número de jogadores envolvidos, as regras a respeito de quando cada jogador deve realizar um movimento e de quais são as estratégias plausíveis em cada movimento, além de uma lista dos resultados (ou *payoffs*) para cada possível combinação de estratégias. Assumindo a hipótese de racionalidade, temos que objetivo de um jogador é maximizar seu *payoff*.

O acaso é um dos elementos que está inscrito em todos os tipos de jogos, nesse ponto podemos até justificar que a manifestação do acaso assim como o entendemos. Pode acontecer inclusive pelo que denominamos como sorte ou azar. O benefício ou malefício dos acontecimentos, pode como disse Taleb (2010, p. 25), estar vinculado à nossa genética, assim o diz:

Geneticamente nós estamos ainda bem próximos de nossos ancestrais que percorriam a savana. A formação de nossas convicções está repleta de superstições – até mesmo hoje em dia. Da mesma forma que, num certo dia, algum selvagem primitivo coçou o nariz e viu a chuva caindo, e a partir daí desenvolveu um elaborado método de coçar o nariz para trazer a tão necessitada chuva.

3.2.3 JOGOS E AS PROBABILIDADES

As fundações sobre a teoria da probabilidade remontam a alguns séculos atrás e os nomes de Blaise Pascal e Pierre de Fermat são associados a esse evento, mas tem-se informações sobre outras literaturas anteriores como explica Morgado *et al.* (2006, p. 6), “a primeira obra conhecida em que se estudam as probabilidades é o livro *De Ludo Aleae*, (Sobre jogos de azar), de Jerônimo Cardano (1501 – 1576), publicado em 1663”. Essa associação dar-se-á em função de um desafio feito aos mesmos acerca de uma situação de jogo ainda incompleta, e que o que se desejava saber era o *quantum pecúnia* cada jogador envolvido na disputa deveria receber baseado nas suas probabilidade de ganhar aquele jogo, Skyrms (2013, p. 1) nos esclarece a origem dessa situação:

Escritores italianos dos séculos XV e XVI, nomeadamente Pacioli (1494), Tartaglia (1556), e Cardan (1545), discutiram o problema da divisão de um jogo entre dois jogadores cujo jogo foi interrompido antes de seu fim. O problema foi proposto a Pascal e Fermat, provavelmente em 1654, pelo Chevalier de Mere, um jogador que se diz ter tido habilidade incomum “mesmo para a matemática”. A correspondência que se seguiu entre Fermat e Pascal, foi fundamental para o desenvolvimento de conceitos modernos de probabilidade, e é lamentável que a carta de apresentação de Pascal para Fermat já não exista.

Desde seu aparecimento e desenvolvimento, a probabilidade é utilizada de maneiras às mais diversas, presume-se ser ela uma das mais importantes no momento atual, principalmente no tocante ao desenvolvimento da análise de sobrevivência de pacientes em estado terminal.

Apenas como curiosidade esta teoria trata da possibilidade de sobrevivência de determinado paciente levando em consideração determinadas variáveis.

3.2.4 RELAÇÕES EM ECONOMIA

A teoria dos jogos no campo da economia ainda é uma área de conhecimento muito jovem, haja vista que tem seu desenvolvimento atrelado aos primeiros escritos de John Von Newman e Oskar Morgenstern no início da década de 40, mais especificamente com a publicação do livro *The Theory of Games and Economic Behavior* (Teoria dos jogos e ambiente econômico) nos anos trinta do século passado. Drescher aponta que a teoria dos jogos tem sua gênese vinculada a corporação de pesquisa americana *RAND corporation*.

As evidências históricas como o artigo de Julia Robinson em *An Iterative Method os Solving a Game* nos mostra que nos primeiros passos da teoria dos jogos, seu direcionamento estava vinculado a uma matemática altamente complexa, só acessível aos iniciados.

Um dos conceitos, presume-se, mais esclarecedores, sobre teoria dos jogos encontramos em [Hart & Neymar \(2012, p. 55; p. 460\)](#):

A teoria dos jogos é uma espécie de guarda-chuva ou teoria do “campo unificado” para o lado racional da ciência social, em que “social” é interpretado de forma ampla, para incluir humanos, bem como os jogadores não-humanos (computadores, animais, plantas). Ao contrário de outras abordagens para disciplinas como economia e ciência política, a teoria dos jogos não usa diferente, *ad-hoc constructos* para lidar com várias questões específicas, como a concorrência perfeita, monopólio, oligopólio, o comércio internacional, a tributação, a votação, a dissuasão, e assim por diante. Pelo contrário, ela se desenvolve metodologias que se aplicam, em princípio, a todas as situações interativas, então vê onde essas metodologias levam em cada aplicação específica.

O que se pode depreender de diferenças e semelhanças acerca do jogo e da teoria dos jogos é que o primeiro está fortemente vinculado a probabilidade de ganho ou de perda; e efetivamente, o que mais interessa a quem joga é a possibilidade de ganho. A segunda, além de exibir todas as características não encontradas na primeira, está também interessada em registrar em uma matriz os passos desenvolvidos.

A distância que se tem encontrado entre jogos e teoria do jogos é muito mais de forma do que de essência, já que na sua forma as duas irão utilizar estratégias, entretanto a essência de sua análise difere completamente uma da outra.

O que despertou e ainda desperta tanta curiosidade na teoria dos jogos é o seu modo simples e direto de aplicação e análise, entretanto como diz o próprio [Von Neumann & Morgenstern \(1943 apud DAVIS, 1973, p. 11\)](#):

A teoria dos jogos é matéria nova que despertou grande interesse em razão de suas propriedades matemática inéditas e a suas múltiplas aplicações a

problemas sociais, econômico e políticos. A teoria atravessa fase de ativo desenvolvimento. Seus efeitos sobre as ciências sociais já começaram a manifestar-se ao longo de um largo espectro. Suas aplicações se vêm tornando cada vez mais numerosas e dizendo respeito a questões altamente significativas enfrentadas pelos cientistas sociais, mercê do fato de que a estrutura matemática da teoria difere profundamente das anteriores tentativas de de propiciar fundamento matemático aos fenômenos sociais.

Há um aprofundamento no que concerne ao entendimento da teoria dos jogos, já que pode ser vinculada de uma matriz matemática, na sua acepção plena, e isso a desvincula do embasamento de longos teoremas, símbolos e sua linguagem erudita, logo pode ser aplicada de forma fácil a diversas áreas do conhecimento sem despende um esforço extremamente longo, assim continua:

Os primeiros esforços no sentido de minimizar os efeitos da cultura matemática às ciências sociais foram feitos com base nas ciências físicas e se inspiraram no impressionante êxito alcançado ao longo dos séculos. Ocorre, porém, que os fenômenos sociais são diferentes: os homens algumas vezes lutam uns com os outros e algumas vezes cooperam entre si; dispõem de diferentes graus de informação acerca do próximo e suas aspirações os conduzem ao conflito ou a colaboração. A natureza inanimada não exhibe quaisquer desses traços. Átomos, nunca se hostilizam, nem colaboram uns com os outros. Consequentemente, era de duvidar que os métodos e conceitos desenvolvidos pelas ciências físicas pudessem lograr êxito quando aplicados a problemas sociais (ibidem, p. 11).

É interessante denotar que, para [Davis \(1973\)](#) o conceito de teoria dos jogos tem um sentido de não ser ela uma teoria única, mas um conjunto de teorias, uma vez que o jogo não passa de um modelo de realidade. Ademais seria arriscado esperar que um único modelo pudesse refletir com precisão tipos tão variados de ciência utilizando apenas uma única teoria.

Em uma continuação à explanação, o seu raciocínio vislumbra que o conceito de jogo para o teórico e para outrem adquirem sentidos diferentes, entretanto mantém suas similaridades. Isso nos leva a raciocinar que em todos os tipos de entendimentos, os jogos têm competidores e eles devem tomar decisões, além de que seus interesses primordiais consistem em sempre ganhar.

O conceito formulado por [Ádamo \(2003, p. 14\)](#) apresenta-se simples e esclarecedor:

A teoria dos jogos e a teoria que procura explicar as mais diversas situações, concebendo-as como jogos, não se restringindo a nenhuma área do conhecimento. A Teoria dos jogos possui o objetivo de compreender a lógica dos processos de decisão e ajudar a responder as seguintes questões: o que é necessário para haver colaboração entre os jogadores? Em que situação o mais racional é não cooperar? Que políticas devem ser empregadas para garantir a cooperação entre jogadores?

O conceito de teoria dos jogos formulado por [Ádamo \(2003\)](#) coaduna inclusive com a tragédia dos comuns proposta por [Hardin \(1968\)](#), ali explica o autor que a atitude racional do grupo beneficia a todos, o inverso também acontece, a atitude irracional do grupo prejudica todos. [Almeida \(2011, p. 35\)](#) consegue estabelecer a ligação entre racionalidade e utilidade, expressão tão presente na economia: “O conceito de utilidade esta diretamente ligado ao de racionalidade. Um dos axiomas da teoria dos jogos é o de que o jogador racional é aquele que escolhe estratégias e busca agir de forma a obter o máximo de utilidade”.

3.2.5 CLASSIFICAÇÃO DO CONCEITO DE JOGOS

Pode-se tentar estabelecer que, a partir dos enunciados de [Davis \(1973\)](#) a teoria dos jogos deve se preocupar em como os indivíduos tomam suas decisões em situações diversas. Assim, cria uma classificação de acordo com a característica do jogo que pode ser aplicada a jogos estáticos ou dinâmicos, que segue:

1. Jogo de uma só pessoa;
2. Jogo de informação perfeita, finitos, de duas pessoas, soma zero;
3. Jogo geral, finito, de duas pessoas, soma zero;
4. Jogo de n-pessoas;
5. Jogo de duas pessoas, soma não-zero.

Dentro dos conceitos de jogos, o de uma só pessoa é o mais incomum. Nos jogos de uma só pessoa, esta está em confronto com a própria natureza. Mesmo não tendo um papel preponderantemente ativo, é o jogador que escolhe um caminho e os fatos determinam os acontecimentos, [Davis \(1973, p. 21\)](#): “Uma pessoa que tome o elevador. As alternativas são os botões e os resultados possíveis são os andares que ela poderá parar, a pessoa precisa decidir aonde deseja ir, para só depois planejar uma boa estratégia”.

Depreende-se que as decisões de cada indivíduo podem seguir, por exemplo, a estratégia estática ou de movimento simultâneos, onde os agentes ou jogadores escolhem suas estratégias e ações concomitantemente. Nos jogos dinâmicos, o que ocorre é que os integrantes do jogo escolherão suas estratégias após a observação atenta do movimento do adversário.

Quando todos os adversários conhecem o *payoff* (ganho) de todos os outros, está diante de uma informação completa, do contrário se ao menos um dos integrantes não conhecer o *payoff* de todos os outros estar-se-á diante de um jogo de informação incompleta, quando da elaboração das estratégias essa informação é importante.

Na classificação de Davis (1973) os jogos podem ser vinculados a dois ou mais participantes, onde cada um pode formular sua estratégia esperando obter com isso o maior rendimento possível daquilo em que ele está envolvido.

Para simplificar o entendimento Davis (1973, p. 27) esclarece o conceito de estratégia: “Uma estratégia é uma descrição completa de como uma pessoa deverá agir sob quaisquer circunstâncias possíveis; não tem a conotação de destreza”.

3.2.6 ESTRATÉGIAS PURAS

Estratégia é elemento integrante da teoria dos jogos, e é conceituado por Davis (1973), entretanto o conceito geral admite refinamentos, como o de Bierman & Fernandez (2011, p. 7) que descreve o que é uma estratégia pura:

Uma estratégia pura é um plano completo e não aleatório para se jogar um jogo. Por completo queremos dizer que o plano não contempla todas as possíveis contingências, ainda que improváveis. Em um jogo estático, uma estratégia consiste simplesmente na escolha de uma ação. Essa correspondência biunívoca entre estratégia e ações é o que torna os jogos estáticos relativamente fáceis de estudar.

Estratégia pura segundo o presente conceito é uma descrição de como uma pessoa deverá agir. Entretanto a ação de cada indivíduo pode estar vinculada ao quociente de informação que cada um tem em determinado momento, como exemplo tomemos um jogo de xadrez, todos os movimentos do outro estão disponíveis para você, logo suas ações acontecerão em função da informação que você tem naquele momento, isso posto, você pode traçar uma estratégia e mudá-la em função da informação disponível que é a ação do outro.

