

ÉRIKA REGINA DA SILVA GALLO

**ECONOMIA COMPORTAMENTAL
APLICADA A FINANÇAS E O MODELO DE
AGENTES:** Um estudo sobre a presença da
subjetividade humana na tomada de decisão e suas
implicações no mercado acionário.



ARARAQUARA – SP.
2016

ÉRIKA REGINA DA SILVA GALLO

**ECONOMIA COMPORTAMENTAL
APLICADA A FINANÇAS E O MODELO DE
AGENTES: Um estudo sobre a presença da
subjetividade humana na tomada de decisão e suas
implicações no mercado acionário.**

Dissertação de Mestrado, apresentado ao Programa de Pós-graduação em Economia da Faculdade de Ciências e Letras - Unesp/Araraquara, como requisito para obtenção do título de Mestre em Economia.

Linha de pesquisa: Teoria Econômica Aplicada.

Orientador: Prof. Dr. Mário Augusto Bertella

Coorientador: Prof. Celso Nobre da Fonseca.

Bolsa: CNPq.

ARARAQUARA – SP.
2016

Regina da Silva Gallo, Érika

Economia Comportamental Aplicada a Finanças e o Modelo de Agentes:
Um estudo sobre a presença da subjetividade humana na tomada de
decisão e suas implicações no mercado acionário. /Érika Regina da
Silva Gallo – Araraquara, 2016
138 f.

Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências e Letras (Campus
Araraquara)

Orientador: Mário Augusto Bertella

Coorientador: Celso Nobre da Fonseca

1. Teoria da Decisão. 2. Economia Comportamental. 3. Finanças Comportamentais. 4. Mercado Acionário. 5. Modelo de Agentes.

ÉRIKA REGINA DA SILVA GALLO

**ECONOMIA COMPORTAMENTAL APLICADA A
FINANÇAS E O MODELO DE AGENTES:** Um estudo
sobre a presença da subjetividade humana na tomada de
decisão e suas implicações no mercado acionário.

Dissertação de Mestrado, apresentada ao
Programa de Pós em Economia da Faculdade
de Ciências e Letras – UNESP/Araraquara,
como requisito para obtenção do título de
Mestre em Economia.

Linha de pesquisa: Teoria Econômica
Aplicada
Orientador: Mário Prof. Dr. Augusto
Bertella
Coorientador: Prof. Celso Nobre da
Fonseca
Bolsa: CNPq

Data da defesa: 09/09/2016

MEMBROS COMPONENTES DA BANCA EXAMINADORA:

Presidente e Orientador: **Doutor Mário Augusto Bertella**
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

Membro Titular: **Doutor Leonidas Sandoval Junior**
Instituto de Ensino e Pesquisa, INSPER.

Membro Titular: **Doutora Tatiana Massaroli de Melo**
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

Local: Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Ciências e Letras
UNESP – Campus de Araraquara

ÉRIKA REGINA DA SILVA GALLO

ECONOMIA COMPORTAMENTAL APLICADA A FINANÇAS E O MODELO DE AGENTES: Um estudo sobre a presença da subjetividade humana na tomada de decisão e suas implicações no mercado acionário.

Dissertação de Mestrado, apresentada ao Programa de Pós em Economia da Faculdade de Ciências e Letras – UNESP/Araraquara, como requisito para obtenção do título de Mestre em Economia.

Linha de pesquisa: Teoria Econômica Aplicada
Orientador: Mário Prof. Dr. Augusto Bertella
Coorientador: Prof. Celso Nobre da Fonseca
Bolsa: CNPq

Data da defesa: 09/09/2016

MEMBROS COMPONENTES DA BANCA EXAMINADORA:

Presidente e Orientador: **Doutor Mário Augusto Bertella**
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

Membro Titular: **Doutor Leonidas Sandoval Junior**
Instituto de Ensino e Pesquisa, INSPER.

Membro Titular: **Doutora Tatiana Massaroli de Melo**
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

Membro Titular: **Doutora Roseli da Silva**
Universidade de São Paulo, USP.

Membro Titular: **Doutora Ana Elisa Périco**
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

Local: Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Ciências e Letras
UNESP – Campus de Araraquara

À minha família, Fabrício e Nina.

AGRADECIMENTOS

Durante o período de mestrado pude contar com a colaboração de muitas pessoas que, direta ou indiretamente, auxiliaram na construção deste trabalho. Por isso, deixo meu agradecimento a todos que passaram pela minha vida durante esse período.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) agradeço pela concessão da bolsa de mestrado que possibilitou a realização deste trabalho.

Ao corpo de funcionários da FCLar – Unesp/Araraquara em especial a todos da Secretaria de Pós-Graduação pela colaboração e apoio técnico não somente para comigo, mas com todos os alunos do PPGE.

Agradeço aos professores do Programa de Pós-graduação, pelas conversas, aprendizados e incentivos recebidos ao longo de minha vivência na Instituição.

Aos meus colegas de mestrado por dividir comigo momentos de estudos e de descontração.

Ao Prof. Celso Nobre da Fonseca, meu coorientador, dedico um agradecimento especial. Muito obrigada por aceitar o desafio de me auxiliar no aprendizado de programação no *Netlogo* e por todas as correções feitas na programação.

Ao Prof. Dr. Mário Bertella, agradeço pela primorosa orientação sempre coerente, generosa e paciente. Sua dedicação à pesquisa me serviu de inspiração e contribuiu de modo valioso para minha formação. Obrigada por me propor um tema de estudo tão instigante e desafiador e, também, por acreditar na minha capacidade de desenvolver este trabalho.

A você Fabricio, meu amor, não há espaço suficiente para agradecer todas as coisas maravilhosas que sua presença traz para minha vida. Assim, de forma singela quero te agradecer por acreditar em mim, nos meus sonhos e por caminhar ao meu lado sempre. Agradeço o respeito e a compreensão nos momentos em que a confecção deste trabalho exigiu certa reclusão. Seu companheirismo foi importantíssimo ao longo do caminho trilhado durante este mestrado.

E por último agradeço à minha família: meu pai Celino, minha mãe Roseli e meus irmãos Ericson e Manoel pela compreensão dos momentos de ausência e pelo apoio incondicional que me deram àquilo que me dispus a fazer.

São Tomé – que, como todo mundo sabe, foi o precursor da dúvida cartesiana – jamais perdeu a obsessão das verdades palpáveis e por isso foi parar no Inferno. Ora, os mais infelizes dentre os infernados são os arrependidos e um destes censurou tristemente a

Tomé:

- Viste? Só de teimoso tu perdeste o Céu...

E Tomé:

- O Céu? Não sejas doido... Só existe o Inferno!

(Mário Quintana, 1978, p. 3)

RESUMO

Neste trabalho temos a intenção de contribuir com o debate na área de economia e finanças comportamentais ao realizar um estudo sobre o comportamento do mercado acionário ao incluímos o viés de comportamento aversão à perda aos agentes que ali operam. Para tanto, em um primeiro momento, fez-se uma concisa revisão da teoria da decisão na escola econômica e seus desdobramentos em finanças, no que tange à Hipótese dos Mercados Eficientes. Em um segundo momento, apresentamos um modelo de agente aplicado ao mercado acionário que foi programado em software livre *NetLogo*, cujo método é, em parte, baseado em modelos de agentes já programados para mercados financeiros artificiais e, ao mesmo tempo, parcialmente novo ao propor a realização de testes com parâmetros diferentes dos utilizados por outros autores – a saber: aversão à perda. Os resultados encontrados sugerem que a subjetividade humana presente na tomada de decisão, isto é, quando os agentes possuem aversão à perda, faz com que o movimento do mercado acionário artificial apresente alguns ruídos. Destarte, concluímos que os experimentos realizados nos oferecem indícios de que há certa fragilidade em alguns pressupostos da Hipótese dos Mercados Eficientes.

Palavras – chave: Teoria da Decisão; Economia Comportamental; Finanças Comportamentais; Mercado Acionário; Modelo de Agentes.

ABSTRACT

In this work, we intend to contribute to the debate in behavioral economics and finance to conduct a study on how Stock Markets behaves by including the loss averse agent's bias on this environment. At first, we built a concise review of the decision theory on economic school and its developments in finance, regarding to Efficient Market Hypothesis. Secondly, we presented an agent-based model applied to the stock market which has been programmed in the free software *NetLogo*, whose has, in part, agent-based models already programmed for artificial financial markets and at the same time, is partially new to propose conduction tests, which differ from other parameters used by several authors such as: loss aversion. The results suggest that human's subjectivity, inherently presented in decision-making, that is, when agents have loss aversion, it may cause the artificial stock market movement to present some noise. Thus, we conclude that the experiments give us evidence that there is some fragility on the Efficient Market Hypothesis.

Keywords: Decision Theory; Behavioral Economics; Behavioral Finance; Stock Market; Agent-Based Model;

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Histograma da taxa de retorno do ativo de risco	109
Gráfico 2	Evolução dos preços do ativo de risco.	110
Gráfico 3	Evolução da taxa de retorno do ativo de risco	111
Gráfico 4	Evolução do dividendo	111
Gráfico 5	Evolução dos preços e dividendos	111
Gráfico 6	Histograma da taxa de retorno	113
Gráfico 7	Evolução dos preços do ativo de risco	114
Gráfico 8	Evolução da taxa de retorno	115
Gráfico 9	Evolução do dividendo	115
Gráfico 10	Evolução dos preços e do dividendo	115
Gráfico 11	Histograma da taxa de retorno	116
Gráfico 12	Evolução dos preços	118
Gráfico 13	Evolução da taxa de retorno	118
Gráfico 14	Evolução do dividendo	118
Gráfico 15	Evolução dos preços e do dividendo	119
Gráfico 16	Histograma da taxa de retorno	121
Gráfico 17	Evolução dos preços e do dividendo	121

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Teoria do Prospecto	75
-----------------	---------------------	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Riqueza vs Expectativa Moral	18
-----------------	------------------------------	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Valores iniciais dos parâmetros globais	107
Tabela 2	Estatística descritiva – agentes 100% fundamentalistas	109
Tabela 3	Estatística descritiva – 75% de agentes fundamentalistas e 25% de agentes grafistas	113
Tabela 4	Estatística descritiva – 25% de agentes fundamentalistas e 75% de agentes grafistas	116

Tabela 5	Estatística descritiva – 25% de agentes fundamentalistas e 75% de agentes grafistas sem aversão à perda	120
Tabela 6	Estatística descritiva – 75% de agentes grafistas com aversão à perda e 75% de agentes grafistas sem aversão à perda	122

INTRODUÇÃO	13
1. EVOLUÇÃO DA TEORIA DA DECISÃO E O CONCEITO DE UTILIDADE ..	15
1.1 O processo decisório, a subjetividade humana e o conceito de utilidade	17
1.2 A tomada de decisão em um mundo sem incerteza	22
1.3 A volta da incerteza na tomada de decisão	30
1.4 Tomada de decisão pela ótica da racionalidade	37
1.4.1 Desdobramentos em finanças: Hipótese dos Mercados Eficientes.....	43
2. A TOMADA DE DECISÃO MEDIANTE A SUBJETIVIDADE HUMANA PELA ÓTICA DA ECONOMIA COMPORTAMENTAL	47
2.1 Uma introdução à economia e finanças comportamentais	49
2.2 Modelos de Julgamento de Kahneman e Tversky	56
2.3 Teoria do prospecto e aversão à perda	69
3. MODELO DE AGENTE APLICADO AO MERCADO ACIONÁRIO E O VIÉS COMPORTAMENTAL NO PROCESSO DECISÓRIO	80
3.1 Fundamentação metodológica para <i>Agent-Based Model</i>	84
3.1.1 Mercado financeiro artificial de Santa Fé	90
3.1.2 Política de dividendo e <i>Dividend yield</i>	92
3.1.3 Análise fundamentalista e o Modelo de Gordon	94
3.2 O mercado acionário artificial	96
3.2.1 Funcionamento do mercado acionário artificial	97
3.2.2 Detalhamento da implementação do modelo e sequência de eventos	104
3.2.3 Resultados e desdobramentos	107
CONSIDERAÇÕES FINAIS	124
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	130
APÊNDICE	137

A análise desenvolvida para a elaboração da presente dissertação caminhou por duas questões-chaves: *Como os agentes tomam decisões? Quais são os possíveis efeitos de tais decisões em ambientes que envolvem risco e incerteza?* Essas questões permeiam toda a redação, dividindo a pesquisa em três grandes partes, a saber: i) desenvolvimento da temática tomada de decisão na escola econômica e seu desdobramento na disciplina de finanças; ii) economia comportamental e sua proposta para análise dos processos de julgamento e escolha dos indivíduos e; iii) o modelo de agente.

Assim, partindo da disciplina de economia comportamental aplicada a finanças, propomos como objetivo central desta pesquisa fazer uma análise do movimento do mercado acionário ao incorporarmos o viés de comportamento “aversão à perda” aos agentes que ali operam. Para tanto, criamos um mercado acionário artificial composto por diferentes “tipos” de agentes. Utilizando uma metodologia desenvolvida em diversos outros modelos de agentes aplicados a mercados financeiros, apresentamos alguns experimentos onde analisamos os feitos causados (no mercado acionário simulado) pela inserção de agentes com diferentes formações de expectativa, diferentes memórias e aversão à perda.

A estrutura do trabalho está dividida em três capítulos. O primeiro capítulo, denominado *Evolução da teoria da decisão e o conceito de utilidade*, é composto por cinco subcapítulos, nos quais buscamos apresentar uma concisa revisão do desenvolvimento da teoria da decisão na economia. Apresentamos, também, algumas formulações de conceitos e pressupostos que sustentaram e ainda sustentam o processo de escolha na escola econômica e o desdobramento de tais premissas na disciplina de finanças no que tange à formulação da Hipótese dos Mercados Eficientes.

O segundo capítulo, designado *A tomada de decisão mediante a subjetividade humana pela ótica da economia comportamental*, foi dividido em três subcapítulos. O foco deste capítulo é apresentar uma nova proposta, que surgiu da interdisciplinaridade entre economia e psicologia, de estudo sobre a tomada de decisão. Para tanto, abriu-se, em um primeiro momento, uma pequena discussão – travada entre os pesquisadores comportamentais – sobre uma definição da disciplina de economia comportamental e suas diferenças com a disciplina de finanças comportamentais. Ademais, buscamos mostrar como o desenvolvimento dos modelos de julgamento e os vieses de comportamentos, trazidos à luz da discussão por Kahneman e Tversky, colaboraram para um melhor entendimento sobre o processo de escolha dos indivíduos. Como último ponto desse capítulo, discorreremos sobre o desenvolvimento da *Prospect theory* e o viés de comportamento aversão à perda.

O terceiro e último capítulo, denominado *Modelo de agente aplicado ao mercado acionário e o viés comportamental no processo decisório*, foi dividido em duas partes: i) fundamentação metodológica para o modelo de agentes (Agent-Based Model) e; ii) o modelo, propriamente dito. Esse capítulo é o mais extenso, pois buscamos na primeira parte apresentar alguns dos fundamentos utilizados nos modelos de agentes aplicados ao mercado financeiro, fundamentos estes que foram utilizados no desenvolvimento do modelo de agentes proposto nesta dissertação. Na segunda parte, encontra-se o modelo de agentes desenvolvido neste trabalho, sua formulação matemática e seus resultados.

Por fim, apresentamos uma consideração final, onde fazemos alguns apontamentos de acordo com os indícios encontrados nos resultados finais dos experimentos rodados.

CAPÍTULO 1

EVOLUÇÃO DA TEORIA DA DECISÃO E O CONCEITO DE UTILIDADE

O interesse humano pelos jogos de azar é algo tão antigo que se confunde com a própria história da humanidade. Para os egípcios, gregos e romanos, os jogos de azar iam além de mera distração, eram um processo que envolvia competitividade. Na Idade Média, esse “passatempo” ganhou novos contornos e deu origem a diversos questionamentos humanos quanto à determinação de possibilidades (ganhos vs perdas; erros vs acertos), de previsibilidades, escolhas e tomadas de decisões.

Bernstein (1996) nos lembra que os jogos de azar, tão comuns na Idade Média, fazem surgir a vontade e a necessidade de previsão do futuro como forma de parametrizar as decisões. Ele ainda aponta que, na literatura, há indícios de que a própria teoria da probabilidade tem início a partir dos esforços mentais dedicados à previsibilidade do futuro ansiando uma melhor tomada de decisões nas mesas de jogos.

O desenvolvimento da teoria da probabilidade e os posteriores progressos do cálculo probabilístico se devem a diversos estudiosos, dentre eles o monge franciscano Lucca Paccioli, que publicou em 1494: *Summa de arithmetica, geometria et proportionalità*, onde formulou o famoso “problema da divisão das apostas”:

A e B estão empenhados em um honesto jogo de *balla*. Eles concordam em continuar até que um deles vença seis rodadas. O jogo realmente termina quando A venceu cinco, e B, três rodadas. Como devem ser divididas as apostas? (DAVID, 1962, p. 37)

Segundo Bernstein (1996), a solução desse problema de divisão de apostas marca o início da análise sistemática de probabilidade e o limiar da quantificação de risco e incerteza. A solução para esse problema foi alvo de estudo de diversos matemáticos, dentre eles o próprio Paccioli, que sugeriu que a solução viria da divisão exata de partidas

vencidas por cada jogador no momento em que o jogo é interrompido, ou seja, a aposta deveria ser dividida na proporção de 5 para 3.