Quando temos um jogo como pedra-papel-tesoura, a informação acontece de forma dinâmica, dificilmente você saberá qual será a ação do outro, você pode ter uma crença, uma suspeita, mas suas ações só serão descobertas em um momento único, suas ações anteriores não são determinantes para que você trace uma nova estratégia, com isso podemos inferir que estratégia e ação tem significados diferentes na teoria dos jogos.

3.2.7 MATRIZ DE RECOMPENSAS

A matriz de recompensas é um dos pontos altos da teoria dos jogos. Arriscamos a dizer que seja o que há de mais essencial quando queremos vislumbrar de forma gráfica as estratégias de cada jogador, e se haverá ganho ou perda para cada um dos participantes em função das ações individualmente.

Ela dispõe de linhas e de colunas organizadas de forma a nos proporcionar uma visão “completa”, dentro das informações que dispomos dos jogadores, e das suas estratégias em cada rodada. O tamanho da matriz dependerá do número de participantes.

Tabela 6: Representação de uma matriz de recompensas

	Jogador 1	Jogador 1
Jogador 2	0,0	0,0
Jogador 2	0,0	0,0

Fonte: elaboração própria

A matriz de recompensas é utilizada em jogos finitos de soma zero ou de soma não zero. É o que nos mostra [Davis \(1973, p. 35\)](#) para o exemplo de soma zero.

Em fevereiro de 1943, o general George Churchill Kenney, comandante das forças Aéreas Aliadas no sudoeste do Pacífico, defrontava-se com um problema. Os japoneses estavam para reforçar seus efetivos na Nova Guiné e poderiam, para tanto, valer-se de duas rotas alternativas. Havia a possibilidade de que navegassem pelo norte da Nova Bretanha, onde o tempo era chuvoso, ou pelo sul da Nova Bretanha, onde o tempo era geralmente bom. Em qualquer caso a viagem demandaria três dias. O general Kenney tinha de decidir onde concentrar o peso de sua aviação de reconhecimento. Os japoneses queriam que seus navios se expusessem o menos possível aos bombardeiros inimigos, e o general Kenney queria, naturalmente, o contrário.

Tabela 7: Representação de jogos de duas pessoas e soma zero

Aliados / Japoneses	Norte	Sul
Norte	2 dias	2 dias
Sul	1 dia	3 dias

Fonte: elaboração própria

É também de [Davis \(1973, p. 84 – 85\)](#) o exemplo de soma não zero:

O legislativo estadual prepara-se para votar duas leis que autorizam a construção de novas estradas nas cidades A e B. Se as duas cidades reunirem forças, poderão conseguir suficiente poder político para assegurar a aprovação das leis, mas nenhuma delas poderá fazê-lo sozinha. Se uma das leis for aprovada, representará carga de um milhão de dólares para os contribuintes das duas cidades e a cidade em que as estradas se construam lucrará dez milhões de dólares. Os legisladores votam ambas as leis simultânea e secretamente; cada um desses legisladores deve agir, relativamente a cada uma das leis, sem saber o que é feito por qualquer outro. Como devem votar os legisladores das cidades A e B?

Tabela 8: Representação de jogos de duas pessoas e soma não-zero

Cidade A / Cidade B	Apoia a pretensão de A	Rejeita a pretensão de A
Apoia a pretensão de B	(8,8)	(-1,9)
Rejeita a pretensão de B	(9,-1)	(0,0)

Fonte: elaboração própria

3.2.8 DISSEMINAÇÃO DA TEORIA DOS JOGOS

O ano de 2002 trouxe para o grande público o filme *Uma mente brilhante* de Ron Howard, que traz a baila a biografia de [Nash \(1951\)](#), um dos pioneiros da teoria dos jogos e ganhador do prêmio Nobel de economia em 1994 pelo seu trabalho denominado o equilíbrio de [Nash \(1949\)](#).

Naquele trabalho ele propõe que os jogadores não terão incentivos de modificar suas estratégias para conseguir aumentar seus ganhos. Presume-se que o equilíbrio é conseguido em função da resposta dada à estratégia desenvolvida pelo oponente.

A aplicação da teoria dos jogos no contexto do equilíbrio de Nash explica-se vez que os “jogadores” aqui não tem incentivos para modificarem suas estratégias de modo a aumentarem seus ganhos. As estratégias permanecem sempre as mesmas e presume-se poderem ser consideradas como a melhor resposta para o outro jogador, inclusive podendo serem consideradas uma escolha racional.

O que nos diz o equilíbrio de Nash é que uma estratégia denominada A é a melhor resposta para a estratégia de B e a recíproca é verdadeira. Quando partimos da sua descrição no dicionário, observamos que equilíbrio significa dentre outros a não inclinação, uma espécie de ganha-ganha. A melhor estratégia para um lado significa a melhor resposta à estratégia do outro lado.

A racionalidade humana quando aplicada a jogos, os adversários irão tentar da melhor forma desequilibrar o ganho do outro. Isso pode mostrar que as melhores respostas serão utilizadas em um jogo por todos os integrantes, o que parece nos indicar que o conceito do equilíbrio de Nash é utilizado em jogos.

É em [Silva \(2012, p. 161\)](#) que observamos uma afirmação acerca de jogos que vem expandir o entendimento acerca do tema.

Os jogos experimentados vêm expandindo-se além dos domínios econômicos e se tornando um ambiente próprio para troca de informações interdisciplinares. Mesmo quando são tratados por economistas, suas conclusões dizem respeito a outras matérias pertinentes, como no caso da avaliação da equidade nos modelos de jogos que interessam desde áreas administrativas até as neurociências em suas mais recentes descobertas.

A teoria dos jogos tem no seu desenvolvimento algumas percepções acerca da dinâmica de seu desenvolvimento, logo, umas das mais conhecidas técnicas existentes na teoria dos jogos, o dilema do prisioneiro, deverá ser utilizada no escopo da presente tese quando da consideração do caráter vingativo nas simulações .

3.2.9 O DILEMA DO PRISIONEIRO

Uma imagem fala mais que mil palavras, assim é disseminado o adágio no tocante a divisão entre ver e ler, algumas publicações conseguem segurar nossa atenção pela coerência dos seus escritos, pelo assunto interessante ou mesmo pela combinação dos dois.

Em uma área considerada árida por utilizar uma linguagem toda própria, a matemática, a teoria dos jogos conseguiu desenvolver-se, sendo considerada palatável para os não iniciados, dentre tantos outros segmentos mais abstratos. Isso posto, alguns autores conseguem deixar ainda mais claro determinadas áreas da matemática, mesmo sem utilizar um único elemento numérico, assim fez [Ridley \(2000, p. 65\)](#):

Na ópera Tosca, de Puccini, a heroína enfrenta um dilema terrível. Seu amante Cavaradossi foi condenado à morte por Scarpia, o chefe de polícia, mas Scarpia lhe fez uma proposta. Se Tosca for com ele para a cama. Ele poupará a vida de seu amante, pedindo ao pelotão de fuzilamento que use balas de festim. Tosca resolve enganar Scarpia concordando com seu pedido, matando-o a facadas depois que ele dá a ordem para usar cartuchos de festim. Tarde demais ela descobre que Scarpia também a enganara. O pelotão de fuzilamento usa balas reais; Cavaradossi morre. Tosca se suicida. Os três acabam mortos.

Os protagonistas escolhidos por [Ridley \(2000, p. 74\)](#) estavam participando de um jogo, e talvez nem o soubessem. Em verdade, é considerado o jogo mais conhecido da teoria dos jogos, que faz uma ligação entre a economia, a biologia a matemática e possivelmente a psicologia.

O jogo é conhecido como dilema do prisioneiro e é jogado sempre que há conflito entre o interesse pessoal e o bem comum. Tanto Tosca quanto Scarpia sairiam ganhando se cumprissem a sua parte do acordo: Tosca salvaria seu amante e Scarpia iria para a cama com ela. Mas, individualmente, cada qual teria um lucro ainda maior se fizesse o outro cumprir a parte dele ou dela e não cumprisse a sua: Tosca salvaria o amante e a honra; Scarpia dormiria com ela e se livraria do inimigo (*idem*).

O que nos mostra então o dilema do prisioneiro? Mostra-nos que temos que definir nossas estratégias, que podem ser cooperação ou defecção, e que quando todos cooperam, em média haverá o mesmo ganho para todos. Quando um coopera e o outro deserta, o que desertou terá todo o ganho e o que cooperou terá toda a perda, quando ambos desertam existirá, em média, uma perda maior para ambos.

O dilema do prisioneiro acontece no interior de uma matriz de ganhos e há algumas formulações acerca dessa matriz.

O dilema é a mais difundida de todas as formulações da teoria dos jogos, e nela apresenta a história de suspeitos de terem cometido um delito em conjunto, a partir daí eles são separados para interrogatórios, e a polícia o faz exclusivamente por falta de provas.

Na situação em que se encontram as alternativas são:

1. Se o suspeito A confessa e o suspeito B não, o A é solto e B pega 5 anos de prisão;
2. Se o suspeito B confessa e o suspeito A não, o B é solto e A pega 5 anos de prisão;
3. Se o suspeito A confessa e o suspeito B também, os dois pegam 3 anos de prisão;
4. Se o suspeito A não confessa e o suspeito B também não, os dois pegam 1 ano de prisão;

Tabela 9: Representação de uma matriz de ganho do dilema do prisioneiro

	Suspeito B	
Suspeito A	(0,5)	(5,0)
	(3,3)	(1,1)

Fonte: elaboração própria

Olhando a matriz de ganhos a melhor estratégia individual é quando um não confessa e o segundo confessa. Percebe-se que do ponto de vista estritamente racional a melhor estratégia para os dois seria não confessarem, as perdas seriam mínimas e haveria o equilíbrio, entretanto essa situação racional pode mudar se um dos suspeitos mudarem de opinião.

O equilíbrio de Nash nessa matriz de ganhos acontece da seguinte forma: independente da resposta do outro suspeito, confessar é a única estratégia que não permite uma mudança da opinião do oponente e os ganhos se igualam.

Existem outras formulações para representar a matriz de ganhos, tais como:

- O jogo do falcão e da pomba;
- O jogo da caça ao veado;
- O jogo dos bens públicos.

Os dois primeiros são mais evidenciados para serem “rodados” para dois jogadores, entretanto o terceiro, o jogo dos bens públicos são “rodados” admitindo vários integrantes.

A teoria dos jogos consegue atingir e entrelaçar áreas do conhecimento diversas, tais como: a matemática, a economia, a filosofia, a sociologia dentre outras, de modo que um elemento numérico não é só o símbolo do número, ele pode ser a representação de um grupo.

O fato de admitir mais que dois jogadores o utilizem – o jogo dos bens públicos – como um jogo participante do mundo econômico propriamente dito. O mundo econômico algumas

vezes conflita com o aspecto moral da cooperação e do companheirismo como nos informa Rousseau (1989, p. 31):

Eis como puderam os homens insensivelmente adquirir certa ideia grosseira dos compromissos mútuos e da vantagem de respeitá-los, mas somente quanto poderia exigí-lo o interesse presente e evidente, posto que para eles não existiu a providência e, longe de se preocuparem com seu futuro distante, não pensavam nem mesmo no dia de amanhã. Se era caso de agarrar um veado, cada um sentia que para tanto devia ficar no seu lugar, mas se uma lebre passava ao alcance de um deles, não há dúvida de que ele a perseguia sem escrúpulos e, tendo alcançado a sua presa, pouco se lhe dava faltar a dos companheiros.

No que tange ao seu funcionamento, segundo Christoph Hauert ele obedece a uma sequência de “investimentos” dos seus jogadores, o administrador recolhe os valores, aplica um fator de ganho que varia dentro de um intervalo numérico e em seguida reparte entre todos os componentes. Os próximos investimentos dependerão do ganho na rodada anterior.

Existe a possibilidade de alguém não contribuir (não cooperar) e mesmo assim ser beneficiado com a repartição do montante. Assim descreve-se duas equações, a primeira que mostra o Montante como resultado da multiplicação do Fator de ganho (F_g) pelos Jogadores contribuintes (J_c) (equação 3.1):

$$M = J_c \cdot F_g \quad (3.1)$$

e sua distribuição (D), que é demonstrada como a divisão do montante (M) pelos Jogadores totais (J_t) (equação 3.2):

$$D = \frac{M}{J_t} \quad (3.2)$$

Onde pode-se observar que, mesmo aqueles que não contribuíram, deverão ter um ganho. Isso pode ser entendido como não cooperação. Para que isso possa ser evitado, os não cooperadores devem ser identificados durante suas interações para que sejam a eles imposta uma punição, segundo Nowak, Sigmund & Fehr (2013 apud SILVA, 2012, p. 111)

Em jogos repetidos, jogadores podem ver a punição como uma manobra astuta, investimento egoísta na educação dos outros jogadores: avarentos são ensinados a contribuir para o benefício geral. Os custos decorrentes para punir aplicações baixas podem produzir lucros a longo prazo.