Outros importantes matemáticos sugeriram soluções para o problema da partilha de apostas, porém não lograram êxito. A solução definitiva apareceu por volta de 1652 quando esse problema foi colocado a Blaise Pascal pelo *Chavalier de Méré*, filósofo e grande entusiasta dos jogos de azar. Para responder ao enigma, Pascal iniciou uma série de correspondências com o também matemático Pierre de Fermat e juntos chegaram a uma conclusão satisfatória da problemática. Segundo Laplace (1814):

Ninguém, antes de Pascal e Fermat, estabeleceu os princípios e os métodos que permitissem calcular as chances favoráveis e desfavoráveis aos jogadores, bem como resolver questões complicadas deste gênero (LAPLACE, 1814 [1988], p. 1304).

As conclusões chegadas por Pascal e Fermat desembocaram em soluções distintas. Fermat baseou-se no cálculo da probabilidade de um evento ocorrer ou não, já Pascal baseou-se no conceito de valor esperado¹. Porém, mesmo distintas, as soluções eram equivalentes e marcaram o início da teoria da probabilidade². A partir de então, a probabilidade passou a ser ferramenta capital na análise do processo de escolha e de avaliação de risco dos indivíduos, tanto no âmbito das mesas de jogos de azar quanto em situações do cotidiano, como por exemplo: escolhas de consumo, decisões de investimento, aplicações financeiras, mensuração de risco, entre outros eventos habituais da vida humana.

Nesse sentido, dedicaremos este capítulo aos desdobramentos teóricos que envolveram a formação da teoria da decisão em economia. Para tanto, trataremos na seção 1.1 da criação de conceitos envolvendo a subjetividade humana em processos decisórios.

¹ A teoria do valor esperado ou esperança matemática pressupõe que apostas são avaliadas por seu valor esperado, ou seja, são avaliadas por uma média ponderada dos resultados possíveis, onde cada resultado é ponderado por sua probabilidade.

² STEWART (1991) e BERNSTEIN (1996).

Abordaremos o início do conceito de *utilidade* trazida por Bernoulli e seu desenvolvimento na teoria da utilidade esperada. Na seção 1.2 discutiremos os desdobramentos da teoria da decisão pelos economistas marginalistas e a tentativa de uma fundamentação teórica quantitativa da teoria da utilidade que passou a desconsiderar o papel da subjetividade humana, tal qual a presença da incerteza, nos processos decisórios. A seção 1.3 está dividida em duas partes: i) será discutida a volta da incerteza nos processos decisórios e a tentativa heterodoxa de incluir a subjetividade humana como fator central na tomada de decisão e; ii) na seção posterior, discutiremos o desenvolvimento da teoria neoclássica – a inclusão da incerteza como sendo algo mensurável no processo de escolha – e seu desdobramento em finanças no que tange a hipótese dos mercados eficientes.

1.1 O processo decisório, a subjetividade humana e o conceito de utilidade

A tomada de decisão é tema largamente debatido e estudado por diversas áreas do conhecimento, abarcando desde as ciências exatas, como matemática e estatística, assim como as ciências sociais, economia e psicologia. Essa temática torna-se tão instigante e debatida, não por ser própria de uma disciplina específica, mas por estudar o comportamento humano diante de uma situação de escolha; sendo assim, permite uma imensa variedade de análises.

Dentre os estudos ligados às áreas de conhecimentos econômicos e financeiros, um dos primeiros trabalhos publicados que aborda a tomada de decisão, como a conhecemos hoje, é datado de 1738 e foi publicado na *Commentari Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae* (Autos da Academia Imperial de Ciência de São Petersburgo) e intitulado *Specimen theoriae novae de mensura sortis* (Exposição de uma nova teoria sobre medição do risco). Este ensaio escrito por Daniel Bernoulli baseia-se

na observação da decisão dos mercadores de São Petersburgo ao adquirirem uma apólice de seguros para suas embarcações, visando possíveis perdas em trajetos mercantis.

Bernoulli (1738 [1954]) observou que, na realidade, a decisão tomada pelos mercadores pouco tem a ver com o proposto pela teoria do valor esperado – teoria que, até aquele momento, explicava a tomada de decisão mediante risco – porque a teoria só explica os fatos, ignorando consequências de resultados possíveis para um indivíduo que toma decisão quanto a um evento futuro em um cenário de incerteza:

Desde que os matemáticos começaram a estudar a medição de risco, tem vigorado um consenso geral sobre esta proposição: *os valores esperados são calculados multiplicando-se cada ganho possível pelo número de meios pelos quais pode ocorrer, e depois dividindo-se a soma desses produtos pelo número total de caso* (BERNOULLI, 1738 [1954], p. 23).

Assim, para Bernoulli, o cálculo probabilístico não era suficiente para determinar o valor de algo, porque mesmo os fatos sendo iguais para todos, o efeito das consequências é subjetivo “ (...) *depende das circunstâncias específicas de quem faz a estimativa. Não há razão para supor que os riscos estimados por cada indivíduo devam ser considerados de mesmo valor*³. ”

O quadro 1, exemplificado em Kahneman (2011, p. 341), mostra de maneira clara, como Bernoulli desenvolveu a ideia de como a subjetividade humana impactava na tomada de decisão dos mercadores de São Petersburgo, vejamos:

Quadro 1 – Riqueza vs Expectativa Moral

<i>Riqueza (milhões)</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Expectativa moral (unidade)</i>	10	30	48	60	70	78	84	90	96	100

Fonte: Baseado em Kahneman (2011)

Aplicando o conceito de “expectativa moral”, Bernoulli explica como e porque os mercadores de São Petersburgo tomavam a decisão de aquisição de apólice de seguro.

³ BERNOULLI, 1738 [1954] p. 23

O quadro 1 nos auxilia no entendimento do cálculo de quanto os mercadores estavam dispostos a pagar por um carregamento proveniente de Amsterdã sendo que, “*era de conhecimento dos mercadores o fato de que, nessa época do ano, de cada cem navios que zarpavam de Amsterdã com destino a São Petersburgo, cinco normalmente se perdiam*”⁴. Bernoulli, com sua função “expectativa moral”, explicou porque as pessoas com menor recurso financeiro compram seguro e porque pessoas com mais recursos financeiros vendem para elas. De fato, como pode ser observado no quadro, a perda de 1 milhão causa uma perda de 4 unidades de expectativa moral (de 100 a 96), para uma pessoa cuja riqueza é de 10 milhões e causa uma perda muito maior de 18 unidades (de 48 a 30) para uma pessoa cuja riqueza é de 3 milhões. Assim, o indivíduo de menor recurso financeiro pagará de bom grado um ágio para transferir o risco para um indivíduo mais rico. (KAHNEMAN, 2011, p. 341).

Nesse sentido, como resposta ao motivo pelo qual os mercadores adquirem apólice de seguros, o autor propõe que nas decisões diante de uma situação incerta que envolve risco, os indivíduos tendem a atribuir valor à riqueza que possuem e que esperam ganhar, e que esse valor não é calculado simplesmente pelo valor monetário (valor financeiro dos ganhos), mas sim pelo que ele vai chamar de “valor moral” ou utilidade. Segundo BERNOULLI (1738 [1954]):

(...) a determinação do valor de um item não pode ser baseada em seu preço, mas sim na utilidade que ele fornece. O preço de um item depende somente do próprio item e é igual para todo mundo; a utilidade, contudo, depende das circunstâncias particulares do indivíduo que faz a estimativa (BERNOULLI, 1738 [1954], p. 24).

Desta forma, esse autor propõe que não é mais o valor absoluto (valor financeiro) que faz com que um indivíduo se decida em uma situação de risco, mas o valor subjetivo (utilidade) que ele atribui para cada resultado. Tal valor subjetivo é, desse modo, “*não a*

⁴ KAHNEMAN, 2011, p. 342

média ponderada de seus possíveis efeitos financeiros, mas sim a média da utilidade desses efeitos, cada qual ponderada segundo sua probabilidade⁵”.

A elaboração desse ensaio teve três objetivos principais: i) trazer o conceito de subjetividade na tomada de decisão; ii) mostrar que a aversão ao risco é proveniente de uma “expectativa moral” decrescente⁶; iii) provar que a forma como os indivíduos medem os riscos e, por conseguinte, tomam decisões na vida real, nada tem a ver com a teoria do valor esperado. Segundo o autor, a teoria do valor esperado era eficiente para medir resultados de jogos de azar, porém não explicava de maneira efetiva o comportamento dos indivíduos em uma situação real de escolha. Bernoulli explica que a teoria do valor esperado é falha porque tem como objetivo apenas os fatos e não leva em consideração possíveis incertezas que são latentes em um ambiente real de cotidiano. Ainda, segundo ele, as decisões estão sujeitas à particularidades individuais e de cenários, sendo assim, cada indivíduo vai estimar seu risco de acordo com sua contabilidade mental, fazendo com que cada decisão seja única.

Bernoulli possivelmente não sabia, mas estava cravando uma das pedras angulares da economia, o *Conceito de Utilidade*. E, embora o conceito de utilidade apresentado por Bernoulli seja ainda experimental e um tanto quanto intuitivo, marcado como uma “expectativa moral”, um desejo ou uma satisfação, ele traz três ideias centrais para a teoria da tomada de decisão dos indivíduos: i) a satisfação (utilidade) está condicionada à subjetividade dos agentes; ii) os agentes atribuem ao risco valores diferentes, logo tomam

⁵ KAHNEMAN, 2011, p. 341.

⁶ Observando o quadro 1, podemos ver que: o incremento de utilidade [expectativa moral] de 1 milhão para 4 milhões é cinquenta unidades da riqueza, mas um incremento igual, de 4 para 7 milhões, aumenta a utilidade [expectativa moral] da riqueza em apenas 24 unidades. A utilidade [expectativa moral] da aposta é de $94/2 = 47$ (a utilidade de seus dois resultados, cada um ponderado segundo sua probabilidade de $1/2$). A utilidade de 4 milhões é sessenta. Como sessenta é maior do que 47, um indivíduo com essa função de utilidade [expectativa moral] preferirá a coisa segura (KAHNEMAN, 2011, p. 341).

decisões diferentes; iii) a satisfação (utilidade) resultante de uma elevação de riqueza será inversamente proporcional à quantidade de riqueza ou bens possuídos anteriormente⁷.

A novidade da proposta de Bernoulli está no fato de que os resultados de uma decisão não estão somente na probabilidade dos fatos ocorrerem, mas também na subjetividade produzida pelo fator humano (como os fatores psicológicos e cognitivos, por exemplo) e de conjuntura que influenciam as decisões dos indivíduos e fazem com que cada agente tome decisões distintas.

Segundo Bernstein (1996), é a primeira vez na história da teoria da tomada de decisão envolvendo um cenário de risco e incerteza, que é possível medir algo que até então não poderia ser mensurado – satisfação (utilidade). Ele diz:

Enquanto a teoria da probabilidade estabelece as opções, Bernoulli define as motivações das pessoas que optam. Essa é uma área de estudo e um corpo teórico totalmente novo. Bernoulli estabeleceu a base intelectual de muito do que se seguiria, não apenas em economia, mas em teoria sobre como as pessoas tomam decisões e fazem escolhas em todos os aspectos da vida. (BERNSTEIN, 1996, p. 105).

Conforme Bernstein (1996), a inovação mais ousada de Bernoulli é a ideia de que cada agente – mesmo os mais racionais – possuem um conjunto de valores únicos e tomam decisões segundo ele. Sendo assim, ao formular sua tese de que a utilidade é inversamente proporcional à quantidade de bens que um indivíduo possui, faz surgir uma visão fascinante sobre o comportamento humano e do modo como os indivíduos tomam decisões face ao risco e à incerteza.

Os conceitos tratados por Bernoulli foram essenciais para o avanço da teoria da decisão. Suas ideias repercutiram em diferentes áreas – economia, finanças, psicologia, entre outras – e derivaram diversas outras premissas importantes, principalmente para a economia no que tange à teoria da escolha do indivíduo. Assim sendo, o assunto tratado

⁷ Esse postulado hoje é conhecido como “lei da utilidade marginal decrescente”, que nos diz que, à medida que a riqueza aumenta, a utilidade adicional derivada do incremento da riqueza cai.

no próximo item é o desenvolvimento do conceito de utilidade na economia e como a subjetividade e incerteza, fatores intrínsecos ao ser humano, passam a ser considerados problemáticos para uma ciência que procurava se aproximar das ciências exatas em busca de uma fundamentação teórica quantitativa.

1.2 A tomada de decisão em um mundo sem incerteza

Era de se esperar que as contribuições de Bernoulli fossem ponto de referência para o desenvolvimento do que conhecemos hoje como teoria da utilidade esperada, visto que as ideias trazidas por ele quanto ao subjetivismo humano, aversão ao risco e o papel da incerteza na tomada de decisão foram preceitos inovadores para a teoria da decisão de sua época.

Entretanto, não foi exatamente esse o caminho trilhado no desenvolvimento da teoria da utilidade. A maior parte da teoria de escolha dos agentes e o papel da incerteza no processo decisório, desenvolvidos dentro da teoria econômica, foram processos novos que durante uma parte da história econômica deixaram de lado a influência do fator humano, a presença da incerteza e o papel da conjuntura como sendo fundamentais em uma tomada de decisão. Assim, entre o final do século XIX, e o início do século XX a linha de pensamento econômico que dominou as discussões da teoria da utilidade (teoria da escolha do indivíduo) foi a dos chamados *economistas marginalistas*.

Os marginalistas foram na contramão dos pressupostos de subjetividade e incerteza trazidos por Bernoulli. Suas preocupações não estavam mais em analisar os fatores subjetivos – processos de julgamentos que influenciavam os agentes em um processo decisório – mas estavam focados simplesmente em analisar como os agentes tomavam decisões. Esse viés analítico mais objetivo fez surgir uma linha de pensamento e desenvolvimento da teoria econômica mais próxima da quantificação matemática.

Segundo Barbieri (2014), a “Revolução Marginalista” trouxe para a teoria econômica preocupações metodológicas quanto ao uso de métodos matemáticos. Esse período marca a sobreposição de duas revoluções metodológicas dentro da teoria econômica, a revolução formalista e a empirista. Ele diz:

A primeira revolução [formalista], aspecto particular da revolução marginalista de 1871, separa a economia verbal dos clássicos da economia expressa em termos matemáticos dos economistas neoclássicos. A segunda revolução [empirista], ocorrida na década de 1930, marca o abandono de uma perspectiva apriorística por um programa empirista, que demanda hipóteses econômicas empiricamente testáveis (BARBIERI, 2014, p. 6)

Os marginalistas foram fundamentais na formulação econômica neoclássica, sendo que diversos conceitos microeconômicos estudados ainda hoje nas escolas de economia são originários desse período. A noção de racionalidade contrapondo à subjetividade em um processo decisório face a incerteza é um desses preceitos que se perpetuam até a contemporaneidade.

Diferentes autores influenciaram o desenvolvimento teórico marginalista, dentre eles encontra-se o filósofo inglês Jeremy Bentham. Em sua publicação mais famosa *The principles of morals and legislation* (Os princípios da moral e da legislação), publicada em 1789, o autor levanta questões importantes sobre o comportamento humano diante de uma situação de escolha. Segundo ele:

A natureza pôs a humanidade sob governo de dois senhores soberanos, a dor e o prazer. Cabe apenas a eles indicar o que deveríamos fazer, bem como determinar o que faremos (...) O princípio da utilidade reconhece essa sujeição e a pressupõe como fundamento daquele sistema, cujo objetivo é erigir a estrutura da felicidade pelas mãos da razão e da lei (BENTHAM, [1871 *apud* JEVONS], 1996, p 60).

Bentham foi essencial para o desenvolvimento da teoria neoclássica, pois deixa claro que a razão é a chave para entender o comportamento humano. E que a satisfação – felicidade (utilidade) – pode ser entendida de maneira simplificada. Ora, se a dor e o prazer são iguais para todos os seres humanos, eis um primeiro padrão estabelecido.

Quem, disposto de razão, preferiria a dor ao prazer? *The principles of morals and legislation*, é considerada por muitos pesquisadores da área econômica como obra seminal da teoria neoclássica, pois levanta questões quanto à formação de preferências, processos decisórios e introduz os conceitos de maximização da utilidade e utilidade marginal. Para ele, a utilidade (satisfação) é a prioridade de qualquer ser humano e pode ser obtida por meio de qualquer objeto que tenda a produzir benefício, vantagem, prazer ou felicidade; ou então, que possa evitar a ocorrência de dano, sofrimento, mal ou infelicidade (BENTHAM [1871 *apud* JEVONS], 1996).

Deste modo, para o autor a utilidade constitui um princípio essencial da ação humana em que o indivíduo tem como primazia a racionalidade auto-interessada, ou seja, o indivíduo tem como principal característica a maximização de seus interesses e prazeres. Ele ainda diz que, em face a uma sociedade composta por um conjunto de indivíduos, basta que esses indivíduos entendam que a sociedade só tem a ganhar quando a maximização individual da utilidade (prazer) é efetuada, ou seja, é necessário que seja compreendido pelos agentes que a verdadeira racionalidade consiste em promover a maximização da utilidade (felicidade) na sociedade em que vivem (DIAS, 2006).

As premissas comportamentais, assim como o conceito de indivíduo tratado por Bentham, influenciaram de maneira consistente a teoria econômica da era vitoriana no que tange ao estudo do processo de tomada de decisão. Seus conceitos foram base teórica para a formalização marginalista⁸.