Aqui no presente trabalho, a análise numérica é um dos eventos que certamente se utilizará, posto que durante o desenvolvimento dos algoritmos no transcorrer da tese, assim como sua utilização nas simulações envolvendo as ideias primordiais farão com que os resultados obtidos possam nos mostrar padrões. Estes podem inclusive servir como subsídio para análises sociais.

3.3 ARTICULAÇÃO

A partir do estudo dos elementos existentes nos três modelos, propõe-se o altruísta, o vingativo e o egoísta, faz-se interagir todos utilizando a teoria dos jogos como elemento catalizador, especificamente o dilema do prisioneiro. Utilizando os resultados obtidos pode-se inferir as hipóteses serem verdadeiras.

4 COOPERAÇÃO

4.1 CONCEITOS E AUTORES

A cooperação entre indivíduos sempre foi um ponto de discussão entre escolas de pensamento, logo presumimos que de um lado existem correntes que levam em consideração muito mais o altruísmo, como a de [Kropotkin \(2009\)](#), e escolas de outro lado que ensinam muito mais o egoísmo como [Hamilton \(1964a\)](#).

Pode-se assim presumir, raciocinando a partir dos escritos de [Kropotkin \(2009\)](#) que não somos tão maus quanto pensamos ser e que tendemos a nos ajudar porque nossa psique nos coloca sempre no lugar do outro, o altruísmo nesse caso pode desembocar na reciprocidade, afirma [Laniado \(2001, p. 228\)](#) que “a reciprocidade não é uma ação unilateral. Interconecta o doador e o receptor por meio de variados mecanismos, rituais e temporalidades significativas para os agentes”.

Podemos raciocinar de outra forma, que só nos ajudamos porque somos egoístas e estamos pensando em nós mesmos, seja como for a cooperação pode estar presente inclusive entre egoístas.

É interessante saber que as abordagens que cada escola preconiza são em verdade reflexos da reunião de ideias de seus pensadores ao longo do tempo, entretanto alguns de seus integrantes conseguem elaborar pensamentos que refletem a totalidade das ideias das duas escolas, assim diz [Ridley \(2000, p. 61\)](#).

A grande vantagem da sociedade humana é a divisão de trabalho e a “soma diferente de zero” que ela produz. Essa frase, foi inventada por Robert Wrigth, captura belamente a afirmação de que a sociedade pode ser maior do que a soma de suas partes. Mas ainda não explica como a sociedade se originou. Sabe-se que não foi por nepotismo. Não há indícios da procriação consanguínea e da reprodução vicária indispensáveis a qualquer colônia nepotista. Qual foi a causa então? A hipótese mais forte é a de que tenha sido a reciprocidade. Nas palavras de Smith (2000), “a propensão para negociar, barganhar e trocar uma coisa por outra”.

Nos parágrafos acima podemos perceber indícios de reflexões sobre cooperação na existência da divisão do trabalho, visto que ela, a sociedade, por si só é maior que a soma de suas partes, além de evidenciar o princípio das ideias que nortearam outros trabalhos acerca do tema como a ajuda dentro do próprio grupo familiar, o nepotismo, e a cooperação baseada na reciprocidade.

Várias dessas ideias consubstanciaram farto material para que um outro cientista propusesse que a cooperação poderia ser testada em um jogo.

O estudo promovido por [Axelrod & Hamilton \(1986\)](#) no início da década de oitenta é considerado o ponto de partida para aqueles que pretendem adentrar o tema de evolução da cooperação. Naquele estudo foi promovido um torneio e foram convidados cientistas de diversas áreas do conhecimento humano para que desenvolvessem estratégias de sobrevivência para uma sociedade virtual.

Houveram diversas estratégias, tanto simples quanto complexas, e daquele estudo [Axelrod & Hamilton \(1986\)](#) conseguiu comprovar algumas teses, dentre elas a de que uma estratégia robusta e simples pode promover a cooperação, quiçá entre egoístas, desde que a reciprocidade seja o pano de fundo do comportamento.

Assim [Axelrod \(2010, p. 83\)](#) formula uma das questões centrais que motivaram o desenvolvimento daquele torneio.

Sob que condições a cooperação emergirá num mundo de egoístas e sem autoridade central? Esta questão intrigou muitos durante muito tempo – e por boas razões. Sabemos que as pessoas não são anjos e que elas tendem em primeiro lugar a se preocupar consigo mesmas e com o que lhes pertencem. Sabemos que a cooperação existe e que a civilização se baseia nela. Porém, em situações em que cada indivíduo tem incentivo apenas por ser egoísta, como ela poderá se desenvolver?

Outros desenvolveram também teorias próprias acerca da evolução da cooperação. William Donald Hamilton demonstram que, de uma forma geral, as espécies sexuadas são orientadas à cooperação em função da existência de grau de parentesco que ele denominou de *kin selection* que em uma tradução livre seria conhecido em português como seleção por parentesco.

Um outro cientista que desenvolveu uma teoria para a evolução da cooperação foi [Trivers \(1971\)](#) em seu artigo A Evolução do Altruísmo Recíproco. Ele descreve a forma e o mecanismo envolvido na forma de cooperação entre indivíduos não aparentados.

Nosso modelo de algoritmo utilizará elementos das teorias de [Trivers \(1971\)](#), [Hamilton \(1964a\)](#) para simular em ambiente computacional as interações entre os caracteres e obter resultados para análise.

4.2 POR QUE PRICE?

George R. Price foi um químico nascido em Nova York em 1922, formado em 1943 na Universidade de Chicago onde também terminou sua pós graduação em 1946.

O que de tão importante na vida de Price que justifique a sua citação em periódicos, jornais, dissertações e teses? Inicialmente sua história vincula-se com a história da humanidade por ter participado do projeto Manhattan, onde ajudou a desenvolver as primeiras bombas

nucleares. Mas só esse fato seria de pouca importância se os acontecimentos seguintes de sua vida não tivessem tornado livro pelas mãos de Oren Herman.

George talvez tenha sido um dos mais importantes cientistas envolvidos com a biologia evolutiva, e que durante muito tempo foi esquecido e/ou muito pouco divulgado.

No transcorrer de sua história ele casa em 1947 e divorcia-se em 1955, em 1967 é operado de câncer na tireoide, logo após a cirurgia muda-se para Londres. Em 1968 tem contato com as teorias de Hamilton e ele próprio e ainda em 1968 trava contato com John Maynard Smith. Tanto Hamilton quanto Maynard Smith foram precursores da biologia evolutiva, Price manda uma carta com algumas equações para Hamilton, após esse fato consegue trabalho nos Laboratórios Galton da Universidade de Londres.

Price escreveu três artigos, e segundo [Costa \(2013, p. 2\)](#):

A primeira de suas três contribuições foi a elaboração de uma expressão matemática para a seleção natural (Price, 1970). Tal expressão, conhecida hoje como equação de Price, mostra como um caráter hereditário pode evoluir de uma geração a outra, dependendo apenas da contribuição que oferece à aptidão de seus portadores.

A segunda grande contribuição foi mostrar a chamada teoria dos jogos, cuja formulação original visava equacionar fenômenos de economia e comportamento humano, poderia ajudar a resolver problemas biológicos. Embora seja costume creditar esse pioneirismo apenas a Maynard Smith, ele próprio fez questão de frisar que sua formulação do conceito de Estratégia Evolutivamente Estável (EEE) foi inspirada na leitura de um manuscrito de Price sobre combates ritualizados entre animais.

A terceira grande contribuição tem a ver com a elaboração mais detalhada e inteligível de um modelo matemático proposto em 1930 pelo matemático e naturalista inglês Ronald A. Fischer (1890–1962). Até então, o chamado teorema fundamental da seleção natural era mais um objeto de veneração do que propriamente de compreensão. A formulação original era um tanto obscura, levando a uma interpretação que condizia os argumentos e raciocínios adotados pelo próprio Fischer. A derivação proposta por Price mostra como a formulação original poderia ser traduzida em termos biológicos mais compreensíveis (PRICE, 1972).

A compreensão de Price sobre seus escritos, especificamente suas equações, o atormentou e também o influenciou a tentar provar o contrário. Dentre outros entendimentos do resultado da sua equação, um dos testes pode encaminhar o pesquisador a pensar, de forma geral, nossa genética tende a que sejamos puramente egoístas.

A equação 4.1 de Price é a que segue:

$$\dot{w}\Delta z = Cov(w_i, z_i) + E(w_i\Delta z_i) \quad (4.1)$$

Para uma explicação acerca da equação de Price, recorremos a [Panchanathan \(2010, p. 4\)](#):

A equação de price é uma descrição geral da evolução da mudança, aplicando a qualquer modo de transmissão, incluindo genética, aprendizado e cultura.

Aptidão (*fitness*) é representado por w e o traço evolutivo, que poderia ser qualquer coisa, desde a altura ao nível de altruísmo, por z .

As barras acima das letras no lado esquerdo da equação denotam os valores médios da população e o símbolo delta indica a alteração no valor médio de traço (z) em uma geração.

Os i subscritos indexam diferentes indivíduos na população. Assim, a aptidão média da população multiplicado pela alteração no valor médio do traço evolutivo em uma geração (isto é, evolução) é igual à soma dos dois termos, a covariância é uma expectativa.

O termo covariância mede a associação estatística entre a aptidão e o valor do traço evolutivo, e pode ser pensado como a mudança evolutiva devido à seleção.

O termo expectativa é uma medida da mudança da aptidão-ponderada o valor entre o traço ancestral e o descendente, e pode ser considerada como a mudança devido a transmissão.

Harman (2014) faz uma constatação acerca do estado mental de Price naquele momento.

Um cientista que tentou desvendar este mistério foi o geneticista populacional Norte-americano George Price. Ao derivar uma equação no final da década de 60 a que mais tarde seria dado o seu nome, Price chegou à conclusão que, se o altruísmo podia ser explicado matematicamente, não era verdadeiro altruísmo. A abnegação estava sempre comprometida - isto era o que ele acreditava que a sua equação parecia indicar (PRICE, 1970).

Para George Price, esta foi uma constatação terrível e ele manifestou-se como uma espécie de anjo aos desalojados de Londres, Reino Unido, determinado a refutar a mesma matemática que construiu. No final, após ter dado tudo o que lhe pertencia, tornou-se ele próprio um desalojado, tendo cometido suicídio num frio edifício abandonado de Londres em 1975.

O caso Price remete a um raciocínio acerca da relação entre altruísmo, egoísmo e a representação matemática: tendo conhecimento, criatividade e competência pode-se de alguma forma interpretar sentimentos e colocá-los na forma de equações.

Acreditar que aquela representação corresponde a mais absoluta verdade requer pesquisas constantes e muito mais aprofundadas. Isso implica em pesquisas multidisciplinares.

4.3 ALEATORICIDADE

Acaso e lei do acaso é um tema que intriga a humanidade a algumas décadas, ou mesmo séculos, e desde que esse tema tornou-se uma curiosidade difundida no meio científico e mesmo no público em geral, muito foi discutido, muito foi escrito e muito mais foi experimentado para que chegássemos ao desenvolvimento de diversas teorias acerca do dele.

São fenômenos que acontecem e que muitas vezes podem ser representados por um formato numérico, com isso alguns cientistas tentam descrevê-los (os fenômenos) e interpretá-los, exatamente como no formato de uma lei. Nesse ponto concordamos com [Eigen & Winkler \(1989, p. 48\)](#) que nos diz que a “interpretação é um processo que se desenrola nos nossos cérebros”, isso é fato, e continua:

Uma grande parte da compreensão consiste na percepção de um dado fenômeno e no seu reconhecimento, por meio de exposição repetida. Em última análise, só pode ser interpretado aquilo que é passível de ser examinado pela experiência e pela experimentação.