Na concepção teórica marginalista, os agentes decidem individualmente sobre quais bens e/ou serviços acreditam que lhes conferirão a maximização de sua utilidade –

⁸ Segundo Ferguson (1992), a historiografia do desenvolvimento marginalista pode ser dividida em três etapas: i) utilidade mensurável e aditiva (Gossen, Jevons e Walras); ii) utilidade mensurável e generalizada (Edgeworth, Antonelli e Fisher) e; iii) utilidade não mensurável e generalizada (a partir de Pareto). Sendo que na primeira fase, a utilidade seria mensurável em “útil”. Na segunda, passa a contemplar os efeitos de complementariedade e substitubilidade entre os bens, e em terceiro lugar representa apenas um ordenamento das preferências. (FERGUSON *apud* Barbieri [1992], 2014).

dada sua restrição orçamentária. Por serem racionais, os agentes têm perfeito conhecimento de suas preferências e das condições de mercado em que se encontram. Sendo assim, suas decisões são tomadas de maneira coerente, o que pressupõe um “padrão” racional. Na busca por gerar uma interpretação mais quantitativa, cria-se uma importante ferramenta de análise dos “padrões” de comportamento humano em situação de escolhas: a função utilidade⁹. Assim, a utilidade (satisfação) passa a ser considerada como uma medida cardinal, ou seja, pode-se agora quantificar as preferências, prazeres, desejos e felicidade dos indivíduos.

Os marginalistas buscam na quantificação e na formulação matemática uma resposta à subjetividade do comportamento humano em situações decisórias. Nesse sentido, procuram uma fundamentação teórica quantitativa que pudesse estabelecer uma teoria do “valor-utilidade” e, assim, pudesse superar a antiga teoria do “valor-trabalho” dos economistas clássicos¹⁰. Dentre os marginalistas considerados pela historiografia econômica como os representantes da tentativa de uma fundamentação econômica

⁹ Os marginalistas concebiam a função utilidade $U(x_1, x_2, \dots, x_n)$ como uma mensuração do bem-estar psicológico dos indivíduos, derivado do consumo de quantidades x_i dos bens $i = 1, 2, \dots, n$. Seguindo os ensinamentos de Bentham, os marginalistas consideravam que quanto maior a quantidade de cada bem, maior o nível de utilidade – apesar da taxa de crescimento decrescente. Assim, a utilidade marginal era sempre positiva e decrescente (CUSINATO, 2003, p.25).

¹⁰ Em 1890, Marshall estabelece a teoria do valor neoclássica, sintetizando as teorias do valor-trabalho com a teoria do valor-utilidade pela criação das curvas de oferta e demanda.

mensurável e aditiva, podem ser citadas as obras de Gossen (1854)¹¹, Jevons (1871), Menger (1871)¹² e Walras ([1874] 1996)¹³.

Entretanto, como nos lembra Barbieri (2014), Jevons é dentre os autores marginalistas o mais inclinado à quantificação, argumentando que a Economia, por ser uma disciplina que trata de quantidades, deveria ser expressada em termos matemáticos¹⁴ para que conseguisse atingir um maior rigor metodológico. Jevons acreditava que “*maximizar o prazer é o problema da economia*”¹⁵. Para ele, expressar a utilidade de uma maneira quantitativa tornaria vagas as generalidades subjetivas que caracterizavam a economia até aquele momento; “*o prazer, a dor, o trabalho, a utilidade, o valor, a riqueza, o dinheiro, o capital, são todas noções que admitem a quantidade*”¹⁶. Ademais, Jevons trata a incerteza de maneira minimalista, ao declarar que “*O teste da avaliação correta das probabilidades são os cálculos com relativa precisão em todos os assuntos*

¹¹ Gossen apesar de ter sido esquecido até 1871, tem um papel importante na teoria da escolha do indivíduo. Em sua obra, ele desenvolve conceitos como necessidade, satisfação e maximização. Ele era um defensor da utilização dos métodos matemáticos na teoria da escolha no que tange à maximização da satisfação humana. Para solucionar o problema da maximização, Gossen desenvolve o pressuposto de que a satisfação obtida de um consumo adicional de um determinado bem diminui progressivamente à medida que a quantidade consumida aumenta. Esse é um primeiro ensaio do que mais tarde conheceríamos como “*Lei dos rendimentos marginais decrescentes*” ou “*Segunda lei de Gossen*”.

¹² Carl Menger é considerado o fundador da Escola Austríaca. Uma das importantes contribuições trazidas pelo autor para a teoria da utilidade esperada é o conceito do indivíduo como o centro da estrutura econômica, que tem necessidades e que busca satisfazê-las – além da ideia de elencar necessidades. Segundo Menger, tendo o indivíduo recurso disponível para atender suas necessidades, ele irá elencar quais necessidades são mais importantes. Assim sendo, o indivíduo dispenderá seus recursos primeiramente para suas necessidades de primeira ordem e assim por diante, de modo que esse conceito é considerado um primeiro ensaio da utilidade ordinal que anos mais tarde seria tratada mais intensamente por Pareto.

¹³ Walras é considerado por muitos economistas como um dos mais brilhantes economistas da sua época. Suas contribuições para a teoria econômica neoclássica são importantíssimas. Sua contribuição metodológica mais importante é a separação entre a economia pura (perfeitamente científica propícia ao emprego de instrumentos matemáticos) da economia aplicada e social (que permite considerações de tempo e lugar e implica elementos morais). Com relação à utilização de métodos matemáticos em economia Walras diz: “*Je crois, quant à moi, que, lorsqu'il s'agit d'étudier des rapports essentiellement quantitatifs comme sont les rapports de valeur, le raisonnement mathématique permet une analyse bien plus exacte, plus complète et plus rapide que le raisonnement ordinaire (...)*” (Eu acho, de minha parte, que quando se trata de estudar os relatórios essencialmente quantitativos como são os relatórios de valor, o raciocínio matemático permite uma análise muito mais precisa, mais completa e mais rápida do que o raciocínio comum) (WALRAS, 1898, p. 67 – tradução livre).

¹⁴ Além dos autores já citados, considerável espaço também é dedicado à utilização de métodos matemáticos na economia nas obras de Marshall, Fisher, entre outros.

¹⁵ JEVONS, 1871 [1996], p. 69

¹⁶ JEVONS, 1871 [1996], p. 69

corriqueiros da vida”. Ele minimiza a importância da incerteza no processo decisório, fazendo com que incerteza e risco se confundam e sejam tratados da mesma maneira: pela aplicação da probabilidade aprendida com observação de experiências passadas. (BERNSTEIN, 1997, p. 190-191)

A busca por uma fundamentação quantitativa, matemática para a teoria econômica chega ao extremo com Francis Edgeworth¹⁷ (1881) e seu “*hedonometer*”¹⁸, que seria capaz de medir o “nível” de felicidade de cada indivíduo. Não é difícil deduzir que tal instrumento foi alvo de diversas críticas que lograram espaço importante no debate econômico do final do século XIX e início do século XX.

Dentre as diferentes críticas direcionadas à quantificação marginalista, encontra-se a falta de clareza de como medir satisfação, prazer e felicidade. Segundo nos lembra Cusinato (2003, p. 26), o ponto mais criticado pelos economistas pós marginalistas refere-se à tomada de decisão. Ora, dado que os agentes são maximizadores e racionais, se um indivíduo se defronta com duas opções de escolha A e B (podendo ser essas: cestas de consumo, ou mesmo ativos financeiros), então a teoria nos diz que o agente decidirá pela opção que mais lhe trouxer satisfação (utilidade). No entanto, não há nenhuma “lei” ou evidência que prove que essa afirmativa é verdadeira. Em situações do cotidiano (na vida real), não há como o agente saber qual opção lhe conferirá maior felicidade ou prazer. Digamos, por exemplo, que um agente se defronte com duas opções de ativos (ativo A e

¹⁷ Edgeworth também introduz o conceito de curvas de indiferença, que mostram as possíveis combinações de bens e serviços que mantêm o consumidor no mesmo nível de bem-estar (VARIAN, 2006).

¹⁸ A expressão em inglês *hedonometer* refere-se ao *princípio hedonista*. “A reação hedonista baseou-se, de início, em um princípio unificado, já formulado por Gossen (1895). É o *princípio hedonista*: o homem busca sempre a satisfação com o mínimo de dispêndio de esforço. Essa unificação inicial constitui uma abstração desejada e necessária. *Desejada*, porque os hedonistas sabem e admitem existirem, ao lado desde princípio, muitos outros móveis que explicam e provocam a atividade econômica do homem. E se dentre esses móveis fixam o princípio hedonista, é por lhes mostrar a existência que os traços de permanência e continuidade que lhe são característicos fazem dele o motivo determinante mais importante e mais geral da atividade econômica do homem de todos os tempos e de todos os países. Além disso, essa unificação é *necessária*, uma vez que a finalidade atribuída pelos hedonistas à economia política é a de constituir uma ciência exata. E para atingir esse objetivo acham indispensável admitir a abstração simplificadora do *homo economicus*, homem cuja ação se pressupõe orientada por um móvel psicológico único” (HUGON, 1995, p. 391).

ativo B), e esse agente usando de toda sua capacidade maximizadora e racional decide-se pelo ativo B, no entanto o ativo A poderia ser a melhor escolha ou realmente B poderia ter sido a melhor escolha. Na verdade, não há como saber.

Existem dois problemas fundamentais neste ponto, que os marginalistas não levaram em consideração: i) os pressupostos de maximização e racionalidade não levam em consideração possíveis riscos, aversões e incertezas que cada agente pode carregar intrinsecamente no seu ser, e ii) nem todas as escolhas são baseadas em previsões futuras derivadas do cálculo probabilístico – o consumo de um bem é um exemplo claro dessa afirmativa; ora, hoje eu posso tomar sorvete de flocos e amanhã escolher de morango, tais escolhas nada tem a ver com probabilidade. Ademais, não fica claro como a utilidade poderia ser medida. Como é possível medir a satisfação individual? Como é possível medir a felicidade?

Não foram poucos os críticos da metodologia marginalista quantitativa. Dentre os diversos críticos encontram-se Vilfredo Pareto (1906) e sua crítica à quantificação da utilidade; Frank Knight (1921) e John Maynard Keynes (1936) que trouxeram imensurável contribuição para a discussão da teoria de escolha dos agentes e o papel da incerteza, e Hicks e Allen (1934), que buscam uma indexação matemática à teoria da utilidade.

Após a revolução marginalista, toma corpo nova proposta de fundamentação teórica: a matemática sem número. Segundo Barbieri (2014, p.7): “*A influência [da matemática sem número] se estende até a década de 1930 e sobrevive até mais tarde em autores heterodoxos*”. Ainda segundo o autor, é a partir da década de 1930 que há uma segunda revolução metodológica, que associa o caráter científico da teoria econômica com a capacidade de teste empírico das hipóteses. Ele diz:

Diante dos problemas do positivismo e da dificuldade imposta pelo fato de que, no que diz respeito a fenômenos complexos, a adoção de

hipóteses com maior conteúdo empírico seria automaticamente refutada, surgem metodologias como o empirismo lógico, o operacionalismo e o instrumentalismo, que valorizam um conceito pela sua capacidade de gerar consequências testáveis, deslocando assim o foco da análise científica da explicação para a previsão (BARBIERI, 2014, p.8)

Porém, ainda no início do século XX, Pareto (1906), ao questionar a utilidade cardinal e os pressupostos maximizadores da felicidade, traz relevantes contribuições para a teoria econômica. O autor, partindo da concepção de curva de indiferença tratadas por Edgeworth, elabora uma abordagem ordinal para a utilidade. Ao notar que as curvas de indiferença representavam combinações de cestas de consumo que maximizavam a utilidade dos agentes, ele observou que quando se quantificava a felicidade através da combinação das cestas de consumo, a função utilidade dessa combinação atribuía um “número maximizador” dessa combinação que fundamentalmente elencava, ou seja, ordenava, essas cestas de consumo.

Essa observação talvez tenha sido a de maior expressão quanto à colaboração de Pareto na teoria da escolha. Ao ordenar as combinações das cestas, o autor mostra que não era necessário saber “quanto”, mas em que “ordem” a maximização da utilidade é alcançada. Segundo Cusinato (2003, p.27): *“com a ordinalidade, tudo que era necessário era um indexador de ordenação que designasse um número para cada cesta de consumo”*. Sendo assim, para as cestas que tivessem um nível maior de utilidade dava-se um número mais alto e para as cestas que fornecessem níveis inferiores de utilidade dava-se números menores. Desta forma, a função utilidade de cada item é distinta, mas fornece o mesmo ordenamento, logo, elas são equivalentes sob a ótica ordinalista.

Entretanto, como nos lembra Bernstein (1997), mesmo após a publicação da teoria da utilidade ordinal de Pareto, o pressuposto cardinal permaneceu como teoria dominante entre os autores neoclássicos; somente após a década de 1930 que o pressuposto de mensuração da utilidade sucumbe diante da ordinalidade proposta por Pareto.

Na década de 1930, Hicks e Allen (1934) dão início à “moderna teoria da utilidade”. Segundo essa interpretação, a utilidade não é a causa das preferências, mas uma descrição das preferências. Os indivíduos não escolhem tendo por base uma função de utilidade, mas escolhem o que preferem. Independente dos processos psicológicos que os indivíduos empregam no processo de escolha, a utilidade é apenas uma indexação matemática para descrever o que eles preferem. Não é o indivíduo que deve se comportar segundo sua função utilidade, mas é a função de utilidade que deve emular o comportamento de escolhas do indivíduo. Prazer, felicidade e satisfação tornam-se irrelevantes para a abordagem moderna da teoria de utilidade (CUSINATO, 2003).

Contudo, mesmo com os avanços propalados pela ordenação da utilidade, a tomada de decisão em cenários de incerteza continuava ponto obscuro na teoria econômica da escolha dos indivíduos. O processo decisório sob incerteza continuava uma esfinge que todos os economistas à época sabiam que existia, mas pouco se havia desenvolvido nessa direção desde Bernoulli. Somente após publicações de Knight e Keynes em uma linha mais heterodoxa, passou-se a discutir o papel da incerteza na tomada de decisão dos agentes. Posteriormente, em 1944, John Von Neumann e Oskar Morgenstern, utilizando-se dos pressupostos da teoria neoclássica, desenvolveram padrões de comportamento dos agentes para a teoria da utilidade esperada e trouxeram à luz da discussão o papel da incerteza nos processos decisórios.

As premissas tanto de Knight e Keynes, bem como os pressupostos de Neumann e Morgenstern serão os assuntos tratados nos próximos subcapítulos.

1.3 A volta da incerteza na tomada de decisão

Como lidar com processos decisórios que não se explicam por um conjunto de probabilidades pré-estabelecidas? Ou então, quando a teoria dominante não consegue explicar as tomadas de decisões dos agentes? E, quando as escolhas menos prováveis são

as que se apresentam com maior frequência no mundo real? Ou ainda, quando os acontecimentos passados não ajudam a prever os eventos futuros?

Esses são alguns dos questionamentos levantados por Knight ainda na década de 1920, e que, posteriormente, também foram tratados por Keynes na década de 1930. Mesmo os dois autores não tendo trabalhado em conjunto, nem tendo desenvolvido nenhuma parceria acadêmica ou científica, eles individualmente foram os primeiros economistas do século XX a colocarem tais questões em pauta na teoria da decisão.

Knight foi um inconformado e ruidoso contestador da racionalidade dos agentes. Para ele, o pressuposto de preferências perfeitas era incoerente com a realidade humana, logo, tentar desenvolver uma teoria que padronizasse o comportamento dos indivíduos era algo que não traria nenhuma contribuição efetiva para a teoria econômica. Este autor pouco acreditava que o cálculo probabilístico pudesse refletir a diversidade do comportamento humano em situações de escolhas. O fato da probabilidade matemática estar diretamente associada à coleta de um número grande de observações passadas – como forma de gerar padrões de comportamento – fornecia, segundo o autor, indícios de que essa metodologia era alvo de questionamentos, afinal *“nenhum evento é idêntico ao outro e a vida é curta demais para os indivíduos conseguirem agrupar amostras suficientes para gerar padrões que possam auxiliar em uma tomada de decisão”*¹⁹. Ele dizia:

Qualquer “ocorrência” (...) é tão inteiramente singular que não há outros ou um número suficiente que permita tabular ocorrências iguais o bastante para formar uma base para qualquer inferência de valor sobre quaisquer probabilidades reais no caso em que estamos interessados (KNIGHT, 1921, p. 197).

Porém, provavelmente a contribuição mais importante de Knight para a teoria da escolha não tenha sido o questionamento da racionalidade, mas a distinção entre risco e

¹⁹ KNIGHT, 1921, p. 196.

incerteza. Para o autor, risco é uma probabilidade mensurável enquanto a incerteza é uma situação de valores indeterminados e não quantificados. Para ele:

A incerteza dever ser tomada em um sentido radicalmente distinto da noção familiar de risco, da qual nunca foi apropriadamente separada (...) Descobrir-se-á que uma incerteza mensurável, ou “risco” propriamente é tão distante de uma imensurável que, na verdade, não chega a ser incerteza. (KNIGHT, 1921, p. 205).