Quando adentramos no tema e nos aprofundamos um pouco mais a leitura acerca dele, conseguimos perceber que diversas áreas de conhecimento tentaram e tentam de uma forma exaustiva demonstrar seu ponto de vista e quiçá descortiná-lo, e de uma forma geral muitos pontos convergem, muito embora ainda não haja uma unanimidade, veja [Popper \(1993, p. 225\)](#):

Por vezes, ouve-se dizer que os movimentos dos planetas obedecem a leis estritas, ao passo que o lançamento do dado abre margem para o fortuito ou para o acaso. A meu ver, a diferença está no fato de, até agora, havermos conseguido condições de predizer com êxito o movimento dos planetas, mas não resultados do lançamento de um dado.

Para deduzir predições, fazem-se necessárias leis e condições iniciais; se não há disponibilidade de leis adequadas, ou se não é possível fixar condições iniciais, a maneira científica de predizer deixa de vigorar. No lançamento de dados o que falta é, claramente, um conhecimento suficiente das condições iniciais. Com medidas suficientemente precisas das condições iniciais, também nesse caso as previsões se tornariam possíveis, mas as regras para o correto lançamento de dados (agitá-los) são fixadas de maneira a impedir-nos de medir as condições iniciais

Dessa forma, a presente tese utilizou-se das teorias anteriormente descritas para implementar interações computacionais entre indivíduos virtuais com a intenção de buscar testar as hipóteses anteriormente fixadas: em uma população qualquer, existe um percentual máximo aceitável de egoístas que impede a população de se recompor; indivíduos vingativos em uma população, em média, irão sobreviver por mais tempo que o indivíduo egoísta e altruísta.

5 ABORDAGENS

5.1 SIMULAÇÃO

Uma abordagem científica que remonta a algumas décadas atrás é a simulação, e pode talvez até remontar a alguns séculos. Vem sendo utilizada com mais intensidade a partir da primeira metade do século passado, muito talvez pela necessidade de desenvolvimento de novas tecnologias.

As tecnologias avançaram de tal modo, e em tantas áreas que vem descolando sua imagem da do desenvolvimento das engenharias e da física, isso porque outras áreas do conhecimento a vem utilizando, é como nos demonstra [Silva \(2012, p. 161\)](#):

Nas ciências sociais, as simulações dos contextos da sociedade têm estimulado a mudança de metas tradicionais que antes buscavam uma ferramenta que produzisse resultados previsíveis, mas que agora se restringem aos limites da tarefa de compreensão do modo como os agentes atuam.

A sua utilização no âmbito da ciência pressupõe-se ter como objetivo seu avanço e acredita-se que esse é o elemento primordial no desenvolvimento de algumas teorias que necessitaram de suporte computacional.

Há exemplos da utilidade do computador ao longo da história. Um deles é o desenvolvimento da teoria da Criticalidade Auto Organizada (*Self Organization Criticality – SOC*) ou criticalidade auto organizada, como nos conta [Buchanan \(2001, p. 1\)](#)

“Todos os grandes feitos e todas as grandes ideias tiveram origens ridículas”, escreveu Albert Camus. Foi então em 1987 que três físicos começaram a jogar um estranho joguinho em um escritório do Laboratório Nacional Brookhaven, no Estado de Nova York. Per Bak, Chao Tang e Kurt Weisenfeld estavam tentando imaginar o que aconteceria se alguém despejasse grãos de areia sobre uma mesa, de um em um.

Os físicos gostam de fazer perguntas aparentemente triviais que, depois de um certo raciocínio, se mostram não tão triviais assim.

Nesse sentido, o jogo da areia foi um sucesso. Na medida em que os grãos se empilham, parece claro que uma montanha de areia deva se erguer lentamente em direção ao céu, mas as coisas obviamente não podem continuar assim.

Enquanto o monte cresce, seus lados ficam mais íngremes e se torna mais provável que o próximo grão a cair venha a provocar uma avalanche.

A areia então escorregaria morro abaixo para uma região mais plana, diminuindo o tamanho da montanha, em vez de aumentá-lo. Em consequência, a montanha deve crescer e encolher alternadamente, com uma silhueta eternamente flutuante.

Bak e seus colegas queriam entender essas flutuações: qual é o ritmo típico do monte de areia que cresce e diminui?

Despejar a areia um grão de cada vez é tarefa trabalhosa. Então os cientistas recorreram ao computador, instruindo-o a derrubar "grãos" imaginários numa "mesa" imaginária, com regras simples ditando como os grãos escorriam pelo monte enquanto ele se tornava mais íngreme.

Não é exatamente igual a um monte de areia verdadeiro, mas o computador tinha uma vantagem espetacular: o monte crescia em segundos, em vez de dias. Era tão fácil o jogo que os três físicos logo estavam grudados a seus monitores de computador, obcecados pelos grãos que caíam e observando os resultados.

O exemplo acima nos mostra o alcance que pode ter a combinação de cérebro e computadores, cérebro no sentido de desenvolver o raciocínio em combinação com a imaginação a partir de uma ideia inicial, e por auxiliar o computador a efetuar os cálculos e movimentos necessários para chegarmos ao desenvolvimento de uma teoria, nesse caso a SOC.

Vê-se claramente que naquele momento o que os três cientistas fizeram foi criar um modelo e elaborar uma simulação computacional a partir da ideia inicial, a torre de grãos de areia, logo, a combinação de uma ideia de modelo e de simulação computacional são elementos importantes para determinados tipos de desenvolvimentos científicos.

5.2 ABORDAGEM SECUNDÁRIA

Abordagens existem em muitas áreas de conhecimento, a ciência da computação, a economia, a matemática dentre outras a utilizam com bastante intensidade. Isso posto, vemos que uma abordagem baseada em modelos pode e deve ser utilizada com intensidade inclusive em ciências sociais, médicas dentre outras.

Há o modelo de [Axelrod & Hamilton \(1986\)](#), um modelo computacional que utilizou em seu contexto a teoria de jogos, partindo do pressuposto de que essa teoria era de ampla aplicabilidade, à época, só às ciências exatas. [Axelrod & Hamilton \(1986\)](#) quando o utilizou em forma de um software pode ter uma forma de testar hipóteses, como nos diz [Silva \(2012, p. 157\)](#):

Os modelos de jogos, como o Dilema dos Prisioneiros, surgiram, portanto, como uma maneira de testar as hipóteses propostas para solucionar o conflito parcial de interesses entre agentes racionais egoístas. Mais tarde o campo de aplicação de suas simulações se estendeu a todo tipo de agente – racional ou não – que tivesse de tomar uma decisão sobre que fazer diante de um ser semelhante que disputa os bens disponíveis, mas que depende do outro para alcançá-lo. Dessa forma, a construção de jogos como método de pesquisa permite por em prática os tradicionais experimentos mentais que sempre foram produto da especulação filosófica mais apurada. Só que agora, os jogos possibilitavam encontrar uma resposta sobre os efeitos da proposta examinada.

A economia é uma ciência social aplicada e que utiliza o manancial numérico para representar seus modelos de interpretação dos dados sociais. Como nos diz Wilson (1989, p. 130) “quando bem concebido, um modelo não deixa nenhuma dúvida sobre seus pressupostos”.

Modelos, ainda segundo Wilson (1989, p. 132), devem ter quatro qualidades, principalmente quando se tratarem de modelos que utilizem o manancial matemático:

A primeira é a parcimônia: quanto menos unidades forem usados para explicar o fenômeno, melhor.

A segunda qualidade é a generalidade: quanto maior a faixa de fenômenos cobertos pelo modelo, maior sua probabilidade de ser verdadeiro.

A próxima é a consiliência. Unidades e processos de uma disciplina que se adaptam a conhecimentos solidamente verificados em outras disciplinas se mostram superiores em teoria e na prática a unidades e processos que não se adaptam.

Finalmente, valendo-se de todas as virtudes citadas, a qualidade definitiva da boa teoria é a capacidade de previsão.

Entende-se que modelos e algoritmos tem uma ligação estreita, a tarefa foca-se em buscar a simplicidade do raciocínio associado a simplicidade para se obter as respostas que se necessita. É como a interpretação do pensamento de Guilherme de Ockham, que sustenta que as explicações mais simples, entre duas possíveis, sempre é a mais correta.

5.3 ALGORITMOS

Na presente tese trabalha-se com algoritmos para consubstanciar nossas proposições, ou seja, propomos duas hipóteses e testamo-las.

Neste trabalho, nas hipóteses admitidas para os modelos propostos deve haver um valor máximo aceitável de egoístas dentro de uma população para que ela possa recuperar ao valor inicial, esse parâmetro foi obtido por meio de onerosas simulações. Por outro lado, os vingativos irão sobreviver mais que todas os outros caracteres.

5.4 ALGORITMO COM MOVIMENTAÇÃO BASEADA EM AUTÔMATO

No primeiro algoritmo cria-se uma população de 10.000 (dez mil) indivíduos, em uma matriz de 100×100 de forma aleatória ou de forma percentualmente premeditada com os características egoísta, altruísta e vingativo.

Figura 5: Representação do modelo de preenchimento das características internas dos algoritmos com movimentação baseada em autômato celular



Fonte: elaboração própria

Na [Figura 5](#) as letras na célula representam cada um dos elementos da matriz é designado um número (**n**), um caráter (**c**), um parasita (**p**) e um estado inicial (**i = v,m**, em que **v = vivo** e **m = morto**).

Seu comportamento de interação nessa matriz funcionará com os princípios de um autômato celular, mais especificamente o modelo de vizinhança de [Von Neumann & Morgenstern \(1966\)](#), isso implica que cada elemento deverá ter como vizinho um acima, um abaixo, um do lado esquerdo e ao lado direito.

Os dados resultantes servirão para elaborarmos nossas análises investigativas.

Figura 6: Representação gráfica da interação de um indivíduo na vizinhança de Newmann

		Indivíduo i-1, j		
	Indivíduo i, j-1	Indivíduo i, j	Indivíduo i, j+1	
		Indivíduo i+1, j		

Fonte: elaboração própria

Na representação da [Figura 6](#) mostra-se um autômato bidimensional, onde cada célula tem a característica (**i,j**), sendo que a letra **i** representa as linhas e a letra **j** as colunas. Cada célula $C_{i,j}$ recebe seus valores representativos de seus elementos, que no caso em questão são os caracteres, logo no transcorrer do tempo **t** seus valores serão modificados em função das regras $R_{i,t}$ a que se submetem .

Esse estado atual da célula $C_{i,j}$ será modificado em função do $C_{i,j}$ da sua vizinhança, ou seja sua representação algébrica é:

$$C_{i,j}^t = R(C_{i,j+1}^t, C_{i,j-1}^t, C_{i+1,j}^t, C_{i-1,j}^t) \quad (5.1)$$

E ainda:

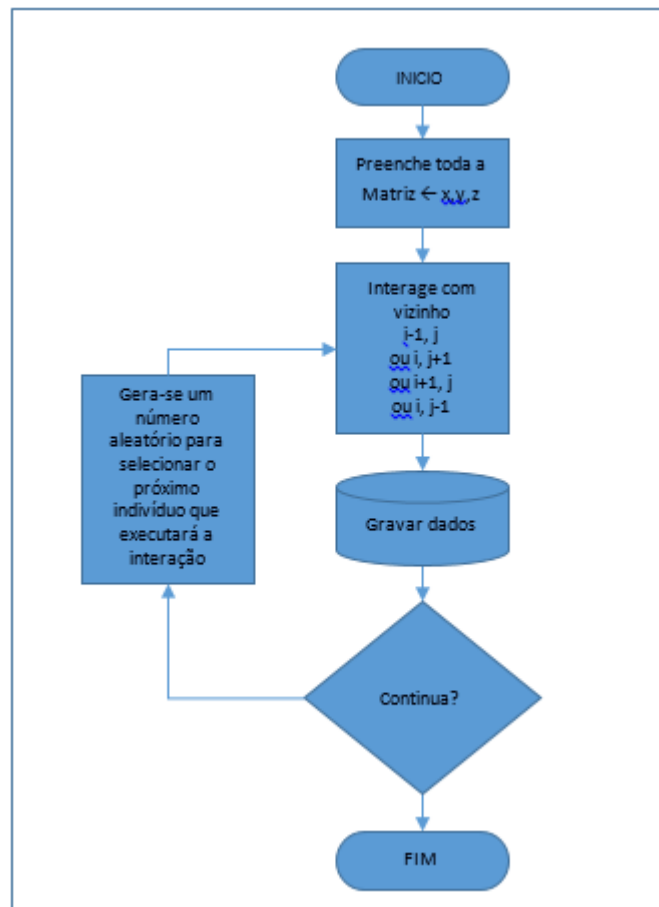
$$C_{i,j}^{t+1} = R(C_{i,j+1}^{t+1}, C_{i,j-1}^{t+1}, C_{i+1,j}^{t+1}, C_{i-1,j}^{t+1}) \quad (5.2)$$

As regras de movimentação são as seguintes:

- Antes de cada movimentação há uma certificação da existência dos quatro vizinhos;
- A interação segue o mesmo caminho da distribuição, aleatória, ou seja gera-se um número aleatório e esse número é o número do indivíduo na linha;
- O primeiro caráter/indivíduo da matriz irá interagir com o outro (um dos vizinhos), caso esteja morto nada será feito, caso esteja vivo, a interação acontecerá para tirar o parasita ou não, dependendo da característica dele e do vizinho.
- A interação do altruísta com qualquer outro caráter indica que esse elemento eliminará o parasita do outro com quem ele interagir;
- A interação do egoísta com qualquer outro caráter indica que esse elemento não eliminará o parasita do outro com quem ele interagir;
- A interação do vingativo com qualquer outro caráter indica que esse elemento fará uma primeira interação, sendo que na primeira interação sempre agirá como altruísta, quando um outro indivíduo interagir com o vingativo ele sempre devolverá o tratamento recebido;
- O presente algoritmo pressupõe nascimentos, sendo que o local de nascimento será “gerado” aleatoriamente. Quando o local escolhido for um local ocupado por um indivíduo vivo, esse nascimento não se concretizará;
- A cada geração um indivíduo receberá um parasita;
- Após as gerações, aquele que tiver oito¹ parasitas perecerá.