Knigh baseia sua discussão sobre o conceito de incerteza na teoria de determinação do lucro pois, segundo ele, os lucros estão inseridos dentro de um cenário de incerteza. O lucro é um resquício, que não pode ser determinado de maneira exata *a priori*, ou seja, seu total só se torna real em uma data posterior à tomada de decisão. Desse modo, os processos de julgamentos formados pelos agentes (como por exemplo, a formação de expectativas) e a própria incerteza dos eventos futuros, acarretarão impactos diretos no montante de lucro, de modo a torná-lo imensurável.

Knigh vai dizer que, em uma situação decisória, os agentes fazem uma estimativa do que esperam ganhar após uma tomada de decisão de investimento. Para ele a estimativa é um tipo de probabilidade, mas não uma probabilidade empírica; seria uma probabilidade intuitiva que norteia o agente no processo de escolha. Ainda, os agentes se baseiam em estimativas não inferenciais, isto é, baseiam-se em julgamentos ou intuições e não em raciocínio estritamente lógico e probabilístico (KNIGHT, 1921, p. 223).

Portanto, as decisões cotidianas, em especial as pertinentes ao investimento, estão relacionadas a situações singulares, únicas, que não podem ser preditas de maneira exata: *“uma probabilidade objetivamente mensurável não é aplicável”*²⁰.

Segundo Bernstein (1996), as ideias de Knigh são particularmente relevantes para o mercado financeiro (e servem de exemplo) onde a formação de expectativa é processo intrinsecamente presente e no qual a tomada de decisão reflete uma “previsão” do futuro.

²⁰ KNIGHT, 1921, p. 231.

Segundo Bachelier: “Claramente, o preço considerado mais provável pelo mercado é o preço atual real: se o mercado julgasse de outra forma, não fixaria esse preço, mas outro preço superior ou inferior”²¹. A volatilidade dos preços dos títulos e das ações são reflexos das frustrações das expectativas dos investidores. Sendo assim, a volatilidade é uma representante da incerteza que normalmente é acomodada na avaliação de risco do investidor (BERNSTEIN, 1996, p. 221).

A formação de expectativa em Knight é, portanto, comum no mercado financeiro, onde tantas tomadas de decisões dependem das “previsões” de futuro, dado que os agentes tendem a identificar os momentos críticos somente depois desses momentos já terem ocorrido. Ora, se os agentes fossem capazes de identificar de maneira perfeita, clara e objetiva as futuras mudanças que iriam ocorrer no mercado de capitais, não haveria mudanças abruptas, não haveria volatilidade alguma. A presença do fator “incerteza” no mercado de capitais – e em tantos outros mercados da esfera econômica – é a prova de que a probabilidade matemática não é capaz de munir os agentes de certeza alguma, somente oferece uma ferramenta de minimização de risco.

Keynes também analisou a presença da incerteza nas decisões dos agentes e foi além. Ofereceu fundamentação teórica para análise da presença da incerteza tanto nas decisões dos agentes quanto nos impactos dessas decisões sob incerteza em diferentes mercados.

O autor trata das decisões face a incerteza em duas publicações clássicas: i) No livro *Teoria Geral* (KEYNES, 1936), capítulo XII: *O estado da expectativa de longo prazo*; e ii) e no artigo “*A teoria geral do emprego*” (KEYNES, 1937).

Ao tratar a incerteza, no capítulo XII, Keynes aborda preceitos que antes não haviam sido considerados pelos economistas que estudavam a tomada de decisão dos

²¹ BACHALIER *apud* BERNSTEIN, 1996, p. 221

agentes, a saber: o papel da incerteza nos processos decisórios, o impacto dos processos decisórios individuais na esfera econômica e, ainda, questiona a metodologia quantitativa na economia.

Ele observa que os temas incerteza e tomada de decisão estão em um “nível diferente de abstração”, o que implica dizer que o estudo teórico econômico necessitava de uma abordagem mais ampla do que a quantificação matemática podia oferecer. Ainda na mesma obra, o autor explica que a tomada de decisão depende da formação de expectativa corrente e futura dos agentes – sendo a última afetada diretamente pela primeira. Assim, as expectativas futuras dependem dos eventos correntes que os agentes acreditam conhecer – com maior ou menor intensidade de certeza, como por exemplo, o volume de ativos existente no mercado imobiliário²². Para ele, as expectativas podem ser divididas, e entendidas, de duas formas: i) expectativa de longo prazo – que se refere ao estado de expectativa psicológica (formação de expectativas para o futuro) e; ii) expectativa de curto prazo – que está relacionada a prognósticos de receitas e de comercialização, por exemplo.

Quanto à formação de expectativa de longo prazo, Keynes (1936) aponta que ela está sujeita à influência do estado atual das coisas, quer dizer, a menos que alguma situação ocorra, os agentes permanecerão “acreditando” em sua formação de expectativas e continuarão projetando seu futuro com base nessas expectativas formadas. Sendo assim, as decisões de investimento dependem do “estado de expectativa de longo prazo”. Portanto, dependem da formação de um prognóstico de futuro e da confiança que os agentes empenham nessa formulação. Pode-se dizer que o grau de confiança presente nas decisões dos agentes está intimamente atrelado ao grau de incerteza do futuro percebido (KEYNES, 1936).

²² KEYNES, 1936, p. 146.

A incerteza em Keynes está profundamente ligada ao conhecimento de particularidades do cenário futuro, que sabidamente é fato impossível de ser previsto. Portanto, é igualmente impossível ser expressa em termos matemáticos probabilísticos. Sempre haverá situações em que o imprevisível acontecerá; algo sempre pode acontecer e, conseqüentemente, afetar o rumo dos eventos previstos e não há nenhum meio de descobrir essas particularidades. Em todas as decisões tomadas, há algum nível de incerteza, mesmo que os agentes tenham baseado suas decisões no universo conhecido. Os agentes sempre terão que lidar com o desconhecido e com o incerto. “*O conhecimento é sempre vago, flutuante e incerto*²³”. Assim, a análise de Keynes enfatiza a inalcançável capacidade cognitiva humana em prever eventos futuros e, devido ao curso natural da economia, sempre haverá um hiato entre a tomada de decisão e os resultados conhecidos. E, desse hiato, sempre nascerá a incerteza quanto aos eventos passíveis de ocorrerem.

A discussão sobre a presença da incerteza nos processos decisórios e suas implicações na esfera econômica não acabaram com Knight e Keynes; eles apenas deram início a uma marcha que perdura até hoje. No entanto, dentre seus diversos seguidores, alguns também fizeram escola e se destacam na discussão do papel da incerteza na tomada de decisão, dentre eles podemos citar: Shackle e Davidson.

Shackle (1965), assim como Knight e Keynes, aponta a incerteza e o risco como sendo conceitos distintos. Para ele, o conceito de incerteza está diretamente ligado à ausência do conhecimento e seria, portanto, algo impossível de ser mensurado por distribuições probabilísticas. Segundo o autor, decisões baseadas em probabilidades são falhas, visto que nenhum experimento (por maior que seja o tamanho da amostra) conseguirá prever eventos futuros, pois não há meios de prever a trajetória que os

²³ KEYNES, 1937, p. 113.

acontecimentos seguirão. Deste modo, o agente sempre se deparará com eventos desconhecidos, incertos, que não podem ser previstos matematicamente.

A inovação da proposta de Shackle está na análise do comportamento dos agentes em dois ambientes distintos: i) ambiente de ordem – onde os agentes podem “imaginar” eventos futuros, ou seja, podem formar expectativas (quanto à ordem dos eventos, o movimento dos demais agentes que operam naquele mercado, por exemplo) e acreditar que elas se concretizarão, e; ii) ambiente de inspiração – nesse, o agente deve dar espaço para o “processo criativo”, e, deve aceitar que os eventos são incertos e que não há como prever de maneira efetiva os eventos futuros. Portanto, ao lançar o preceito de “processo criativo”, Shackle abre discussão para a heterogeneidade dos agentes onde a inspiração (ou a criação humana) quebra com o preceito de ambientes predeterminados em que todos os elementos podem ser previstos. Assim, a tomada de decisão “criativa/inspirada” não pode ser prevista, e, por não seguir padrão, tem a capacidade de alterar os resultados futuros intrinsecamente (SHACKLE, 1990, p. 25).

Davidson (1983), de forma similar a Shackle, mantém o pensamento heterodoxo de Knight e Keynes quanto ao comportamento dos agentes e a incapacidade probabilística em previsão do futuro. Sua inovação está na elaboração de dois cenários distintos onde ocorreriam os processos decisórios, a saber: os cenários *ergódico* e *não-ergódico*.

Segundo o autor, em um cenário ergódico, o presente e o futuro são imutáveis, sendo passíveis de serem previstos por uma distribuição de probabilidade. Já em um cenário não-ergódico, os eventos são aleatórios, distintos, passíveis de serem alterados e, portanto, impossíveis de serem previstos por probabilidade ou matemática. A incerteza permanece sendo a ausência do conhecimento; assim, estaria presente em cenários não-ergódicos, que podem ser entendidos como sendo eventos cotidianos, da vida real (DAVIDSON, 1995, p. 108).

A incerteza permanece sendo conceito importante estudado na economia e nas finanças; porém, após publicações de Knight e Keynes, duas linhas de estudos se distinguem, a *incerteza como sendo algo imensurável*, longe da quantificação matemática e da distribuição de probabilidade e a *incerteza neoclássica*, que progrediu a partir de estudos de meios de quantificação, matematização e criação de padrões de comportamento que oferecem diretrizes na tomada de decisão face à incerteza.

Não são poucos os pesquisadores que se debruçaram sobre o conceito de incerteza na economia, de modo que podemos citar alguns trabalhos contemporâneos: Lawson (1997), Carvalho (1998), Runde (1990, 1991 e 1995), Vercelli (1995 e 2002) e Dequech (1997, 2000 e 2004). Em todos esses trabalhos, mesmo os autores abordando o assunto de diferentes perspectivas, permanecem tendo em comum alguns pontos: i) a incerteza é fruto da ausência do conhecimento dos eventos futuros; ii) não é possível tomar decisões baseando-se em eventos passados e; iii) a estimativa probabilística não consegue abranger as mudanças conjunturais que ocorrem entre a tomada de decisão presente e a efetivação futura.

1.4 Tomada de decisão pela ótica da racionalidade

Talvez o matemático John Von Neumann e o economista Oskar Morgenstern tenham sido os autores neoclássicos que mais contribuíram para o desenvolvimento da teoria da utilidade esperada no que tange os processos decisórios face à incerteza e ao risco. A publicação de maior destaque de ambos, *Theory of games and economic behavior* de 1944, é um marco para a teoria neoclássica, visto que a partir dela foram geradas diversas ramificações teóricas – tanto dentro da economia quanto em outras áreas correlacionadas, como, por exemplo, em finanças – sobre o papel das tomadas de decisões dos agentes e o impacto que essas decisões poderiam causar no ambiente onde ocorreriam. Ao trazerem alguns preceitos já tratados por Bernoulli (1738) como: “*quão*

longe estamos dispostos a ir na tomada de decisão que possamos provocar os outros a tomar decisões que terão consequências adversas para nós²⁴”, eles trazem de volta para a discussão da escolha todo o rigor da racionalidade clássica, expondo com clareza o conceito de preferência e a forma como essa deveria ser metodicamente aplicada.

Os autores desenvolvem um “padrão” para o comportamento dos indivíduos (isso é, axiomas) que serão utilizados para fornecer respostas quanto às escolhas dos agentes econômicos. Por rejeitarem os pressupostos da subjetividade do comportamento humano em processos decisórios (tal qual a formação de expectativas keynesianas) que impediam a aplicação dos métodos matemáticos, eles reafirmam a aplicação quantitativa como formalização metodológica. Segundo Von Neumann:

(...) para se construir uma ciência da física, esse fenômeno [calor e luz] teve de ser medido. Subsequentemente, os indivíduos passaram a usar os resultados de tais medições (direta ou indiretamente) mesmo na vida cotidiana. O mesmo poderá acontecer na economia no futuro. Uma vez alcançada uma compreensão mais plena do comportamento humano com a ajuda de uma teoria que faça uso de medição, a vida do indivíduo poderá ser materialmente afetada. Esses problemas não constituem, portanto, uma divagação desnecessária. (VON NEUMANN, 1944, p. 3).

Entretanto, mesmo sendo defensores da utilização do método matemático na economia, foram bastante prudentes sobre a abrangência e generalidade quantitativa no estudo do comportamento humano. Eles deixam claro que primeiramente era necessário estudar problemas mais simples quanto a questões de tomada de decisão, para depois propor avanços mais complexos. *“O grande progresso em cada ciência vem quando, no estudo dos problemas que são modestos comparados aos objetivos finais, desenvolvem-se métodos que permitem o progresso contínuo²⁵”*.

Ademais, é fundamental lembrar que, para os autores, “risco” e “incerteza” se distinguem. O primeiro *pode ser avaliado pela frequência de eventos observados*, já o

²⁴ BERNSTEIN, 1996.

²⁵ VON NEUMANN; MORGENSTERN, 1980 [1944], p. 6.

segundo corresponde a uma *avaliação subjetiva do evento*, onde os eventos passados (as experiências passadas dos indivíduos) representam elementos indispensáveis.

Segundo Menezes (2012), é assim que dois conceitos distintos (risco e incerteza) são confundidos nos desdobramentos da escola neoclássica. Tendo o risco como principal característica, *a existência de uma frequência de eventos*, e a incerteza *não dispor de frequência*, mas trata-se de uma probabilidade subjetiva, desde que se possa construir uma distribuição de probabilidade sobre as consequências da decisão, risco e incerteza se confundem e podem ser avaliados como iguais (MENEZES, 2012, p. 78).

Na leitura de Kast (1993), é por essa razão que se torna essencial, em cenários de risco e incerteza, que o comportamento do agente em processos decisórios seja determinado pelo viés da racionalidade, isto é, que tenha preferências bem definidas compatíveis com uma distribuição de probabilidade. Tais distribuições foram definidas por Von Neumann e Morgenstern como sendo “loterias” – mesmo os resultados não sendo derivados de experimentos aleatórios – como forma de, nessas circunstâncias, o agente racional parametrizar suas decisões pela ótica maximizadora de satisfação (ou utilidade esperada da loteria) ou de maximização de recursos investidos (como é o caso de agentes que operam em mercados acionários, por exemplo). Assim sendo, são desenvolvidas pelos autores supracitados, normas de comportamento dos agentes em situações de escolhas, onde o agente racional reconhece esse padrão e decidir-se-á de maneira subordinada a tal padrão axiomático. É nesse contexto que Von Neumann e Morgenstern elaboram um conjunto de premissas envolvendo preferências e probabilidade, o que conhecemos hoje como axiomas da teoria da utilidade esperada, ou axiomas de Von Neumann e Morgenstern; “*os axiomas promulgam as condições de preferências dos agentes de modo a serem representadas por uma função numérica*²⁶”.

²⁶ VARIAN, 2006, p. 37

Tais pressupostos axiomáticos são a base para análise do comportamento do agente racional em situações decisórias face ao risco e à incerteza, além de integrarem diversos trabalhos neoclássicos em distintas linhas de pesquisa dentro da própria economia. Dentre os muitos trabalhos que buscaram aprimorar essa discussão, encontram-se o trabalho de Savage (1954), e de tantos outros²⁷.

Desse modo, não podemos dizer que há um único modelo dentro da teoria econômica neoclássica que busca explicar a tomada de decisão dos agentes. Há, sim, diversos modelos que utilizam a máxima de racionalidade dos agentes – muitas vezes chamados de consumidores pela escola neoclássica – e os pressupostos axiomáticos para explicar o comportamento dos agentes em tomadas de decisões.

Dentre estes, existe um modelo dito “básico” que busca explicar as ações dos agentes em um “mundo sem incerteza”, e que se apropria de dois axiomas, a saber: completude e transitividade. Esses dois axiomas (padrões de comportamento), dentro do modelo, garantem a cada agente (que escolhe) um conjunto de opções, que faz com que esse agente seja capaz de ordenar suas opções com base em suas preferências²⁸, e assim possa tomar a melhor decisão possível.

Em cenários que envolvem incerteza, no entanto, uma análise mais complexa é proposta pela teoria neoclássica e deriva-se do modelo de Savage (1954). A explicação desse modelo se faz pela probabilidade subjetiva, formalizada matematicamente e que resulta na seguinte função utilidade²⁹:

$$\max \sum_{t=0}^{\infty} \delta^t \sum_{s_t \in S_t} p(s_t) U(x_{ti} | s_t)$$

²⁷ Dentre os diversos trabalhos que buscaram ampliar a discussão do padrão racional de comportamento dos agentes podemos citar: de Allais (1953) e Ellsberg (1961).

²⁸ A discussão sobre preferências e os axiomas completude e transitividade pode ser encontrada em Varian (2006).

²⁹ O modelo formalizado matematicamente e as exposições dos respectivos pressupostos estão baseados nos trabalhos de Rabin (2012), Wilkinson e Klaes (2012), e também pode ser encontrado em Castro (2014).

A função acima descrita refere-se à *função da utilidade esperada* do modelo de Savage e busca, através da utilização dos pressupostos de maximização de utilidade esperada e formação de expectativa subjetiva bayesiana³⁰, representar a racionalidade dos agentes que tomam decisões, ou seja, que escolhem.

Esse modelo, mais completo, que envolve tomada de decisão e incerteza e que podemos chamar de “modelo padrão” pressupõe três alternativas: i) um conjunto de estados alternativos do mundo que estão além do controle do tomador de decisão, ou seja, situações conjunturais ou de ambiente que estão fora do controle dos agentes que decidem; ii) um conjunto fixo de alternativas disponíveis, isto é, alternativas limitadas; iii) um conjunto de consequências alternativas. A escolha da alternativa determinará as possíveis consequências em cada “estado do mundo”, de tal modo que, para cada alternativa, o agente calculará o *produto da probabilidade dos estados do mundo* [$p(s_t)$] através da utilidade das consequências associadas, de maneira que, adicionando todos os produtos, o agente obtém a utilidade esperada da alternativa. A *função de utilidade* [$U(x_{ti}|s_t)$] se define pelas consequências das *alternativas escolhidas pelo agente* [x_{ti}]; desta forma, dado o *estado do mundo* [s], a utilidade futura é descontada por um *fator temporal exponencial* [δ^t], de modo que, o agente no período $t=0$, escolherá o vetor de alternativa (de ação corrente ou futura) de maior preferência dentre as disponíveis, isto é, que tenha a maior utilidade esperada³¹ (CASTRO, 2014, p. 37).

Desse “modelo padrão”, originaram-se alguns pressupostos de comportamento do agente econômico neoclássico: i) os agentes são racionais; logo, têm preferências bem

³⁰ A expectativa subjetiva bayesiana é derivada do Teorema de Bayes. Esse teorema objetiva explicar um tipo de inferência estatística (inferência bayesiana), que descreve as incertezas sobre quantidades invisíveis de forma probabilística. Assim, as incertezas são modificadas periodicamente após observações de novos resultados

³¹ A ideia desenvolvida refere-se ao pressuposto de otimização, ou maximização da utilidade esperada.

definidas; ii) têm preferências pelos estados finais e não pelas mudanças; iii) suas preferências se dão por suas crenças e informações; iv) suas informações são processadas de acordo com a probabilidade bayesiana (teorema de Bayes); v) são auto interessados, isto é, não consideram a utilidade dos outros agentes; vi) são maximizadores de utilidade esperada, ou seja, buscam sempre a otimização; vii) formam suas preferências temporais de acordo com um modelo de utilidade esperada.

Seguindo um raciocínio similar ao de Beckert e Dequech (2005, p. 584) e já acordado por Castro (2014, p. 38), o modelo de Savage pode ser interpretado como “modelo padrão” de comportamento do agente econômico racional, pois tem a capacidade de desempenhar três funções distintas, são elas: i) *função descritiva* – o modelo descreve como os agentes realmente se comportam em processos decisórios; ii) *função prescritiva* – o modelo sugere como os agentes deveriam se comportar para serem considerados racionais; iii) *função preditiva* – admite a obtenção, através de um modelo com “função-utilidade” e de probabilidade subjetiva, das decisões dos agentes econômicos, sem no entanto supor que os agentes realmente se comportem com base nesse modelo, de modo que resolve um complexo problema de otimização e de cálculo probabilístico³² (CASTRO, 2014, p. 38).

³² Vale salientar que, nas últimas décadas, inúmeros trabalhos teóricos e empíricos revelaram diversas limitações desse modelo. Os próprios economistas neoclássicos normalmente contestam dizendo que não são ingênuos a ponto de acreditar que os agentes se comportem da forma descrita pelo “modelo padrão”. Destarte, esse modelo seria usado somente para fins prescritivos e preditivos. Assim, segundo os teóricos neoclássicos, o modelo padrão serve para prever o comportamento econômico real dos indivíduos usando um argumento do tipo “seleção natural”, isto é, os indivíduos seriam eficientes em perseguir seus objetivos se tivessem incentivos ou oportunidades de aprender com as experiências adquiridas. Além disso, os neoclássicos argumentam que a concorrência, por sua vez, favorece os indivíduos na medida que suas decisões ótimas aumentam suas chances de sucesso em um ambiente competitivo. Assim, uma minoria de agentes racionais pode ser capaz de impor racionalidade a todo um mercado. Desse modo, de acordo com a teoria neoclássica, seria razoável prever os resultados das escolhas “como se” elas fossem produto de um processo de otimização (CASTRO, 2014, p. 39).

Ademais, esses pressupostos comportamentais, desenvolvidos pela teoria da utilidade, foram a base para o desenvolvimento de diversas linhas de pesquisa (inclusive em finanças) e para estudos relacionados ao mercado financeiro e de capitais.

O mercado acionário tornou-se ambiente propício para a execução dos axiomas de escolha dos agentes, visto que neste operam investidores que tomam decisões face ao risco e à incerteza e onde os pressupostos da racionalidade e formação de expectativas, dadas as informações passadas (pela probabilidade matemática), estão fortemente presentes. Dentre as linhas de pesquisa que abraçaram tais conceitos econômicos como sendo representativos do comportamento humano no mercado de financeiro e, conseqüentemente, explicativos do funcionamento dos mercados, encontra-se a Hipótese dos Mercados Eficientes (HME) – que trataremos a seguir.

1.4.1 Desdobramento em finanças: Hipótese dos Mercados Eficientes

Os pressupostos da economia neoclássica de que os agentes ao tomarem decisões seguem um padrão axiomático, racional e maximizador, são bases para o desenvolvimento teórico da Hipótese dos Mercados Eficientes (HME).

De acordo com a hipótese, em um mercado eficiente, os agentes que ali operam são considerados homogêneos, isto é, todos os agentes possuem as mesmas características comportamentais e parametrizam suas decisões de investimento através de uma função utilidade que busca maximizar seu capital investido. São seres munidos de uma capacidade racional ilimitada e estão aptos a analisar todas e quaisquer informações disponíveis no mercado a fim de tomarem decisões coerentes que visem a otimização de sua utilidade (riqueza). Os vieses cognitivos e psicológicos dos agentes não suscitam ruídos no longo prazo no mercado financeiro, pois mesmo que haja *noise traders*, isto é, agentes irracionais operando nesse mercado, suas más decisões de investimento serão rapidamente arbitradas por agentes racionais. Desta forma, a arbitragem passa a ser um

fundamento importante no entendimento da HME, pois anula os efeitos das “más decisões” nos preços dos ativos fazendo com que os mesmos voltem a seu valor fundamental.

Na HME, a suposição da racionalidade dos agentes implica que a precificação dos ativos seja feita pelo seu valor fundamental, isto é, o valor presente de seus fluxos de caixa descontados pelo seu risco. Ademais, quaisquer informações que possam alterar o valor fundamental do ativo serão rapidamente absorvidas pelos agentes racionais, de modo a aumentar ou diminuir o preço do ativo. Com isso, os preços dos ativos incorporam toda e qualquer informação, ajustando os preços a seu nível correspondente (valor fundamental). De acordo com Ross *et al.* (2002), em sua forma mais extrema, a HME diz que em um mercado operando de maneira eficiente a precificação dos ativos está sempre correta. Logo, não há possibilidade de “ganhos” acima da média do mercado de modo que seria mais prudente, aos agentes, manter passivamente suas carteiras de ativos (portfólios).

Na definição clássica da HME, trazida por Fama (1970), um mercado eficiente é aquele onde os preços dos ativos refletem toda informação disponível no mercado de modo a descartar a possibilidade de ganhos acima da média do mercado. Seu funcionamento envolve três condições muito restritivas, quais sejam: i) não haver custos de transação no mercado de títulos; ii) informação simétrica, isto é, todos os agentes têm acesso a todas as informações disponíveis no mercado; iii) a interpretação das informações é feita de maneira padronizada por todos os agentes.

Ainda em seu artigo de 1970, Fama distingue três formas de eficiência de mercado conforme a velocidade com que as informações afetam os preços de mercado, são elas: i) *eficiência fraca* – as tendências dos preços passados não influenciam na formação de expectativa de preços futuros; ii) *eficiência semiforte* – os preços dos ativos são

rapidamente ajustados às informações significativas, tais quais: lucro, distribuição de dividendos, etc.; iii) *eficiência forte* – não há informações privilegiadas, isto é, não há grupos de investidores que detêm informações diferentes das disponíveis no mercado.

Não foram poucos os trabalhos que questionaram e buscaram testar a validade da HME³³, de modo que, na década de 1990, vinte anos após a publicação da HME, Fama (1991) apresentou uma “revisão” da HME – absorvendo as críticas recebidas e analisando os resultados dos trabalhos empíricos – Fama reconhece que:

Os novos trabalhos concluem que os retornos podem ser previstos a partir de retornos passados dos dividendos e das variáveis monetárias, com diferentes estruturas temporais. Os novos testes rejeitam a antiga visão dos retornos constantes implícitos na visão dos mercados eficientes, que pareciam funcionar adequadamente nos trabalhos iniciais (FAMA, 1991, p. 1577).

Assim, no artigo de 1991, Fama suprime as antigas eficiências de forma *fraca*, *semiforte* e *forte* e passa analisar somente o problema da previsibilidade dos retornos, assumindo que eficiência de mercado e preço de equilíbrio (valor fundamental) são elementos inseparáveis (LIMA, 2003, p. 32).

Entretanto, no mesmo artigo de 1991, Fama não abole a premissa de homogeneidade do mercado nem de racionalidade dos agentes, ou seja, os investidores ainda possuem preferências bem definidas e suas decisões não são passíveis a vieses de comportamento. Assim, a HME passa a ser definida pela simples afirmação de que ela (HME) implica em uma situação em que os preços dos títulos revelam inteiramente toda e qualquer informação disponível com relação ao valor fundamental³⁴.

A Hipótese dos Mercados Eficientes (HME) é considerada um dos pilares da literatura clássica de finanças, segundo Ikeda e Rabelo:

³³ Dentre estes podemos citar os trabalhos de: Elton e Gruber (1995); Campbell et al. (1997); Ross *et al.* (2002) além de inúmeros trabalhos publicados no campo de economia e finanças comportamentais como: Shiller (1981) e Le Roy e Porter (1981); De Bondt e Thaler (1985); Shleifer (2000); Thaler e Barberis (2002), entre outros.

³⁴ FAMA, 1991, p. 1575.

A HME tem se mostrado uma das mais influentes teorias no campo das finanças, sendo base para inúmeros modelos de precificação de ativos, com aplicações que vão desde modelos tradicionais utilizados em *Finanças Corporativas* até avançadas teorias utilizadas na identificação de preço “justo” de derivativos financeiros (...) Pode-se afirmar, seguramente, que o campo acadêmico das finanças em geral e, especificamente, o campo de análise e precificação de ativos foi construído com base na HME (IKEDA e RABELO, 2004, p. 97).

Deste modo, torna-se apropriado o teste de algumas premissas da HME através da elaboração de um modelo de agente em um ambiente financeiro. Assim, neste trabalho discutiremos, no capítulo III, como a inserção de agentes heterogêneos impactam no mercado acionário, buscando identificar se, no longo prazo, o preço permanece refletindo toda e qualquer informação relacionada ao seu valor fundamental e se o processo de arbitragem realmente elimina possíveis distorções (em termos de assimetria e curtose) trazidas ao mercado acionário por decisões dos agentes que possuem algum viés de comportamento.

CAPÍTULO 2

A TOMADA DE DECISÃO MEDIANTE A SUBJETIVIDADE HUMANA PELA ÓTICA DA ECONOMIA COMPORTAMENTAL

Talvez a tomada de decisão seja um dos pilares da disciplina de economia comportamental. Isto porque, desde seu início – publicações dos primeiros trabalhos reconhecidos como fundamentais para a disciplina – o desenvolvimento de modelos de julgamentos buscou responder, de maneira mais próxima da realidade, como os indivíduos se comportam diante de determinadas situações que envolvem risco e incerteza. Como ocorre o processo de julgamento? Quais os parâmetros que são considerados em processos decisórios? Como os indivíduos tomam decisões?

Kahneman (2011) elucida, de maneira clara, o ponto de partida de seu trabalho com Tversky no que se refere à tomada de decisão. Ele diz:

Imediatamente após completar nosso exame do julgamento, mudamos nossa atenção para a tomada de decisão sob incerteza. Nosso objetivo era desenvolver uma teoria psicológica de como as pessoas tomam decisões sobre apostas simples (...). Aqui, mais uma vez, como no julgamento, observamos vieses sistêmicos em nossas próprias decisões, preferências intuitivas que violam consistentemente as regras da escolha racional (KAHNEMAN 2011, p. 18).

No trecho supracitado, Kahneman refere-se ao artigo “*Prospect Theory: An Analysis of Decision Under Risk*” de 1979, que atualmente é considerado uma das publicações mais influentes no que tange ao estudo dos processos de julgamento e tomada de decisão.

Deste modo, podemos dizer que a economia comportamental, bem como as demais disciplinas a ela associadas (como é o caso de finanças comportamentais), tem como objetivo desenvolver modelos de julgamentos e de tomada de decisão que considere a subjetividade humana e assim seja passível de determinar de maneira mais realista o modo como os indivíduos se comportam.

Partindo dos modelos descritivos publicados, não só por Kahneman e Tversky, mas também por inúmeros outros autores que se debruçaram sobre o tema, o método utilizado para identificar o comportamento da maioria dos agentes econômicos (individual e coletivo) passou a ser a observação de suas tendências de escolha ou vieses de comportamento. Deste modo, psicólogos cognitivos e economistas passaram a trabalhar juntos para identificar quais seriam os processos psicológicos e cognitivos que fazem com que os agentes não se comportem conforme a teoria padrão – teoria da escolha racional. Assim, inúmeros estudos passaram a utilizar os pressupostos de economia comportamental aplicando-os nos mais diferentes setores da esfera econômica – mercado financeiro e de capitais, políticas públicas, etc. – e utilizando os mais variados métodos (heurísticos, econométricos, matemáticos, computacionais, entre outros), para identificar comportamentos globais e de impacto nos mercados.

Desde modo, concordando que os trabalhos de Kahneman e Tversky foram fundamentais para a disciplina de economia comportamental, uma concisa revisão do programa de pesquisa proposto pelos autores nos auxiliará no entendimento dos modelos descritivos de julgamento que buscam estudar o comportamento dos agentes oferecendo-nos um respaldo teórico para o desenvolvimento do modelo de agentes aplicado ao mercado acionário que desenvolveremos no capítulo posterior.

Destarte, propomos o desenvolvimento desse capítulo da seguinte maneira: na secção 2.1, abriremos uma breve discussão sobre a visão dos pesquisadores comportamentais sobre as disciplinas de economia e finanças comportamentais³⁵. Na secção posterior (2.2), propomos nos ater ao desenvolvimento das pesquisas de

³⁵ A abordagem das finanças comportamentais nesse capítulo se faz relevante por entendermos que o nosso terceiro capítulo “*modelo de agentes aplicado ao mercado acionário*” transita entre os trabalhos publicados pela escola econômica e pela disciplina de finanças. Ademais, diversos trabalhos intitulados “Finanças Comportamentais” trouxeram grandes contribuições no desenvolvimento do nosso modelo de agentes, que serão oportunamente citados neste capítulo e apresentados no capítulo III dessa dissertação.

Kahneman e Tiversky sobre modelos de julgamentos (heurística e vieses). Por último, na secção 2.3, propomos nos debruçar sobre a teoria do prospecto e a aversão à perda – que foi a grande inspiração teórica para o desenvolvimento dessa dissertação.

2.1. Uma introdução à Economia e Finanças Comportamentais.

Não é fácil definir economia comportamental. Apesar de muitos concordarem com os pressupostos fundamentais que sustentam a disciplina, ainda há dúvidas entre os pesquisadores comportamentais sobre sua origem temporal e sobre a metodologia a ser aplicada nos estudos de economia comportamental.

Assim, em um esforço de identificar as etapas do desenvolvimento da economia comportamental, Angner e Loewenstein (2006) nos apontam três fases que marcariam o desenrolar temporal e metodológico da disciplina. São elas: i) seu “nascimento” seria datado entre os anos de 1970 e 1980 com as primeiras publicações que tinham o objetivo de identificar “anomalias”, ou seja, movimentos observados na economia que não podiam ser explicados pelo padrão proposto pela teoria neoclássica; ii) posteriormente, entre as décadas de 1980 e 1990, a disciplina passa a incorporar os pressupostos comportamentais aos modelos econômico-matemáticos; iii) e a última fase é a incorporação dos pressupostos comportamentais à macro e microeconomia e a elaboração de políticas públicas, como é o caso do trabalho de Thaler *et al.* (2003).

Entretanto, esse desdobramento não é consenso ente os pesquisadores da área. Segundo Earl (1988), a economia comportamental nasce entre as décadas de 1950 e 1960, sem a definição de economia comportamental, porém com características que se ajustam ao que hoje convencionou-se chamar de economia comportamental. Segundo Wikinson e Klaes (2012), nesse período encontram-se obras de autores fundamentais no desenvolvimento da disciplina, tais quais Katona e Fisher (1951), Simon (1957), entre outros.

Comerer e Loewenstein (2004, pp. 4-5), por outro lado, explicam que, mesmo havendo publicações que confrontassem a teoria neoclássica no que tange ao comportamento dos agentes, foi somente na década de 1970 que efetivamente surge o que chamamos hoje de economia comportamental. Segundo os autores, foram os trabalhos de Kahneman e Tversky, Baruch Fischhoff, Paul Slovic, Richard Thaler, entre outros, que, efetivamente, levantaram dúvidas junto aos economistas sobre a eficiência e efetividade do “modelo padrão” de comportamento dos agentes proposto pela teoria econômica. Ainda segundo os autores, esses trabalhos foram essenciais na formação da disciplina de economia comportamental, *“porque trouxeram uma outra visão sobre o processo de tomada de decisão dos indivíduos”*, além de propor *“meios de modelagem da racionalidade em termos similares aos tratados pelos economistas”*.