¹ A escolha do número oito foi feita em função dos exaustivos testes indicarem que o gráfico resultante com essa quantidade de parasitas o deixava visível e inteligível

Figura 7: Representação do algoritmo com movimentação em autômato celular



Fonte: elaboração própria

5.5 ALGORITMO COM MOVIMENTAÇÃO BASEADO NAS COLUNAS DA MATRIZ

No segundo algoritmo geramos uma matriz de 10.000 (dez mil) indivíduos e a preenchemos com valores representativos das características existentes, ou seja egoísta, altruísta, vingativo.

As regras de funcionamento do algoritmo são as que se seguem:

- Povoam-se aleatoriamente todas as colunas da primeira linha com caracteres de egoísmo, altruísmo e vingativo. O indivíduo da primeira coluna interagir com o indivíduo da segunda, o da segunda com o da terceira e o da última com o da primeira.
- Todos os indivíduos nascem com um parasita, se acumularem 8 parasitas perecem, a cada geração irão receber um parasita.

- Os indivíduos que nascem com o caráter altruísta sempre ao interagirem com o próximo irão retirar o parasita.
- Os indivíduos que nascem com o caráter vingativo sempre na primeira passagem irão retirar o parasita do próximo, e sempre retribuirá o tratamento que receber.
- Os indivíduos que nascem com o caráter egoísta nunca tiram o parasita de ninguém.
- No presente algoritmo não há a possibilidade de um indivíduo voltar a “viver”, uma vez morto ele ficará nessa condição até a última geração da simulação.
- Ao final da interação de todos os elementos da primeira linha, esta é embaralhada e copiada para a segunda linha.

A representação algébrica do algoritmo tem princípios semelhantes ao anterior, entretanto há detalhes no seu desenvolvimento, este só testará o $j+1$. Assim sua representação é mais simplificada:

$$C_{i,j}^t = R(C_{i,j+1}^t) \quad (5.3)$$

E ainda

$$C_{i,j}^{t+1} = R(C_{i,j+1}^{t+1}) \quad (5.4)$$

Os dados resultantes servirão para elaborarmos nossas análises investigativas.

Figura 8: Representação gráfica das interações com vizinhos

Indivíduo i,j	Indivíduo $i,j+1$	Indivíduo $i,j+2$	Indivíduo $i,j+3$	Indivíduo $i,j+4$
Indivíduo $i+1,j$	Indivíduo $i+1,j+1$	Indivíduo $i+1,j+2$	Indivíduo $i+1,j+3$	Indivíduo $i+1,j+4$

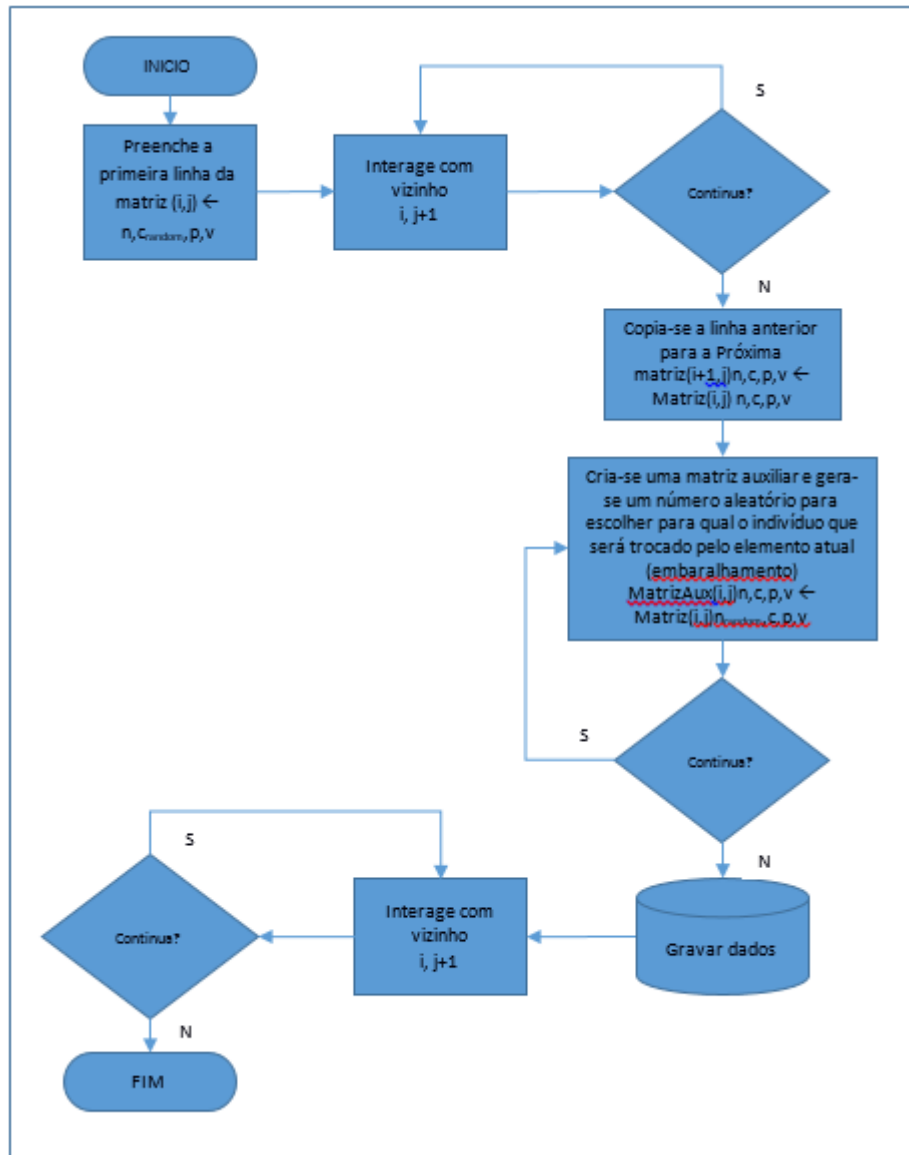
Fonte: elaboração própria

A Figura 8 em movimento circular demonstra que o indivíduo na linha zero, coluna zero (i, j) interagirá com o indivíduo da próxima coluna ($i, j+1$) e esse processo seguir-se-á até o último indivíduo completar o ciclo interagindo com o primeiro.

O primeiro indivíduo da linha um ($i+1, j$) interage com o próximo indivíduo da mesma linha ($i+1, j+1$) e esse processo se repete até que o último indivíduo da linha interaja com

o primeiro e assim o algoritmo passará para a próxima linha ($i+2$), o processo prossegue e o último indivíduo interage com primeiro.

Figura 9: Representação do algoritmo com movimentação baseada em matriz



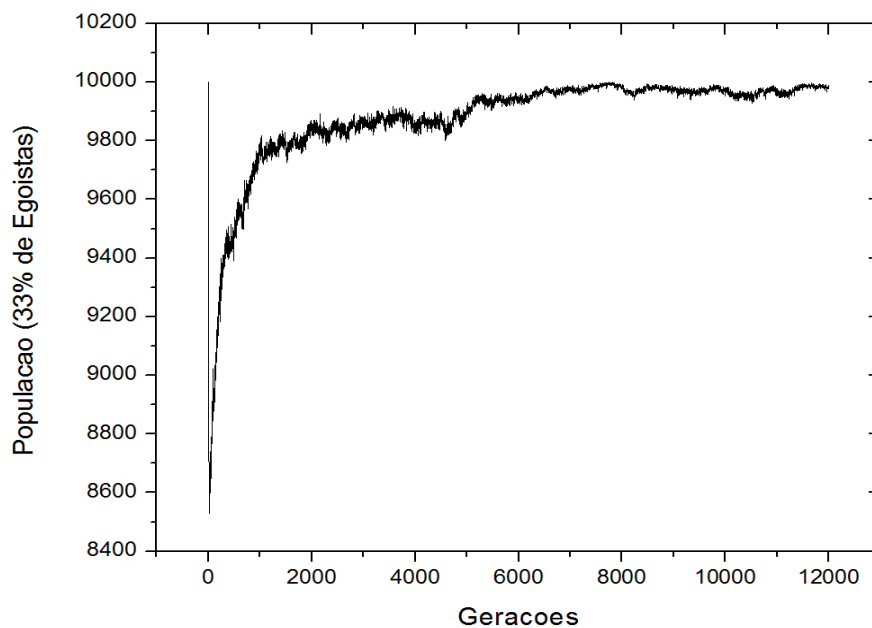
Fonte: elaboração própria

6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

6.1 ALGORITMO COM MOVIMENTAÇÃO BASEADA EM AUTÔMATO

Nas simulações com o algoritmo baseado em autômato, observa-se que, em uma população de 10.000 de indivíduos (matriz de 100×100), ao variar-se a taxa de preenchimento da matriz com os indivíduos com caráter egoísta, consegue-se verificar o desempenho de uma população e a sua capacidade de retornar a sua configuração original de equilíbrio.

Figura 10: Representação da população x geração



Fonte: elaboração própria

Na [Figura 10](#) pode ser observado que em uma população de 10.000 (dez mil indivíduos), logo após a oitava geração, em função da acumulação de parasitas, há um declínio de aproximadamente 18% da população, considerando que:

- A população inicial é de 10.000 (dez mil indivíduos);

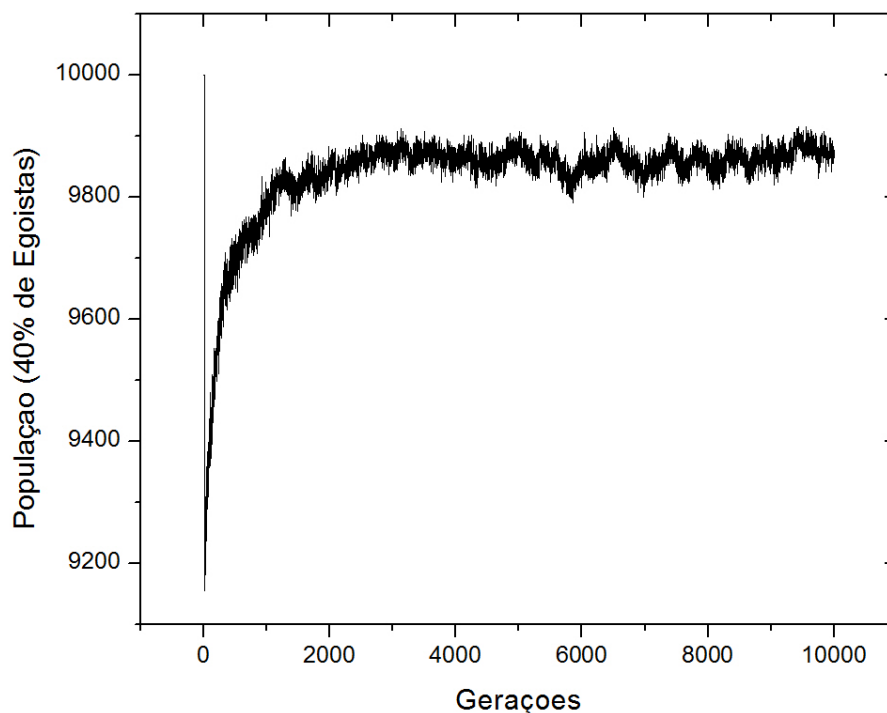
- A passagem da primeira para a segunda geração “consome” aproximadamente 2.500 (dois mil e quinhentos indivíduos);
- Ao resolver a equação 6.1:

$$\alpha = \left[\left(\frac{10000}{8500} \right) - 1 \right] * 100 \quad (6.1)$$

Obtêm-se um α de aproximadamente 18% da população.