No entanto, mesmo entendendo os trabalhos fundamentais da disciplina de economia comportamental como sendo os trabalhos publicados a partir da década de 1970, não podemos ignorar que as contribuições trazidas por Katona e Fisher (1951) e Simon (1957) trouxeram elucidações importantes à teoria econômica, principalmente ao questionar o padrão de comportamento dos indivíduos que fora estabelecido pela escola neoclássica.

Katona e Fisher (1951, pp. 93-94) argumentam que as mudanças no sistema econômico não poderiam ser explicadas exclusivamente pela síntese neoclássica. Segundo os autores, os agregados econômicos não eram explicados somente através das variáveis econômicas *“ o estudo da macroeconomia sem psicologia apenas aponta as condições vigentes onde as ações dos indivíduos acontecem, porém, essas [ações] não podem ser tidas como homogêneas”*. Assim, segundo os autores, cada indivíduo age, reage, toma decisões de maneira distinta, dependendo de suas condições e aspirações pessoais, não estando exclusivamente dependentes dos agregados econômicos (emprego,

renda, juros, etc..). Deste modo, a avaliação (percepção) da realidade econômico-social que cada indivíduo formula também se faz relevante na determinação do comportamento econômico geral.

Ademais, outra contribuição de fundamental importância para entender o impacto que as decisões dos indivíduos exercem nas diversas esferas econômicas é trazida por Simon. Esse autor talvez tenha sido mais utilizado principalmente por autores considerados como originários dos preceitos de economia comportamental, como é o caso de Kahneman e Tversky (1979) e Thaler (1980).

Simon, diferentemente de Katona e Fisher, trata, de maneira mais específica, da tomada de decisão em contexto de incerteza e competição perfeita tanto no âmbito do indivíduo como das firmas. Faz uma crítica ao pressuposto da racionalidade dizendo:

(...) não se pode haver dúvidas quanto aos pressupostos da teoria da racionalidade perfeita serem completamente opostos à realidade, visto que não descrevem, nem remotamente, os processos que os indivíduos utilizam na tomada de decisão em situações complexas (SIMON, 1978, p. 366).

Assim, segundo o autor, as decisões do mundo real, que são cercadas de imperfeições e incertezas, não poderiam ser calculadas de *maneira ótima*, mas de *maneira satisfatória*³⁶. Deste modo, a *racionalidade perfeita*, não existiria. E o termo deveria ser substituído por *racionalidade limitada*³⁷, no sentido de que a onisciência dos indivíduos deveria ser desconsiderada, ou seja, deveria ser desconsiderada a capacidade de conhecimento de todas as alternativas possíveis e a capacidade de cálculo ilimitado dos indivíduos.

Segundo Simon (1957, p. 199), “*a capacidade da mente humana de formular soluções complexas é muito pequena comparada ao tamanho dos problemas expostos e solucionados pelo comportamento racional*”. Deste modo, para o autor, os indivíduos e

³⁶ Para maior detalhamento, ver SIMON (1978).

³⁷ Para melhor detalhamento sobre racionalidade limitada ler: SIMON (1978, p. 356)

as firmas tomam decisões de maneira distinta, não homogênea, porque suas decisões são pautadas por restrições cognitivas e de conhecimento do ambiente onde estão inseridos.

Simon, no entanto, não desconsidera, totalmente, uma aproximação da teoria com a realidade, dizendo que:

Uma proteção conservadora das crenças estabelecidas não é, de fato, pouco razoável (...) nas ciências empíricas, nós aspiramos apenas uma aproximação da verdade; não temos ilusões de que poderemos encontrar uma única fórmula simples ou, mesmo, uma moderadamente complexa, que capte toda a verdade e nada mais. (SIMON, 1978, p. 366).

Ademais, para Simon (1978), o desenvolvimento tecnológico, computacional e matemático poderiam contribuir para melhor analisar e verificar falhas nos pressupostos da racionalidade perfeita em contextos empíricos de tal modo que a teoria possa oferecer melhores respostas a problemas econômicos complexos.

Outra questão, que é pauta de discussão entre os pesquisadores de economia comportamental, é a definição do que seria economia comportamental, quais suas principais características e seus limites. Segundo Samson (2015, p. 25), a economia comportamental se define como sendo “*o estudo das influências cognitivas, sociais e emocionais observadas sobre o comportamento econômico das pessoas*” de tal modo que a característica essencial da economia comportamental seria a utilização de preceitos psicológicos para estudar problemas econômicos. Assim, economia comportamental poderia ser definida como um cruzamento entre a ciência econômica e a psicologia.

Tomer (2007) e Earl (1988) elucidam que a economia comportamental é uma disciplina que objetiva englobar diferentes abordagens (teóricas e práticas) com o intuito de oferecer um novo *approach* a diferentes preceitos neoclássicos de economia. Castro (2008) nos lembra que:

Definir economia comportamental não é trivial. Em parte, porque a própria disciplina de economia é por vezes definida como uma ciência do comportamento (...) Em parte, porque alguns dos elementos do que hoje chamamos de economia comportamental podem ser encontrados nos escritos de outros economistas menos ortodoxos (CASTRO, 2008, p. 32).

Em uma publicação recente – Guia de Economia Comportamental e Experimental (2015) – publicada no Brasil, com versão anterior publicada nos Estados Unidos com o nome “*The Behavior Economics Guide 2014*”, um grupo de pesquisadores³⁸ comportamentais – brasileiros e estrangeiros – apontam algumas características que definiriam os estudos de economia comportamental. Assim, segundo esse “grupo”, as pesquisas em economia comportamental são pautadas principalmente por métodos experimentais com o objetivo de identificar, de maneira mais realista, o comportamento das pessoas. Assim, é elucidado no Guia:

Podemos definir Economia Comportamental como o estudo das influências cognitivas, sociais e emocionais observadas sobre o comportamento econômico das pessoas. A economia comportamental emprega principalmente a experimentação para desenvolver teorias sobre a tomada de decisão pelo ser humano (...). As implicações da economia comportamental são abrangentes e suas ideias vêm sendo aplicadas em várias esferas no setor privado e em políticas públicas, incluindo finanças, saúde, energia, desenvolvimento, educação e marketing de consumo (...). Os economistas comportamentais, em essência, usam a psicologia para estudar problemas econômicos e sua abordagem geralmente se alicerça no casamento da experimentação com o pensamento econômico tradicional, por exemplo, no conceito de utilidade. Entretanto, como a economia comportamental é uma disciplina na intersecção da psicologia com a economia, nem sempre suas fronteiras são claramente definidas. (SAMSON 2015, pp. 26-27).

De fato, há muitas controvérsias na área de economia comportamental, principalmente por ser uma disciplina relativamente nova, que engloba pesquisadores de diferentes áreas e que se ramifica nos mais variados campos de estudo das ciências econômicas e de finanças (como é o caso das *Finanças Comportamentais*).

Segundo Ferreira (2008, p. 69), Finanças Comportamentais é uma “*disciplina que estuda o comportamento dos mercados financeiros de modo a incluir aspectos psicológicos em suas análises*”.

³⁸ Dentre os economistas que assinam os artigos publicados no Guia, podemos destacar: D. Ariely; A. Samson; C. Stamer; S. Rick; G. Loewenstein; S. Benartzi; R. Thaler; D. Karlan; C. Sunstein; N. Charter; D. Read; J. Cummings; R. Dhar. N. Welch; E. Winter; J. Haushofer; E. Fehr; R. Muramatsu; V. R. M. Ferreira - entre outros.

Entretanto, assim como há uma dificuldade de se definir e delimitar os estudos de economia comportamental, em finanças comportamentais o processo não se faz mais fácil. Segundo Belsky e Gilovich (2002), não haveria uma separação concreta entre economia e finanças comportamentais, pois ambas buscam, igualmente, responder por que e como as pessoas tomam decisões aparentemente irracionais – se considerarmos os pressupostos da racionalidade neoclássica – quando decidem investir, poupar ou emprestar seu dinheiro.

Ferreira (2008), ao publicar um dos primeiros livros em português que elucidam, de maneira mais abrangente, as segmentações entre economia, psicologia e finanças comportamentais, descreve finanças comportamentais como sendo uma ramificação da economia comportamental e da psicologia econômica³⁹. Para a autora, os pesquisadores que se debruçam sobre tal temática buscam ampliar a perspectiva econômica ortodoxa através de uma complementação da análise do comportamento efetivo dos agentes econômicos de modo a propor alterações e desvios importantes da teoria econômica neoclássica no tocante ao “comportamento humano”.

Ainda segundo a autora, os trabalhos de finanças comportamentais tendem a ser melhor recebidos pela escola econômica, se comparada com as demais propostas de economia comportamental, devido ao fato das finanças comportamentais não se afastarem, por completo, das premissas econômicas tradicionais. Assim, as pesquisas relacionadas a finanças comportamentais limitam-se, em sua maioria, a utilizar aspectos psicológicos para explicar “anomalias” no mercado financeiro.

Para alguns expoentes das finanças comportamentais, como é o caso de Slovic *et al.* (1972), Thaler (1980), Shiller (1981), Shleifer (2000) e Shafir *et al.* (2006), finanças comportamentais estuda não só o comportamento dos agentes, mas também, e sobretudo,

³⁹ Para maior detalhamento quanto ao conceito de psicologia econômica ver FERREIRA (2008, p. 39)

o impacto que esse comportamento causa nos mercados, o que causaria um afastamento das premissas neoclássicas econômicas aplicadas em finanças.

De fato, diversos trabalhos desenvolvidos no âmbito de economia e finanças comportamentais questionam não só as premissas neoclássicas de racionalidade e busca pela maximização da riqueza, mas também apontam distorções nos pressupostos da disciplina de finanças, que buscam explicar o comportamento dos mercados financeiros e de capitais pela ótica da Hipótese dos Mercados Eficientes – de modo que diversos pesquisadores vêm questionando até que ponto o comportamento racional pode explicar o comportamento dos mercados financeiros e de capitais. É o caso dos trabalhos de Slovic, Faissner e Bauman (1972), DeBondt e Thaler (1985), Black (1986), Shleifer e Vishny (1997), Huddart, Lang e Yetman (2006), entre tantos outros. A metodologia empregada para o desenvolvimento dessas pesquisas são as mais variadas, sendo utilizadas: experimentações, econometria, modelo de agentes (modelos matemáticos computacionais) – entre outras.

Dentre os principais temas estudados pelos economistas e financistas comportamentais, encontra-se a pesquisa nos campos de heurística; reações exageradas (*overreaction e underreaction*); teoria da utilidade esperada; ilusão referente ao dinheiro (*money ilusion*); dissonância cognitiva; risco e incerteza; teoria do prospecto (*prospect theory*); contabilidade mental (*mental accounting*); comportamento de manada (*herding*); e confiança exagerada (*overconfidence*), entre outros. (FERREIRA, 2008, p. 70).

Assim, uma definição que talvez seja próxima da realidade do estudo das finanças comportamentais seja trazida por Thaler⁴⁰ – que define finanças comportamentais como sendo o estudo de finanças com a cabeça aberta – e por Sewell⁴¹ que define finanças

⁴⁰ Richard Thaler: < <http://www.behaviouralfinance.net/> >. Acessado em: 01/03/2016.

⁴¹ Martin Sewell <http://www.behaviouralfinance.net/> >. Acessado em 01/03/2016.

comportamentais como sendo “*o estudo da influência da psicologia sobre o comportamento dos gestores financeiros e o efeito subsequente sobre os mercados*”.

Assim, em um esforço consciente da dificuldade de definir economia comportamental, podemos defini-la, de maneira mais ampla, como sendo uma área interdisciplinar, que transita entre os campos de estudo da economia – e demais disciplinas correlatas, como finanças – e a psicologia, buscando oferecer novas respostas a questões econômicas e nova abordagem às premissas econômicas neoclássicas. Com base nessa definição, podemos dizer que a economia comportamental surge de uma insatisfação dos economistas com o postulado padrão de comportamento dos agentes, e que buscam na conversa com outras disciplinas responder, de maneira mais realista, questões econômicas seminais – como é o caso da tomada de decisão.

2.2 Modelos de julgamento de Kahneman e Tversky.

Propomos nessa secção levantar uma concisa discussão a respeito dos modelos de julgamentos trazidos pelos autores em um artigo de 1974. Esse levantamento se faz relevante à medida que foram as pesquisas envolvendo o estudo das heurísticas, trazida pelos autores, que deram origem aos “vieses de comportamento”, tão utilizados hoje por pesquisadores comportamentais. Esses vieses são singulares para o estudo da tomada de decisão porque levam em consideração a subjetividade humana em processo de julgamento e, conseqüentemente, na tomada de decisão⁴². Além disso, confronta a teoria neoclássica e nos oferece ferramenta teórica para questionar o padrão axiomático de comportamento proposto pela teoria econômica padrão.

Assim, começamos essa secção com a seguinte citação:

Muitas decisões estão baseadas em crenças relativas à probabilidade de eventos incertos (...). Essas crenças em geral são expressas em frases do tipo “acho que...”, “as probabilidades são...”, “é pouco provável que...”

⁴² Acreditando que o processo de julgamento antecede a tomada de decisão, os vieses de comportamento apresentados nesse artigo (KAHNEMAN e TEVERSKY, 1974), são de fundamental importância no que tange o entendimento de como e quais parâmetros os agentes utilizam na tomada de decisão.

(...) Ocasionalmente, crenças relativas a eventos incertos são expressas numericamente na forma de chances ou probabilidades subjetivas. O que determina essas crenças? Como as pessoas avaliam a probabilidade de um evento incerto ou o valor de uma quantidade incerta? (KAHNEMAN e TVERSKY, 1974, p. 1124).

É com as palavras supracitadas que Kahneman e Tversky (1974) iniciam seu artigo “*Judgement under uncertainty: heuristics and biases*”, publicado pela *Science*. Esse artigo, segundo o próprio Kahneman⁴³, deu origem aos trabalhos posteriores publicados e que focaram no processo de tomada de decisão (*Prospect Theory*).

Nesse artigo, os autores buscam mostrar que os indivíduos normalmente fazem julgamentos (formam juízo de valores) e inferências sobre sua percepção de objetos e pensamentos baseados em princípios heurísticos, que facilitam a tarefa complexa de avaliar probabilidades e prever valores a operações mais simples. Assim, de modo geral, a heurística é extremamente útil no cotidiano, mas pode levar a erros sistêmicos graves (vieses de comportamento).

Em uma crítica à utilização da probabilidade subjetiva feita pela moderna teoria da decisão⁴⁴ e aos axiomas da decisão racional da teoria neoclássica, os autores sustentam que os indivíduos em situações reais, do cotidiano, utilizam uma forma particular de estimativa de probabilidade em seus julgamentos que são baseados em dados e observações limitados e que são processados de acordo com “regras heurísticas”. De maneira a elucidar essa ideia, os autores nos oferecem o seguinte exemplo:

(...) ex: a aparente distância de um objeto é determinada em parte por sua clareza. Quanto maior a nitidez com que um objeto é visto, mais próximo ele parece estar. Essa regra tem alguma validade, pois em qualquer dada cena, os objetos mais distantes são vistos com menor nitidez do que os objetos mais próximos (...). Assim, confiar na clareza como indicativo de distância leva a vieses comuns. Esses vieses são também encontrados no julgamento intuitivo de probabilidade. (KAHNEMAN e TVERSKY, 1974, p. 1124).

⁴³ Ver, KAHNEMAN, 2011, p. 18.

⁴⁴ Como moderna teoria da decisão, os autores citam o trabalho de Savage (1954)

Deste modo, os autores enumeram três heurísticas que são utilizadas pelos indivíduos ao avaliar probabilidades e prever valores. São elas: i) representatividade; ii) disponibilidade; ii) ajuste e ancoragem. Essas heurísticas apontam o surgimento de diversos vieses de comportamento nos processos de julgamento mediante a incerteza, tais quais: insensibilidade à probabilidade *a priori* dos resultados; ilusão de validade; concepções errôneas de regressão; viés de “imaginabilidade”; correlação ilusória; ajuste insuficiente, entre outros.

Abaixo, apresentaremos um epítome das heurísticas e de alguns dos vieses de comportamento trazidos no artigo que sustentaram os fundamentos, mais tarde usados pelos autores, no desenvolvimento da teoria do prospecto e aversão à perda⁴⁵.

Representatividade

A representatividade, segundo os autores, é comumente observada quando os indivíduos são defrontados com perguntas do seguinte tipo: Qual é a probabilidade de que o objeto A pertença à classe B? Qual a probabilidade de que o evento A se origine do processo B? Qual é a probabilidade de que o processo B venha a produzir o evento A?

Os autores observaram que o modo como as pessoas respondem a esses questionamentos se deriva, na sua maioria, da heurística da representatividade. Assim, os indivíduos avaliam de acordo com seus conhecimentos pessoais (sobre A e B) e julgam segundo o grau de semelhança entre A e B.

De fato, diversos experimentos executados pelos autores⁴⁶, com problemas desse tipo, mostraram que pessoas tendem a julgar usando a representatividade como sinônimo de igualdade. Entretanto, esse processo de julgamento suscita diversos vieses de julgamento e de comportamento, conforme veremos a seguir:

⁴⁵ A teoria do Prospecto e a aversão à perda serão tratados, de maneira mais completa, no subcapítulo 2.3.