A Figura 10 demonstra que por volta da geração 2000 (dois mil) há recuperação da população, haja vista a trajetória ascendente no gráfico, e prosseguindo nas observações da mesma figura, pode-se verificar na geração 8.000 (oito mil) uma aproximação do estado inicial de 10.000 (dez mil) indivíduos.

Figura 11: Representação da população \times geração (40% egoísta)



Fonte: elaboração própria

Na Figura 11 pode-se observar que há também um declínio acentuado no gráfico na passagem da primeira para a segunda geração, em função dos oitos parasitas, significa que sucumbiram aproximadamente 2000 (dois mil) indivíduos, ou um α de aproximadamente

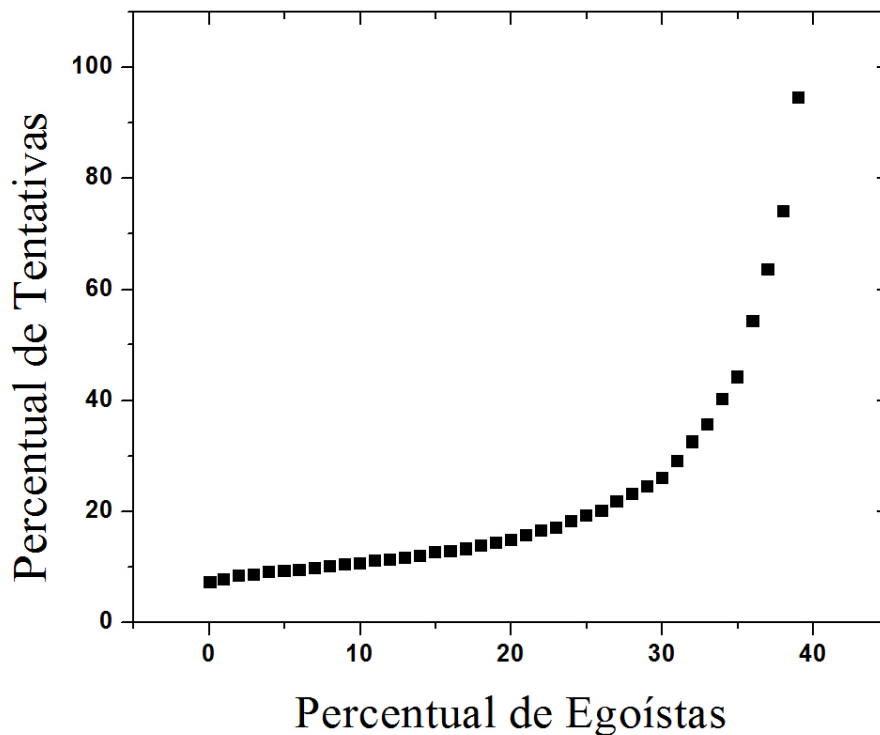
11%, e a população consegue ir recompondo-se à medida que as próximas gerações acontecem.

O α acima é calculado de forma semelhante a equação 6.2, onde:

$$\alpha = \left[\left(\frac{10000}{9000} \right) - 1 \right] * 100 \quad (6.2)$$

Pela observação da Figura 11 verifica-se que essa recomposição não consegue alcançar o patamar inicial de 10.000 (dez mil) indivíduos, isso mudando o percentual de variação de 1% (um por cento) de indivíduos com caráter egoísta na população.

Figura 12: Representação do percentual de tentativas x percentual de indivíduos egoístas



Fonte: elaboração própria

Dentre os resultados encontrados, o que se torna mais evidente é que quando se efetua a simulação no primeiro algoritmo, gerando um percentual de 0,01% de egoístas necessita-se ter um *mix* de taxa de tentativas de “natalidade” dos vingativos e altruístas de 7%, dessa forma consegue-se uma perspectiva real bem maior.

De uma forma geral, pode-se interpretar esses resultados observando que existe correlação entre variáveis, e que elas são balizadores para analisar a existência de sucumbências no

âmbito da população no experimento, o que demonstra a validade do algoritmo.

6.2 ALGORITMO COM MOVIMENTAÇÃO BASEADO NAS COLUNAS DA MATRIZ

Deve-se salientar que os modelos aparentemente sem muita complexidade matemática, são complexos ou muito onerosos em termos computacionais, uma vez que para cada processo simulatório, em média foram gastos dezoito dias em um computador MAC mini¹ com a seguinte configuração:

1. Processador: Intel Core i5 dual core, 2,5GHz (Turbo Boost até 3,1GHz) com 3MB de cache L3;
2. Memória: 2GB de memória DDR3, 1600MHz;
3. Capacidade de armazenamento: Disco rígido de 500GB (5400 rpm).

Com o segundo algoritmo, iniciamos nossas simulações distribuindo aleatoriamente a quantidade de indivíduos dentro da primeira linha da matriz, considerando todos os três tipos caráter – o altruísta, o vingativo e o egoísta, isso significa que em média cada caráter recebeu 33% do total que podem ser observados na [Figura 13](#) e [Figura 14](#).

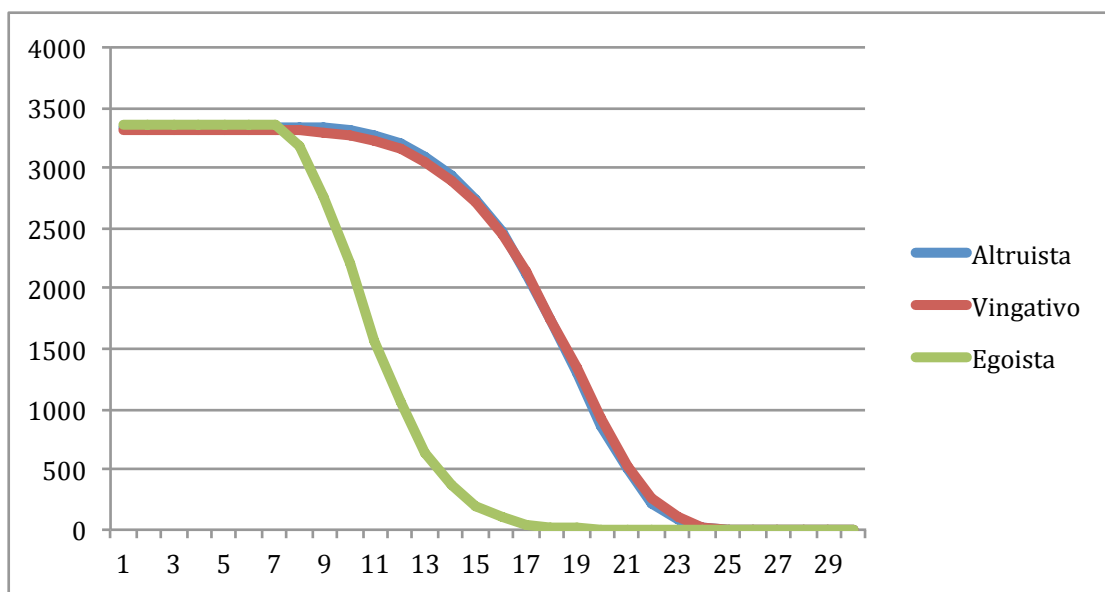
Diferente do primeiro algoritmo, este apresenta a configuração de não aceitar nascimentos e/ou ressurgimento de novos indivíduos nas vagas deixadas por elementos “mortos”, esta é definitiva e retira a possibilidade de contar com esse dado.

A passagem para a segunda geração recebe os indivíduos da primeira, aleatoriza-se e os faz interagir novamente, o algoritmo ordena os elementos “vivos” e processa todos os elementos novamente.

As simulações desenvolvidas receberam uma quantidade de 10.000 (dez mil) indivíduos. Que na [Figura 13](#) temos o resultado de uma única simulação.

¹ Computador Pessoal da Copyright©2014 Apple Inc. All rights reserved.

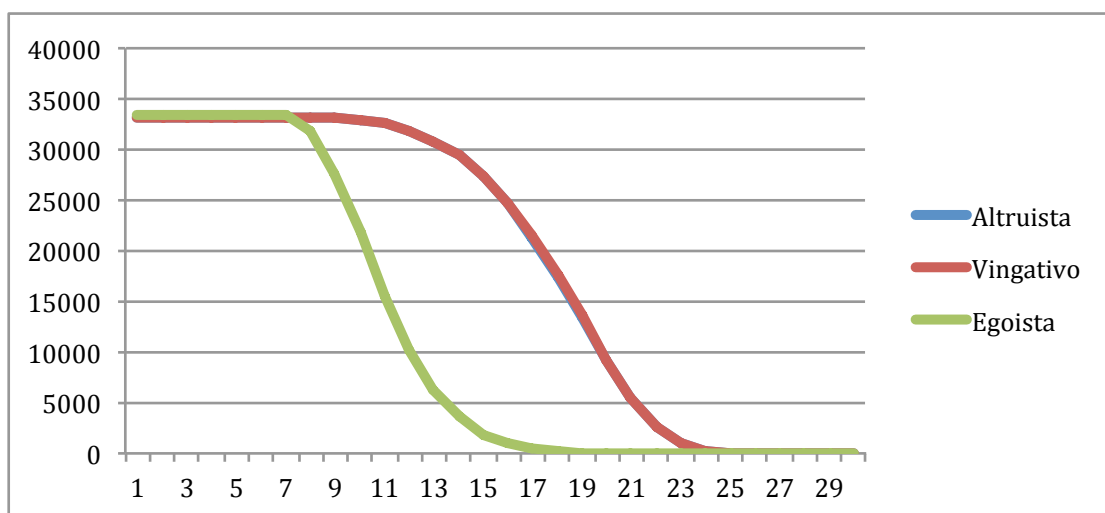
Figura 13: Representação da simulação com planilha única



Fonte: elaboração própria

Pode-se observar na [Figura 13](#) que a curva de todos os indivíduos tem um decaimento após a oitava geração, e que a curva de altruístas e vingativos tem um decaimento semelhante, e que os egoístas tem um declínio bem mais acentuado. A acentuação de “morte” do egoísta é explicada pela interação com elementos vingativos que retribuem o mesmo tratamento recebido na rodada anterior, como o “padrão” é os egoístas não ajudarem ninguém, esse mesmo tratamento será dado a ele.

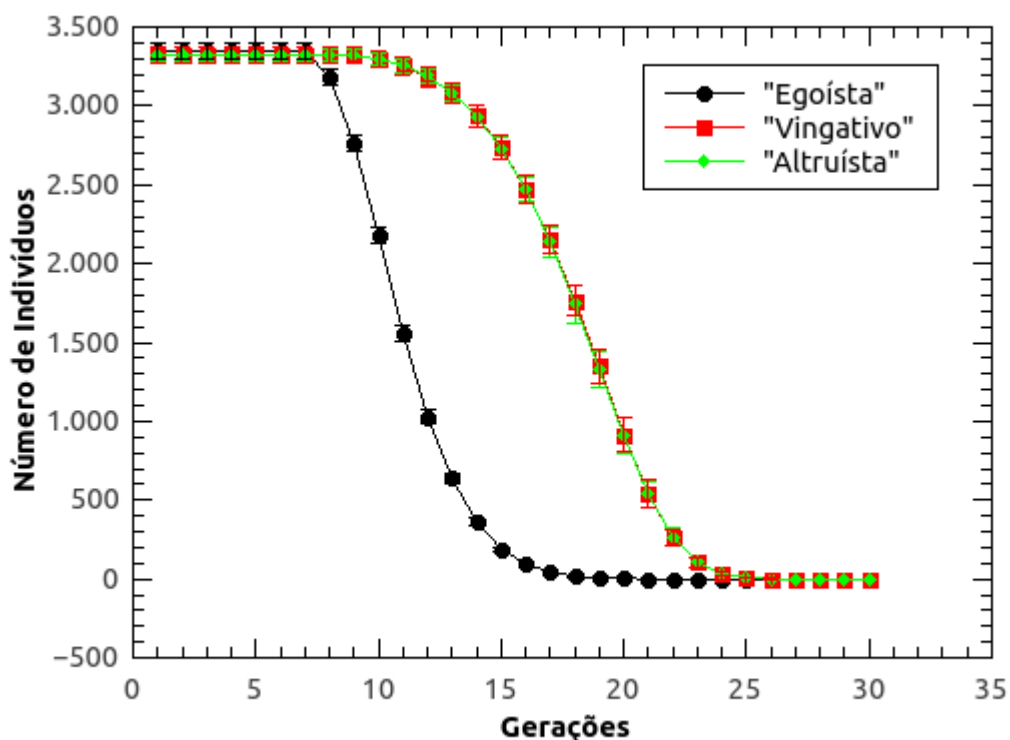
Figura 14: Representação da simulação com conjunto de planilhas



Fonte: elaboração própria

Quando os dados são tomados em conjunto, verifica-se que o comportamento do conjunto, assemelha-se aos da planilha individual, há um decaimento a partir da oitava geração e os egoístas tendem a sucumbir muito mais rapidamente, em virtude de sua interação com os vingativos ter desdobramentos negativos no contexto de sua sobrevivência (Figura 14).

Figura 15: Representação das simulações com barra de erros de desvio padrão em conjunto de planilhas



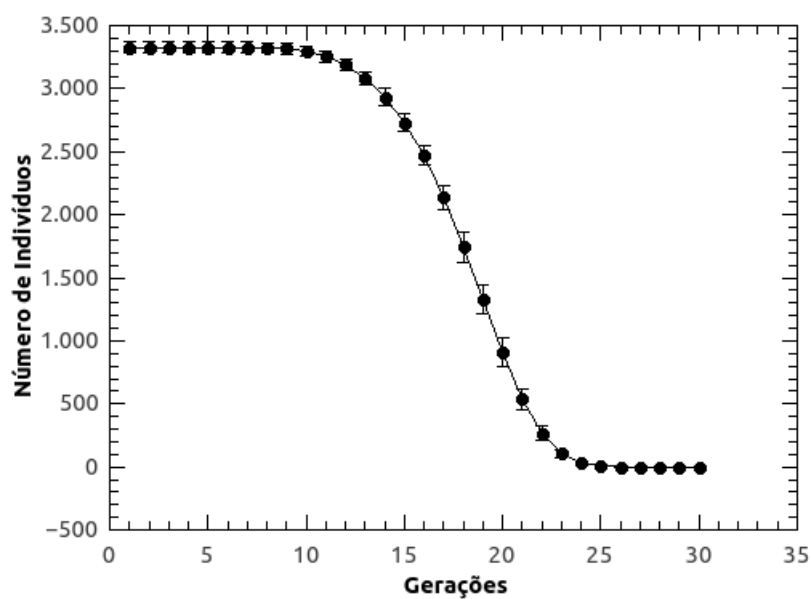
Fonte: elaboração própria

A interação média entre altruístas e vingativos é demonstrada na Figura 15, ali pode-se observar que o decaimento entre os altruístas e vingativos seguem trajetórias comuns, isso é explicado pelo fato de haver cooperação entre indivíduos e essa contribuir para a longevidade de ambos caracteres.

O decaimento dos indivíduos egoístas demonstrado na Figura 15, demonstra que a falta de cooperação com outros caracteres, o conduz a sucumbir mais rapidamente ao longo das gerações.

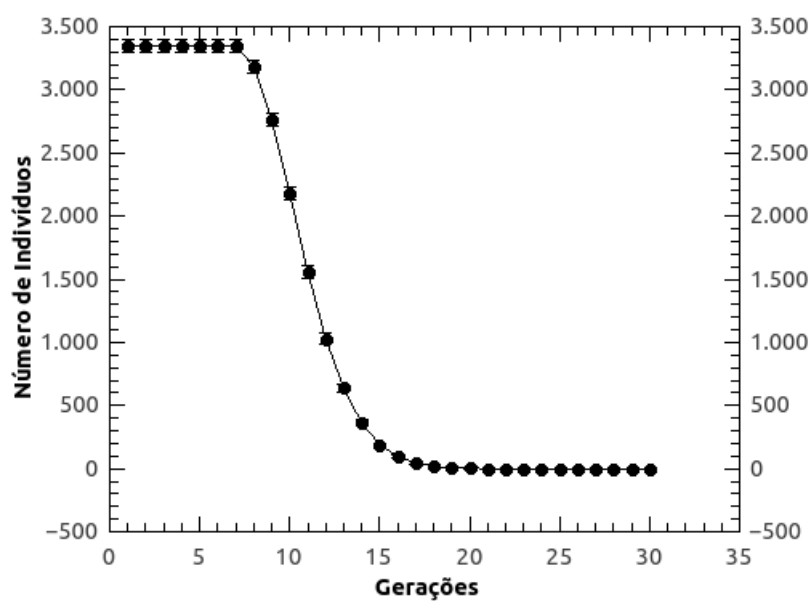
As barras de erros de desvio padrão sobrepostas nos conjuntos de indivíduos altruístas, egoístas e vingativos significa que a diferença existente entre os grupos comparados significam que não são estatisticamente muito significativa.

Figura 16: Representação individual do caráter Altruísta



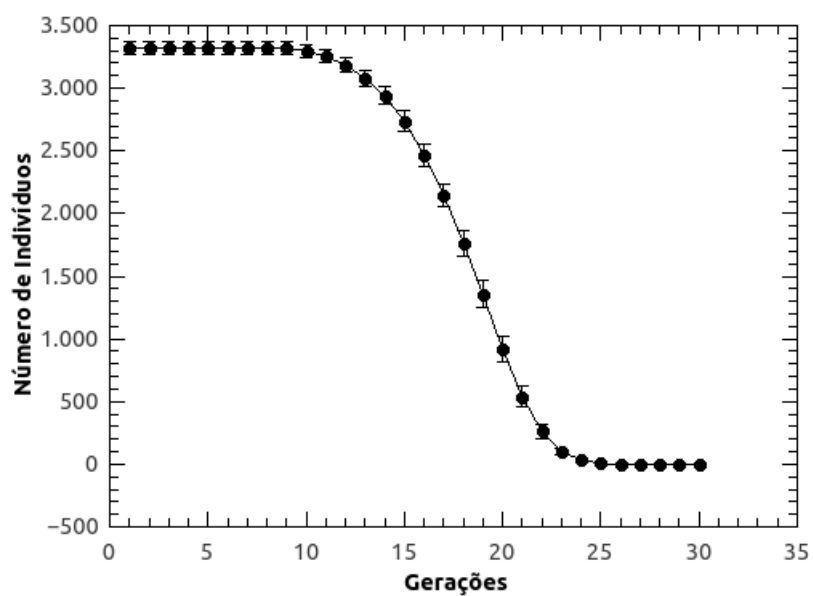
Fonte: elaboração própria

Figura 17: Representação individual do caráter Egoísta



Fonte: elaboração própria

Figura 18: Representação individual do caráter Vingativo



Fonte: elaboração própria

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo das relações entre os caracteres altruísta, vingativo e egoísta em simulações computacionais, abre a possibilidade de explorar ramificações científicas distintas. Existe a possibilidade de seguir pelas ciências sociais, pela economia, pela biologia dentre outras.

O amplo espectro proporcionado pelo tema, obriga-nos a fazer recortes e atermo-nos a observar os resultados simulados da interação de caracteres, abordando unicamente o viés escolhido e, dispensar o olhar aprofundado às outras áreas passíveis de imersão.

A escolha efetuada na presente tese aborda e aprofunda nos conceitos existentes nas ciências biológicas e nas ciências econômicas, isso posto, é nas ciências biológicas que vai-se deter para elaborar os métodos.

Axelrod vai propor um torneio onde várias estratégias vão interagir para tentar suplantar a outra, nesse o algoritmo de Rapoport vai sagrar-se vencedor utilizando a premissa de devolver o mesmo tratamento que recebeu na interação anterior.

A conexão que de George Price faz é que ele inicia um campo de pesquisa inovador ao possibilitar às ciências sociais iniciar o processo “medição” de um elemento abstrato como é o altruísmo. Além de contribuir também com sua história pessoal quando tenta provar que era possível alguém ser integralmente altruísta².

Uma observação que se faz é a de que altruísmo e cooperação são conceitos próximos em sua gênese, muito embora a relação seja entendida como unívoca, o resultado da ação das duas é sempre positivo.

Conceitos de teoria dos jogos estão presentes na tese como o método de teste das possibilidades de cooperar ou não. Os algoritmos elaborados são permeados por esses conceitos.

6.3 CONCLUSÕES

Quando da elaboração do primeiro algoritmo, a intenção precípua era verificar se a nossa primeira hipótese revelava-se verdadeira, que se o caráter egoísta ultrapassasse um determinado percentual do total de uma população, essa não conseguiria se recompor.

Descobre-se que, após nossa simulação, o percentual encontrado foi de trinta e nove por cento. Com isso podemos afirmar que se o total de egoístas em uma população ultrapassar o limite encontrado de 39% a população não consegue se recompor aos níveis iniciais.

² George R. Price fez experimentos com ele próprio, a sua família, usando seu dinheiro e seus bens para provar que um ser humano pode ser totalmente altruísta, perdeu sua família, seu emprego, seus bens e sua vida ao longo desse processo

Uma outra evidência numérica é a de que para cada 0,01% de egoísta em uma simulação necessitaremos de tentativas de nascimento de 7% da população de um *mix* de altruístas e vingativos para que a população possa retornar ao estado inicial numérico.

No segundo algoritmo, busca-se verificar se a segunda hipótese era verdadeira, ou seja, que o caráter vingativo sempre iria sobreviver mais tempo que o caráter altruísta e que o caráter egoísta, como proposto por Axelrod.

Os resultados mostraram que o caráter egoísta sempre sucumbe muito mais rapidamente que o vingativo e o altruísta, entretanto percebe-se que tanto em uma única simulação quanto em um conjunto de simulações, o caráter altruísta acompanha a sobrevivência do caráter vingativo.

O comportamento da sobrevivência na população, dá-se em função da interação dos vingativos com os egoístas, e da mesma forma que com os altruístas, que impacta na longevidade que se observa para os caracteres na Figura 15. Com o presente resultado verifica-se que a construção de relações baseadas na cooperação leva o indivíduo a promover sua longevidade ao longo das gerações.

Percebe-se nos resultados da simulação que aqueles indivíduos que "pensam" unicamente no seu próprio bem estar, sem preocupar-se em retribuir a cooperação que recebeu anteriormente, podem encurtar sua existência.

No caso em questão, aqueles que cooperaram entre si sobreviveram muito mais. Lembremos que no algoritmo proposto o egoísta sempre que cruzava com um altruísta recebia a cooperação, entretanto aquele nunca retribuía a benesse.

Quando o egoísta cruzava com o vingativo ele era ajudado, mas quando a situação era inversa o vingativo não era ajudado, entretanto esse guardava em sua "memória" se tinha ou não sido ajudado por aquele indivíduo vingativo.

O resultado da retribuição complica a vida do egoísta, ao passo que facilitava o vida do altruísta. O elemento complicador para o egoísta é que ele receberá o mesmo tratamento que deu, e no caso do altruísta, ele receberá o mesmo tratamento que deu ao egoísta.

O resultado desse tipo de comportamento do altruísta e do egoísta implica diretamente na longevidade de suas sobrevivências ao longo do tempo, é o que nos mostra o resultado da nossa simulação.

Salienta-se que os resultados foram emulados em computador utilizando um recorte da realidade, portanto os resultados alcançados estão de acordo com os objetivos propostos. Em trabalhos futuros pode-se extrapolar os presentes resultados.

O caminho percorrido na presente tese pode encontrar ramificações dependendo da ótica pretendida por cada pesquisador. A contribuição dada pela presente tese está em interconectar caracteres em ambiente virtual utilizando teorias provenientes de ciências distintas.

Na observação de trabalhos anteriores, conseguimos encontrar simulações com perspectivas e montagens divergentes da nossa proposta, ou melhor propostas que simulavam caracteres dois a dois separadamente.

Os resultados encontrados ratificam as nossas duas hipóteses, a primeira é que existe um percentual máximo aceitável em uma população com egoístas que impede que essa sucumba, o percentual encontrado foi de 39%. A segunda hipótese é ratificada, entretanto demonstra que os vingativos não sobrevivem mais que os outros caracteres, ao menos não mais que os altruístas.

A cooperação, conseguimos observar, é um tipo de comportamento que a longo prazo beneficia a todos os envolvidos no tecido social.