⁴⁶ Muitos dos experimentos trazidos no artigo de 1974 são oriundos de outros trabalhos anteriormente publicados pelos autores, tais quais: Kahneman e Tversky (1972); Kahneman Tversky (1973).

- *Insensibilidade à probabilidade a priori dos resultados*

Para tratar desse viés comportamental, os autores realizaram diversos experimentos e observaram que, em determinadas situações, um fator que não tem nenhum efeito de representatividade pode anular informações de probabilidades notoriamente conhecidas.

Experimentos realizados, pelos autores, mostram que em um questionamento do tipo “qual a probabilidade de...?” – Quando nenhuma informação específica é fornecida, a probabilidade *a priori* é utilizada de modo apropriado (segundo as regras básicas de estatística), no entanto quando evidências sem valor (estatístico) são fornecidas, a probabilidade *a priori* é ignorada. Um exemplo ilustrativo de um dos experimentos proposto pelos autores traz as seguintes informações: suponha um grupo de cem pessoas dividido entre 30 engenheiros e 70 advogados. Qual a probabilidade de um determinado indivíduo A, desse grupo de cem pessoas, ser engenheiro? A resposta da maioria dos entrevistados foi 30/70, ou seja, 42,85%⁴⁷. Em outro grupo de entrevistados, além das informações sobre a quantidade de engenheiros e advogados, foi disponibilizado um pequeno relato da personalidade do indivíduo A. Nesse grupo, a probabilidade *a priori* apresentada foi completamente ignorada quando se introduziu uma descrição sobre o indivíduo A, mesmo essa descrição sendo totalmente não informativa. Assim, os autores concluíram que “*quando nenhuma evidência específica é fornecida, a probabilidade a priori é utilizada do modo apropriado; quando a evidência sem valor é fornecida, a probabilidade a priori é ignorada*”⁴⁸.

- *Insensibilidade ao tamanho da amostra*

⁴⁷ Esse é um exemplo ilustrativo, baseado no experimento realizado no artigo de 1974, de forma a tornar mais elucidativa nossa explicação. Os resultados completos desse experimento podem ser encontrados em Kahneman e Tversky (1973).

⁴⁸ Kahneman e Tversky, 1974, p. 1125

Esse viés nos diz que, para estimar resultados, oriundos de uma amostra retirada de uma população específica, as pessoas normalmente utilizam a heurística da representatividade. Para demonstrar como essa heurística gera vieses de julgamento, os autores propuseram experimentos do tipo⁴⁹: *Em uma amostra aleatória composta por 10 homens, qual será a altura média encontrada?* As respostas obtidas foram 1,83m⁵⁰.

As respostas mostram que a forma como as pessoas realizam seus cálculos mentais (formam seus processos de julgamentos), está relacionada a similaridades de resultados correspondentes – a altura média da população masculina norte americana é 1,83m. Desse modo, os autores concluem que: *“A similaridade de uma estatística de amostra, com um parâmetro de população, não depende do tamanho da amostra. Consequentemente, se as probabilidades são avaliadas por representatividade, então a probabilidade considerada de uma estatística da amostra será essencialmente independentemente do tamanho da amostra”⁵¹*

- Concepções errôneas da possibilidade

Os autores buscam mostrar com esse viés de comportamento que as pessoas comumente acreditam que uma sequência de eventos gerada por um processo aleatório representa as características efetivas desse processo, mesmo quando a sequência é curta.

Para elucidar esse viés, Kahneman e Tversky (1974) utilizam a “falácia do jogador”. Exemplificando: em um jogo de roleta onde uma série de resultados tenha sido vermelha, a maioria das pessoas acredita que o próximo evento será preto. Isso ocorre porque a maioria dos indivíduos acredita que a ocorrência de preto será “mais representativa” do que a ocorrência de vermelho, devido ao fato de que a possibilidade normalmente é vista como um processo autocorretivo onde um desvio numa direção induz

⁴⁹ O experimento completo pode ser lido em Kahneman e Tversky (1972).

⁵⁰ Lembrando que essas pesquisas foram realizadas no Estados Unidos da América, cuja altura média da população masculina é distinta dos homens brasileiros.

⁵¹ Kahneman e Tversky, 1974, p. 1125

um desvio na direção oposta como forma de restaurar o equilíbrio. Porém, como bem observam os autores, os desvios não são “corrigidos” à medida que um processo aleatório acontece, eles são meramente diluídos⁵².

- *Insensibilidade à previsibilidade*

Os indivíduos tendem a realizar previsões baseadas em descrições, fazendo com que seu julgamento seja insensível à credibilidade da evidência e à acurácia da previsão. Segundo os autores, esse é um viés de comportamento encontrado quando um indivíduo se depara com a necessidade de fazer uma previsão numérica, como o futuro valor de uma ação ou mesmo o resultado de uma partida de futebol. Um exemplo: é apresentada a uma pessoa uma descrição muito favorável sobre determinada empresa, e pede-se a essa pessoa que prediga o lucro futuro da tal empresa. Sendo a descrição da empresa favorável, um lucro alto parecerá ao entrevistado mais representativo.

Os autores lembram que esse viés viola a teoria normativa estatística em que o caráter externo e o alcance da previsão são controlados por considerações de previsibilidade. Diversos estudos de previsão numérica demonstram que previsão intuitiva viola essa regra (estatística), e que as pessoas questionadas, mostram pouco ou nenhum interesse por considerações de previsibilidade⁵³.

- *A ilusão da validade*

A ilusão da validade é descrita pelos autores como sendo a confiança injustificada que é produzida por um bom ajuste entre o resultado previsto e a informação de entrada (*input*). Esse viés, segundo os autores, é dificilmente quebrado, pois tende a persistir mesmo quando o indivíduo julgador tem a total consciência dos fatos que limitam a precisão de sua previsão.

⁵² O desenvolvimento desse viés poder ser visto em Kahneman e Tversky (1974, p. 1125)

⁵³ Kahneman e Tversky (1974).

Esse viés, talvez, possa ser comparado a um “vício”, onde as pessoas têm total consciência de seus atos, porém permanecem insistindo em suas ações, como os fumantes, por exemplo, que normalmente têm a consciência do mal que o tabaco faz para a saúde, no entanto permanecem fumando.

Um exemplo trazido pelos autores diz respeito às entrevistas de emprego (processo de seleção), onde os psicólogos profissionais, comumente responsáveis pelas dinâmicas de grupo e entrevistas de emprego, persistem em continuar realizando tal processo, mesmo tendo o conhecimento da imensa literatura que mostra que esses processos são altamente falhos. Entretanto, como mostram os autores: *“A fé inabalável na entrevista direta para fins de seleção, a despeito das repetidas mostras de seu caráter inadequado, atesta amplamente o poder desse efeito [ilusão da validade]”⁵⁴*

- Concepções errôneas de regressão

A concepção errônea de regressão tem por base documento publicado por Galton há mais de um século atrás, segundo os autores⁵⁵. Esse viés mostra que existe uma falha em compreender o efeito de uma regressão no que tange a superestimar ou subestimar algo ou alguém por representatividade.

Os autores elucidam que, em interações sociais ou treinamentos, recompensas normalmente são empregadas quando há um bom desempenho e punições geralmente são aplicadas quando há desempenho fraco. Concepções errôneas de regressão criam a ilusão de que há maior probabilidade de o comportamento melhorar após uma punição e piorar após uma recompensa. Uma ilustração seria o seguinte exemplo: se uma criança vai mal em uma prova na escola e seus pais a punem (deixam de castigo), haveria uma melhora significativa em suas notas nas próximas provas. O oposto seguiria a mesma lógica: se uma criança vai muito bem em uma prova e é recompensada, na prova seguinte iria mal.

⁵⁴ Kahneman e Tversky, 1974, p. 1126

⁵⁵ Kahneman e Tversky 1974, p. 1127

Entretanto, não há comprovação científica de que a aplicabilidade desse método gera efeitos idênticos em todas as crianças. Porém, a percepção errônea de regressão faz com que as pessoas acreditem que esse método é válido para 100% das pessoas. Os autores ainda argumentam que *“a condição humana é tal que, unicamente por força do acaso, a pessoa é com frequência recompensada por punir os outros e com frequência punida por recompensar os outros”*⁵⁶.

Disponibilidade

A heurística de disponibilidade é habitualmente utilizada em caso de estimação de frequência de uma classe ou da probabilidade de um evento. Segundo os autores, essa heurística é muito acessada pelas pessoas, pois a lembrança de um fato de maior frequência é sempre mais forte do que um fato de menor frequência. Essa heurística é útil para estimar frequências ou probabilidades amplas, mas pode levar a erros sistêmicos de julgamento (vieses de comportamento). Abaixo, alguns desses vieses.

- *Viés devido à “recuperabilidade” das ocorrências*

Esse viés pode ser observado quando um determinado evento é julgado não pela frequência (quantidade) de ocorrências, mas pelo impacto que causa nas pessoas.

Segundo os autores, esse viés é usualmente observado em situações onde as pessoas são expostas a situações extremas como a do tipo: uma casa se incendiando. Tendo o indivíduo presenciado uma casa pegando fogo (a casa do vizinho sofreu um incêndio, por exemplo), ele julgará que tal acidente é mais provável de acontecer, devido ao fato de que o impacto visual de uma casa pegando fogo ser maior do que ler nos jornais que uma determinada casa se incendiou. Outro exemplo é o caso de eventos atuais e antigos – ocorrências atuais costumam impactar de maneira mais acentuada no processo de julgamento das pessoas⁵⁷.

⁵⁶ Kahneman e Tversky, 1974, p. 1127

⁵⁷ Esse exemplo é melhor explorado em Kahneman e Tversky (1973).

- *Viés de “imaginabilidade”*

Esse viés tenta demonstrar como os indivíduos que julgam mediante a disponibilidade de informações podem acabar caindo em uma “armadilha de julgamento”.

Em determinadas situações, onde as pessoas precisam avaliar a frequência de um fato sobre o qual não têm conhecimento aprofundado (fato cuja ocorrência não está em suas memórias) elas rotineiramente buscam “refúgio” na análise por “regras comuns”. Entretanto, como nos lembram os autores, “*a facilidade de construção [mental] de ocorrências nem sempre reflete sua frequência real*⁵⁸”.

Um exemplo elucidado pelos autores traz a seguinte situação: em uma expedição de aventura, o risco é avaliado (pelo indivíduo) imaginando possíveis contingências, com as quais a expedição não estaria apta a lidar. Se o indivíduo já tiver vivenciado alguma dessas dificuldades imaginadas, é possível que a expedição pareça extremamente perigosa. No entanto, a facilidade com que os desastres são imaginados não faz a probabilidade ser maior ou menor desse evento acontecer⁵⁹.

- *Correlação ilusória*

Segundo os autores, a correlação, por si só, já fornece uma explicação natural para o viés “*efeito de correlação*”. Esse viés busca mostrar que as pessoas comumente avaliam a frequência de dois eventos pela força da ligação entre eles. Assim, quando o indivíduo acredita que a ligação entre dois eventos é forte, tende-se a concluir que os eventos frequentemente são acoplados, ou seja, acontecem de forma associada⁶⁰.

Ajuste e ancoragem

⁵⁸ Kahneman e Tversky, 1974, p. 1128

⁵⁹ Um detalhamento mais aprofundado do exemplo pode ser visto em Kahneman e Tversky, 1974, p. 1128.

⁶⁰ Existem inúmeros exemplos desse viés, alguns podem ser encontrados em: Kahneman e Tversky de 1973 e 1974.

O ajuste por ancoragem, ou por ponto de referência, normalmente, é utilizado em previsão numérica, quando um valor relevante encontra-se disponível, ou seja, está acessível ao indivíduo que estima.

Em diversas situações, os indivíduos, habitualmente, utilizam em seu processo de julgamento um valor inicial, um ponto de referência, que é usado como parâmetro para prever um valor final. Esse ponto de referência pode ser sugerido na formulação do problema ou mesmo calculado “parcialmente” pelo indivíduo avaliador. Entretanto, como nos lembram os autores, pontos de referência podem não produzir estimativas precisas e podem gerar diversos vieses na previsão do valor final. Abaixo, apresentamos alguns desses vieses de julgamento.

- *Ajuste insuficiente*

Esse viés busca mostrar que ajustes feitos a partir de uma ancoragem (ponto de referência) pode levar a efeitos de superestimação⁶¹ dos resultados, isso porque, como nos lembram os autores: “*A ancoragem ocorre não apenas quando o ponto de partida é fornecido para o indivíduo, mas também quando o indivíduo baseia suas estimativas no resultado de alguma comutação incompleta*”⁶², de modo a fazer com que os ajustes sejam insuficientes, levando a erros sistêmicos de previsão.

- *Viés na avaliação de eventos conjuntivos e disjuntivos*

A heurística ancoragem pode levar à superestimação ou subestimação da probabilidade de um evento em um sistema complexo, como no caso de avaliação de planejamento, lançamento de um produto ou mesmo avaliação de risco.

Os autores explicam que eventos com caráter *conjuntivo*, tais quais aqueles que possuem características de estrutura de encadeamento – ou seja, eventos que para chegar

⁶¹ Esse viés também foi estudado por Slovic e Lichtenstein em 1971 no artigo “*Comparison of Bayesian and regression approaches to the student of information processing in judgment*”.

⁶² Kahneman e Tversky, 1974, p. 1129

ao resultado final necessitam que uma série de acontecimentos seja executada com precisão – tendem a ter seu sucesso superestimado. Um exemplo: quando os eventos (de encadeamento) são muito prováveis de acontecer, estima-se que esse empreendimento será bem-sucedido ou que terminará no tempo pré-determinado, assim por diante. No entanto, mesmo a probabilidade de os eventos de encadeamento serem altas, a probabilidade geral, desse mesmo empreendimento, pode ser baixa.

O efeito oposto também é gerado pela heurística ancoragem, ou seja, a subestimação. Esse viés pode ser observado em eventos de caráter *disjuntivo*, tais quais eventos que avaliam riscos. Um exemplo trazido pelos autores é a avaliação de um reator nuclear, ou até a avaliação do corpo humano – que não funcionará de maneira adequada se qualquer um de seus componentes essenciais falhar – a heurística ancoragem nesses casos pode levar as pessoas a subestimar as probabilidades de fracasso. Assim, “*a direção do viés de ancoragem às vezes pode ser inferida a partir da estrutura do evento. A estrutura em encadeamento das conjunções leva à superestimativa, a estrutura afinilada das disjunções leva à subestimativa*”⁶³.

- *Ancoragem na avaliação das distribuições de probabilidade subjetiva*

A heurística ancoragem pode levar indivíduos a erros na estimação de intervalo de confiança no que tange à avaliação de distribuições de probabilidade subjetiva.

Segundo os autores, vários estudos⁶⁴ apontam que a estimativa de distribuição costuma apresentar um afastamento sistêmico da calibragem adequada. Um exemplo seria a estimação da calibragem de um determinado ativo e seu *benchmark*.

Distribuições de probabilidade subjetiva para uma determinada quantidade (valor de um *benchmark*, por exemplo), podem ser calibradas de duas diferentes formas: i)

⁶³ Kahneman e Tversky, 1974, p. 1129

⁶⁴ Winkler (1967); Von Holstein (1971), entre outros, são apontados pelos autores como referência no estudo desse viés.

pedindo ao avaliador (investidor, gestor, especialista...) que selecione valores do *benchmark* que correspondem a percentuais específicos de sua distribuição de probabilidade – esses percentuais específicos podem ser oriundos de algum produto financeiro, como é o caso dos fundos de investimento que tem como *benchmark* o IBOV ou Dow Jones, por exemplo; ii) pedindo ao avaliador que estime a probabilidade de que o valor do *benchmark* excederá o valor especificado.

Segundo os autores, os dois procedimentos descritos são formalmente equivalentes, logo, deveriam fornecer distribuições idênticas. No entanto, eles sugerem diferentes modos de ajuste a partir de diferentes âncoras (pontos de referências). No primeiro caso, o ponto de partida natural (âncora) é a melhor estimativa particular da quantidade (percentual do fundo de investimento, por exemplo). Já no segundo procedimento, o indivíduo pode ficar ancorado no valor declarado na questão (valor do *benchmark*). Alternativamente, o avaliador pode ficar ancorado em chances iguais, ou em uma possibilidade de 50-50, o que é um ponto de partida natural na estimativa de probabilidade. Em ambos os casos, o segundo procedimento deve fornecer chances menos extremas do que o primeiro procedimento. Exemplos como esse nos mostram de que maneira o grau de calibragem depende do procedimento de avaliação e do ponto de referência que se utiliza.

Os autores ainda elucidam que *“esse viés é comum tanto a indivíduos ingênuos como em especialistas, e não é eliminado com a apresentação das regras de pontuação apropriadas, que fornecem incentivos para calibragem externa. Esse efeito pode ser atribuído, ao menos em parte, à ancoragem⁶⁵”*.