REFERÊNCIAS

- ÁDAMO, A. de S. *A Teoria dos Jogos e as Ciências Sociais*. Dissertação (Dissertação de Mestrado) — UNESP, Marília, 2003.
- ALMEIDA, F. P. L. de. *A Evolução da Mente Normativa: Origens da Cooperação Humana*. Dissertação (Dissertação de Mestrado) — UNB, Brasília, 2011.
- AXELROD, R. *A Evolução da Cooperação*. São Paulo: Leopardo Editora, 2010.
- AXELROD, R.; HAMILTON, W. The evolution of cooperation. *Science – New Series*, v. 211, n. 4489, p. 1390–1396, 1986.
- BIERMAN, S.; FERNANDEZ, L. *Teoria dos Jogos*. São Paulo: Pearson Universitário, 2011.
- BUCHANAN, M. *O padrão invisível*. 2001. Tradução de Luiz Roberto Mendes Gonçalves. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/fsp/mais/fs2801200103.htm>>. Acesso em: 5 jan. 2012.
- CABRAL, R. de M. *Jogos Evolucionários*. Dissertação (Dissertação de Mestrado) — Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2008.
- COSTA, F. A. P. L. *O Preço do Altruísmo*. 2013. Scielo. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/hcsm/v19n4/17.pdf>>. Acesso em: 3 mar. 2013.
- CRESWELL, J. W. *Projetos de Pesquisa, Métodos Qualitativo, Quantitativo e Misto*. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- DAVIS, M. D. *Teoria dos Jogos*. São Paulo: Cultrix, 1973.
- EIGEN, M.; WINKLER, R. *O Jogo: As Leis Naturais que Regulam o Acaso*. Lisboa: Gradiva, 1989.
- FLICK, U. *Introdução Pesquisa Qualitativa*. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- HAMILTON, W. The genetical evolution of social behaviour. *I Journal of Teoretical Biology*, n. 7, p. 1 – 16, 1964.
- _____. _____. *II Journal of Teoretical Biology*, n. 7, p. 17 – 52, 1964.
- HARDIN, G. The tragedy of the commons. *Science*, v. 162, n. 3859, p. 1243 – 1248, 1968.
- HARMAN, O. *O Preço do Altruísmo*. 2014. Scientific American. Disponível em: <<http://www.scienceinschool.org/2012/issue25/altruism/portuguese>>. Acesso em: 5 jan. 2014.
- HART, S.; NEYMAR, A. *Game and Economic Theory*. 2012. University of Michigan. Disponível em: <<http://www.ma.huji.ac.il/hart/get/intro.html>>. Acesso em: 5 maio 2012.
- KROPOTIKIN, P. *Ajuda mútua, um fator de evolução*. São Paulo: Senhora, 2009.

- LANIADO, R. N. Troca e reciprocidade no campo da cultura política. *Sociedade e Estado*, v. 16, n. 1 – 2, p. 222 – 243, 2001.
- MORGADO, A. C. *et al.* *Análise Combinatória e Probabilidade*. 9. ed. Rio de Janeiro: SBM, 2006. Coleção Professor de Matemática.
- NASH, J. F. Equilibrium points in n-person games. *Proceeding oh the National Academy os Sciences*, v. 36, p. 48 – 49, 1949.
- _____. Non cooperative games. *The Annals of Mathematics, Second Series*, v. 54, n. 2, p. 286 – 295, 1951.
- NOWAK, M. A.; SIGMUND, K.; FEHR, E. *The Economics of Fair Play*. 2013. Scientific American. Disponível em: <<http://homepage.univie.ac.at/karl.sigmund/SciAm02.pdf>>. Acesso em: 5 maio 2013.
- PANCHANATHAN, K. *George Price, the Price equation, and cultural group selection*. 2010. Evolution and Human Behavior. Disponível em: <<http://faculty.missouri.edu/~panchanathank/papers/2011/Panchanathan2011b.pdf>>. Acesso em: 6 mar. 2013.
- POPPER, K. R. *A lógica da pesquisa científica*. São Paulo: Cultrix, 1993.
- RAPOPORT, A. *et al.* Mathematical models of social interaction. *Handbook of Mathematical Psychology*, v. 2, p. 493 – 579, 1963.
- RIDLEY, M. *As Origens da Virtude: Um Estudo Biológico da Solidariedade*. Rio de Janeiro: Record, 2000.
- ROUSSEAU, J. J. *Discurso sobre a origem e os fundamentos da desigualdade entre os homens*. São Paulo: Universidade de Brasília, 1989.
- SAHLINS, M. *Stone age economics*. Hawthorne: Aldine de Gruyter, 1972.
- SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, M. del P. B. *Metodologia da Pesquisa*. Porto Alegre: Artmed, 2003.
- SENNET, R. *A Corrosão do Carater*. Rio de Janeiro: Record, 2009.
- SILVA, A. R. da. *Teoria dos Jogos e Cooperação para Filósofos*. 2012. A Filosofia e seus meios Discursus. Disponível em: <<http://www.discursus.xpg.com.br/tjcf/111tjfc.html>>. Acesso em: 12 maio 2012.
- SKYRMS, B. *Fermat and Pascal On Probability*. 2013. University of York. Disponível em: <<http://www.york.ac.uk/depts/math/histstat/pascal.pdf>>. Acesso em: 4 fev. 2013.
- TALEB, N. N. *Iludido Pelo Acaso*. Rio de Janeiro: Record, 2010.
- TRIVERS, R. The evolution of reciprocal altruism. *The Quartely Review of Biology*, v. 46, n. 1, p. 35 – 37, 1971.
- VON NEUMANN, J.; MORGENSTERN, O. *The Theory of Games and Economic Behavior*. Chicago: Princenton University Press, 1943.
- _____. *Theory of Self-reproducing Automata*. Chicago: University of Illinois Press, 1966.
- WILSON, E. O. *Consiliência: A Unidade do Conhecimento*. Rio de Janeiro: Record, 1989.

Apêndices

APÊNDICE A – ALGORITMOS

Algorithm 1 Sequencial parte 1

Require:

Ensure:

- 1: *variavel inteiro* individuo[linha][coluna]
- 2: *variavel inteiro* parasita[linha][coluna]
- 3: *variavel inteiro* vivo[linha][coluna]
- 4: *variavel inteiro* mde[linha][coluna]

- 5: *variavel inteiro* individuoAux [linha][coluna]
- 6: *variavel inteiro* parasitaAux [linha][coluna]
- 7: *variavel inteiro* vivoAux [linha][coluna]
- 8: *variavel inteiro* mdeAux[linha][coluna]

9: *variavel inteiro* l, c

- 10: **for** l = 1 to 40 **do**
 - 11: **for** c = 1 to 10000 **do**
 - 12: **if** c = 1 **then**
 - 13: individuo[l][c] \leftarrow aleatorio{1,2,3}
 - 14: parasita[l][c] \leftarrow 1
 - 15: vivo[l][c] \leftarrow 1
 - 16: mde[l][c] \leftarrow 1
 - 17: **end if**
 - 18: **if** c > 1 **then**
 - 19: individuo[l][c] \leftarrow 0
 - 20: parasita[l][c] \leftarrow 0
 - 21: vivo[l][c] \leftarrow 0
 - 22: mde[l][c] \leftarrow 0
 - 23: **end if**
 - 24: **end for**
 - 25: **end for**
-

Algorithm 2 Sequencial parte 2

```

26: for l = 2 to 40 do
27:   for c = 1 to 10000 do
28:     individuo[l][c+1] ← individuo[l][c]
29:     parasita[l][c+1] ← parasita[l][c]
30:     vivo[l][c+1] ← vivo[l][c]
31:     mde[l][c+1] ← mde[l][c]
32:   end for
33:   for c = 1 to 10000 do
34:     individuoAux[l][c] ← individuo[l][c]
35:     individuo[l][c] ← individuo[l][aleatorio{1,2,3}]
36:     individuo[l][aleatorio{1,2,3}] ← individuoAux[l][c]
37:     parasitaAux[l][c] ← parasita[l][c]
38:     parasita[l][c] ← parasita[l][aleatorio{1,2,3}]
39:     parasita[l][aleatorio{1,2,3}] ← parasitaAux[l][c]
40:     vivoAux[l][c] ← vivo[l][c]
41:     vivo[l][c] ← vivo[l][aleatorio{1,2,3}]
42:     vivo[l][aleatorio{1,2,3}] ← vivoAux[l][c]
43:     mdeAux[l][c] ← mde[l][c]
44:     mde[l][c] ← mde[l][aleatorio{1,2,3}]
45:     mde[l][aleatorio{1,2,3}] ← mdeAux[l][c]
46:   end for
47:   for c = 1 to 10000 do
48:     if (individuo[l][c] = 1 & vivo[l][c] = 1 & parasita[l][c] >= 1) & (vivo[l][c+1] =
1 & parasita[l][c+1] >= 1) then
49:       parasita[l][c+1]-1
50:     end if
51:     if (individuo[l][c] = 2 & vivo[l][c] = 1 & parasita[l][c] >= 1) & (indivi-
duo[l][c+1] = 1 & vivo[l][c+1] = 1 & parasita[l][c+1] >= 1) then
52:       parasita[l][c+1]-1
53:     end if
54:     if (individuo[l][c] = 2 & vivo[l][c] = 1 & parasita[l][c] >= 1) & (indivi-
duo[l][c+1] = 3 & vivo[l][c+1] = 1 & parasita[l][c+1] >= 1 & mde[l][c] = 1) then
55:       parasita[l][c+1]-1
56:     end if

```

Algorithm 3 Sequencial parte 3

```
57:     if vivo[l][c] >= 0 then
58:         vivo[l][c]+1
59:     end if
60:     if vivo[l][c] >= 8 then
61:         vivo[l][c] ← 0
62:     end if
63: end for
64: end for
65: for c = 1 to 10000 do
66:     escreva individuo[l][c]
67:     escreva vivo[l][c]
68: end for
```

Algorithm 4 Autômato Celular parte 1

Require:**Ensure:**1: *variavel inteiro* individuo[linha][coluna]2: *variavel inteiro* parasita[linha][coluna]3: *variavel inteiro* vivo[linha][coluna]4: *variavel inteiro* mde[linha][coluna]5: *variavel inteiro* l, c, li6: **for** l = 1 to 100 **do**7: **for** c = 1 to 100 **do**

8: individuo[l][c] ← aleatorio {1,2,3}

9: parasita[l][c] ← 1

10: vivo[l][c] ← 1

11: **end for**12: **end for**

13: x ← 10000

14: **while** x > 0 **do**15: **for** l = 1 to 100 **do**16: **for** c = 1 to 100 **do**

17: li ← aleatorio{1...100}

18: **if** vivo[li][c+1] = 1 & vivo[li][c-1] = 1 & vivo[li+1][c] = 1 & vivo[li-1][c]=1 **then**19: **if** (individuo[li][c] = 1 & vivo[li][c] = 1 & parasita[li][c] >= 1) &
 (vivo[li][c+1] = 1 & parasita[li][c+1] >= 1) **then**

20: parasita[li][c+1]-1

21: **end if**22: **end if**23: **if** vivo[li][c+1] = 1 & vivo[li][c-1] = 1 & vivo[li+1][c] = 1 & vivo[li-1][c]=1 **then**24: **if** (individuo[li][c] = 2 & vivo[li][c] = 1 & parasita[li][c] >= 1) & (indivi-
 duo[li][c+1]= 1 & vivo[li][c+1] = 1 & parasita[li][c+1] >= 1) **then**

25: parasita[li][c+1]-1

26: **end if**27: **end if**

Algorithm 5 Autômato Celular parte 2

```
28:         if vivo[li][c+1] = 1 & vivo[li][c-1] = 1 & vivo[li+1][c] = 1 & vivo[li-1][c]=1
           then
29:             if (individuo[li][c] = 2 & vivo[li][c] = 1 & parasita[li][c] >= 1) & (in-
               dividuo[li][c+1]= 3 & vivo[li][c+1] = 1 & parasita[li][c+1] >= 1 & mde[li][c] = 1)
           then
30:                 parasita[li][c+1]-1
31:             end if
32:         end if
33:         if individuo[li][c] = 3 then
34:             mde[li][c+1] ← 0
35:         end if
36:         if vivo[li][c] >= 0 then
37:             vivo[li][c]+1
38:         end if
39:         if vivo[li][c] >= 8 then
40:             vivo[li][c] ← 0
41:         end if
42:     end for
43: end for
44: for c = 1 to 10000 do
45:     escreva individuo[l][c]
46:     escreva vivo[l][c]
47: end for
48: end while
```