⁶⁵ Kahneman e Tversky, 1974, p. 1129

Kahneman e Tversky não foram os únicos a trabalhar com a ideia de que o julgamento baseado em heurística pode gerar diversos vieses de comportamento que impactam diretamente no processo decisório em cenários de risco e incerteza. Trabalhos como os de Slovic, Faissner e Bauman (1972) também foram importantes na elucidação de como os vieses cognitivos e psicológicos podem influenciar não só na decisão dos agentes, mas no comportamento do mercado como um todo. DeBont e Thaler (1985) discutem o viés comportamental *overreaction*, ou reação exagerada, no mercado financeiro, mostrando que agentes que atuam no mercado financeiro tendem a supervalorizar informações recentes e a desvalorizar acontecimentos passados. Black (1986) aborda os aspectos da assimetria da informação onde os investidores operam baseados em ruídos e não em informações completas. Shleifer (2000) e Shleifer e Vishny (1997) estudam os limites de arbitragem. Schkade e Kahneman (1998) e a “ilusão de foco” buscam mostrar que os agentes tendem a atribuir muita importância a aspectos particulares de um determinado evento o que levaria a uma avaliação “viesada” da utilidade dos resultados.

Não menos importantes foram os trabalhos que desenvolveram pesquisa sobre o “efeito halo” – ligado à generalização de julgamento positivo ou negativo, isto é, a avaliação de um processo ou pessoa está sujeita a aspectos pessoais e que levariam a resultados finais não precisos. “Efeito familiaridade” – onde os agentes tendem a desenvolver preferências a coisas simples, pelas quais têm alguma afinidade (familiaridade) e que levariam a graves erros de julgamento, como o “viés de confirmação” – indivíduos tendem a favorecer informações que confirme suas crenças ou hipóteses pré-estabelecidas.

No Brasil, diversas pesquisas vêm sendo desenvolvidas com o intuito de verificar a influência de vieses psicológicos e cognitivos na tomada de decisão. Dentre os trabalhos

que buscam testar esses vieses no mercado financeiro, podemos citar os trabalhos de Milanez (2003), Lima (2003), Rabalo e Ikeda (2004), Roger *et al.* (2007), Borges (2007), Torralvo (2010), Pires (2012), Bertella *et al.* (2014), Gallo (2015), entre outros.

Na sequência, apresentaremos uma breve discussão sobre a teoria do prospecto e a aversão à perda.

2.3 Teoria do Prospecto e aversão à perda

Não são poucos os trabalhos que usaram os preceitos trazidos por Kahneman e Tversky para questionar os postulados neoclássicos e, por isso, os trabalhos desenvolvidos por esses autores serviram de inspiração deste e de tantos outros trabalhos que buscam identificar vieses de comportamento no mercado financeiro.

Nos diversos trabalhos publicados pelos autores, a saber: Kahneman e Tversky (1972, 1974, 1979, 1984) e Kahneman (2011), são apresentados inúmeros experimentos que mostram haver uma desconexão entre o comportamento dos agentes presentes na teoria neoclássica e o agente em uma situação real de escolha. Tais experimentos os conduziram ao levantamento de diversas hipóteses quanto à validade do “padrão” axiomático proposto pela escola neoclássica no que tange à racionalidade dos agentes e ao processo de tomada de decisão.

Segundo Kahneman, a descrição do “agente econômico” – que é racional, egoísta e possui preferências perfeitamente definidas – por si só, mostra haver um hiato entre o conceito de “agente” estudado pela economia e pela psicologia⁶⁶; *“Para um psicólogo, é*

⁶⁶ Thaler em uma publicação intitulada: *“Misbehaving: The Making of Behavioral Economics”* de 2015, trata das diferenças de comportamento do que ele chama de *Humans vs Econs*. Os Econs representam os indivíduos da teoria economia, agentes idealizados, pouco representativos da realidade, e que, pouco, ou nada, têm em comum com os *Humans*, indivíduos reais, que interagem entre si, que julgam e tomam decisões cotidianas, como escolher um shampoo no supermercado, ou até mesmo, decisões mais complexas como realizar aplicações financeiras.

*evidente que as pessoas não são nem completamente racionais, nem completamente egoístas, e que, seus gostos podem ser tudo, menos estáveis*⁶⁷”.

Partindo dessa percepção, Kahneman e Tversky, por cerca de cinco anos⁶⁸, dedicaram-se à realização de diversos experimentos, com o objetivo de identificar o comportamento dos agentes em situações de escolha mediante o risco e a incerteza, de modo a oferecer uma análise mais adequada do comportamento real das pessoas. O autor nos explica:

Esse campo de pesquisa [tomada de decisão] tinha uma teoria, a teoria da utilidade esperada, que serviu de base para o modelo de agente racional e continua sendo até hoje a teoria mais importante nas ciências sociais (...) a teoria da utilidade esperada não foi formulada para ser um modelo psicológico, foi uma lógica de escolha, baseada em regras elementares [axiomas] de racionalidade. Entretanto [no *Prospect Theory*], não estávamos tentando imaginar a opção mais racional ou vantajosa; queríamos descobrir a escolha intuitiva, a que parecesse mais imediatamente tentadora. (KAHNEMAN, 2011, pp. 336-337).

Deste modo, a “*Prospect Theory*” foi modelada, tendo em seu âmago, o questionamento da teoria da utilidade esperada e seus postulados (racionalidade dos agentes e a aversão absoluta ao risco). Entretanto, como nos lembra Kahneman:

Nossa teoria [Kahneman e Tversky] foi modelada proximamente à teoria da utilidade, mas diferia dela em alguns aspectos fundamentais. O mais importante, nosso modelo era puramente descritivo, e seu objetivo era documentar e explicar violações sistêmicas dos axiomas da racionalidade em escolhas entre opções de risco. (KAHNEMAN, 2001, p. 337).

A teoria do Prospecto, como mais tarde Kahneman veio a explicar em uma publicação de 2011, foi pensada usando como base os estudos de Bernoulli e o desenvolvimento do conceito de utilidade e aversão ao risco.

O conceito de utilidade de Bernoulli foi observado pelo prisma do problema de decisão dos mercadores de São Petersburgo⁶⁹, onde o autor constatou que a tomada de

⁶⁷ Kahneman, 2011, p. 335

⁶⁸ Kahneman, 2011, p. 338.

⁶⁹ O problema de escolha dos mercadores de São Petersburgo foi tratado com mais detalhes no capítulo primeiro dessa dissertação.

decisão (escolhas de adquirir ou não uma apólice de seguros) não era baseada no valor monetário final, mas sim no valor subjetivo (utilidade) que o indivíduo atribuía ao resultado final de determinado evento.

Um exemplo trazido por Kahneman (2011, p. 342) elucida o pressuposto de utilidade de Bernoulli. Imagine a seguinte situação:

Jack e Jill têm hoje, cada um, uma riqueza de 5 milhões. Entretanto, ontem Jack tinha 1 milhão e Jill tinha 9 milhões. Pergunta-se: Ambos estão igualmente satisfeitos, ou seja, possuem a mesma utilidade?

Segundo presume o postulado de Bernoulli, a utilidade da riqueza é o que torna o indivíduo mais ou menos satisfeito (felizes). Como hoje Jack e Jill são portadores de uma quantidade igual de riqueza (5 milhões), ambos deveriam estar igualmente satisfeitos, pois ambos possuem a mesma utilidade. Entretanto, como nos lembra Kahneman, *“você não precisa ser psicólogo para saber que hoje Jack está nas nuvens e Jill está arrasada”⁷⁰*.

Desse modo, o autor conclui que a premissa de Bernoulli deriva de um erro de avaliação, visto que não leva em consideração a riqueza anterior dos indivíduos, o que Kahneman e Tversky irá chamar de âncora ou “ponto de referência”. Desse modo, *“A felicidade que Jack e Jill vivenciam é determinada pela mudança recente de sua riqueza, relativa aos diferentes estados [anteriores] de riqueza que definem seus pontos de referência [um milhão para Jack, 9 milhões para Jill]. Essa dependência de referência é onipresente na sensação e na percepção”⁷¹*.

Outro “erro” incorrido por Bernoulli, segundo Kahneman, é a interpretação da aversão ao risco⁷². Segundo Bernoulli, as pessoas são, em sua maioria, avessas ao risco,

⁷⁰ Kahneman 2011, p. 342

⁷¹ Kahneman, 2011, p. 343

⁷² Em uma publicação de 2011, Kahneman dedica uma seção dentro de um capítulo de seu livro, para tratar do “Erro de Bernoulli”.

isto é, são avessas às chances de receber o menor resultado possível. Assim, se oferecermos a uma determinada pessoa uma aposta, cujo prêmio a ser pago é maior que um determinado valor certo, as pessoas escolheriam a coisa segura. Ou seja, as pessoas são avessas ao risco, de modo tal que estão dispostas a pagar um ágio para evitar a incerteza⁷³.

Entretanto, como observam os autores, essa não é uma lógica observada em situações reais do cotidiano pois, dependendo do problema de escolha enfrentado pelas pessoas, elas não serão avessas ao risco, mas sim, buscarão o risco como forma de mitigar suas perdas.

Um exemplo trazido por Kahneman (2011, pp. 343-344) exemplifica bem essa ideia. Suponhamos a seguinte situação:

Antony possui, atualmente, uma riqueza de 1 milhão e

Betty possui, atualmente, uma riqueza de 4 milhões.

É oferecido a ambos uma escolha entre i) uma aposta – opção de risco e; ii) valor efetivo – coisa segura.

A aposta é composta por chances iguais de terminar com o apostador possuindo 1 milhão ou 4 milhões. Enquanto a coisa segura paga um valor efetivo de 2 milhões.

Qual será a escolha feita por Antony e Betty, a aposta ou o valor efetivo?

Segundo a premissa de Bernoulli, Antony e Betty enfrentam o mesmo problema: a riqueza esperada de ambos será 2,5 milhões se aceitarem a aposta ou 2 milhões se preferirem a coisa segura, de modo que a escolha feita por Antony e por Betty deveria ser a mesma.

Entretanto, essa não é uma resposta satisfatória porque não leva em consideração um fator importante que tanto Antony quanto Betty utilizaram na hora de escolher entre

⁷³ A forma como Bernoulli chegou a essa conclusão, já foi tratada no capítulo primeiro dessa dissertação, no problema dos mercadores de São Petersburgo

a aposta ou a coisa segura, isto é, não leva em consideração a riqueza atual de cada um, não leva em consideração o “ponto de referência” de cada um dos atores (Antony e Betty).

Por conseguinte, se imaginarmos a decisão tomada por Antony e Betty veremos que a riqueza atual (ponto de referência) de cada um será de fundamental importância para a tomada de decisão. Ora, tendo em vista que Antony possui uma riqueza de 1 milhão e tem a chance de, efetivamente, ampliar sua riqueza para 2 milhões, é muito provável que ele escolha a coisa certa (seja avesso ao risco) de modo a maximizar sua riqueza (satisfação/utilidade). Entretanto, Betty possui uma riqueza de 4 milhões de modo que a escolha segura não maximizará sua riqueza (felicidade/utilidade). Desse modo, é muito provável que ela escolha a aposta (busca pelo risco). Assim, Kahneman e Tversky chegam à conclusão que, dependendo do ponto de referência (da situação em que se encontram), os agentes tendem a optar pelo risco – *“as pessoas tendem a se arriscar quando confrontadas com opções muito ruins⁷⁴”*. Desse modo, Kahneman conclui que, nesse exemplo, fica claro que Antony e Betty pensam e decidem de maneiras distintas. Antony pensa em ganhos enquanto Betty pensa em perdas. Segundo o autor, essa discrepância pode ser explicada:

Como o modelo de Bernoulli carece de ideia de um ponto de referência, a teoria da utilidade esperada não representa o fato óbvio de que o resultado que é bom para Antony é ruim para Betty. O modelo dele poderia explicar a aversão ao risco de Antony, mas não pode explicar a preferência por busca de risco para aposta, comportamento muitas vezes observadas em empresários, gerais quando todas as suas opções são ruins (...). Essa teoria está gravemente errada, pois ignora o fato de que a utilidade depende do histórico pessoal da riqueza, não só da riqueza presente (KAHNEMAN, 2011, pp. 344-345).

Assim, partindo do princípio de que a moderna teoria da utilidade esperada foi forjada tendo por base os postulados de utilidade e aversão ao risco de Bernoulli, onde a utilidade de um ganho é auferida pela comparação entre dois estados de riqueza (mais

⁷⁴ Kahneman, 2011, p. 344

rico ou menos rico), então se um indivíduo, digamos, possua 10.000 reais e perca quinhentos reais, a “desutilidade” nesse caso, será a diferença entre a utilidade de dois estados de riqueza. Portanto, conclui-se que a teoria da utilidade esperada não apresenta uma diferenciação entre perdas e ganhos, apenas concede-se que a utilidade de ganhar e perder seja a diferença de seus sinais (+ 500 reais ou – 500 reais). Não existe uma forma de representar que a “desutilidade” de perder 500 reais pode ser maior que a utilidade de ganhar a mesma quantia (KAHNEMAN, 2011, p. 347).

- *Aversão à perda*

Contrariando aquilo que é indicado por Bernoulli, e reafirmado por Von Neumann e Morgenstern (1944) e Savage (1954), Kahneman e Tversky (1979) propõem que os agentes em uma situação decisória sob risco e incerteza não pensam no resultado relativo à maximização da quantidade (em termos de estado de riqueza), mas pensam em termos de ganhos e perdas.

É de costume na análise de decisão descrever os resultados das decisões em termos de riqueza total (...). Essa representação parece psicologicamente irrealista: as pessoas não pensam nos resultados relativamente pequenos em termos de estado de riqueza, mas antes em termos de ganhos, perdas e resultados neutros (tal qual a manutenção do *status quo*). Se os efetivos portadores de valores subjetivos forem mudanças de riqueza e não estados de riqueza finais, como propomos, a análise psicofísica de resultados deve ser aplicada antes a ganhos e perdas do que a recursos totais (KAHNEMAN e TVERSKY, 1983 APUD KAHNEMAN, 2011, pp. 541-542).

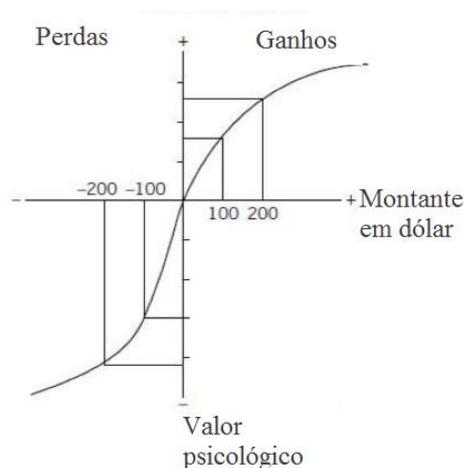
Assim, ao incluírem as perdas na tomada de decisão, os autores observam que, dependendo do problema de decisão com o qual o agente se depara, a aversão ao risco se transforma em busca pelo risco simplesmente porque os indivíduos não maximizam sua utilidade parametrizados pela sua riqueza, mas sim por suas vitórias e derrotas.

O motivo para você gostar da ideia de ganhar cem dólares e não gostar da ideia de perder cem dólares não é que essas quantias mudam sua riqueza. Você simplesmente gosta de ganhar e não gosta de perder – e quase certamente não gosta de perder mais do que gosta de ganhar (KAHNEMAN, 2011, p. 350).

São três as características cognitivas centrais da teoria do prospecto que, segundo os autores, desempenham um papel fundamental na avaliação dos resultados financeiros. São elas: i) *Ponto de referência* – pode ser expressado como o *status quo*, ou resultado esperado, em situações que envolvem expectativas de resultados financeiros. Uma situação ilustrativa seria a seguinte: seus colegas de trabalho receberam um aumento de 20%. Logo, você espera que seu aumento seja semelhante ao deles, esse passa a ser seu ponto de referência, de modo que se você recebe um aumento maior que de seus colegas, você acredita ter tido um ganho. Porém, se você recebe um aumento inferior ao ponto de referência, você considera ter tido uma perda; ii) *Sensibilidade decrescente* – em termos financeiros, um exemplo seria: a percepção de que a diferença subjetiva entre novecentos reais e mil reais é menor do que a diferença entre cem e duzentos reais; iii) *Aversão à perda* – seria a ponderação de um determinado evento ou valor financeiro que, quando comparados, as perdas inferem maior impacto na percepção do indivíduo do que os ganhos. Assim, uma projeção negativa (formação de expectativa negativa) de um determinado evento ou valor impacta (psicologicamente) de maneira mais acentuada do que os ganhos na tomada de decisão dos indivíduos.

Desses três princípios, resulta a figura 1:

Figura 1 – Teoria do Prospecto



Fonte: Kahneman (2011, p. 352)

A figura 1 mostra aquilo que os autores chamarão de *valor psicológico de ganhos e perdas*. Esse valor, segundo a teoria do prospecto, é a real motivação na hora de avaliar uma decisão em um cenário de risco e incerteza, diferentemente do modelo de Bernoulli que propõe que a real motivação na tomada de decisão é o estado de riqueza, ou seja, o valor financeiro final.

Como podemos observar, a figura 1 possui um ponto central neutro (ponto de referência) e dois lados: direito – representando os ganhos – e esquerdo – representando as perdas. Uma característica relevante é a sua forma de S, que representa uma sensibilidade decrescente tanto para ganhos quanto para perdas. Finalmente, a curva não é simétrica, isto é, a inclinação da função muda a partir do ponto de referência, mostrando uma reação mais acentuada para perdas do que para os ganhos – essa inclinação explica a aversão à perda.

Para melhor explicar a aversão à perda, Kahneman (2011, p. 353) propõe dois experimentos em situações distintas: i) com escolhas mistas, isto é, uma escolha onde há uma oportunidade de ganho e um risco de perda, e; ii) uma escolha diante de uma situação muito ruim.

Vejamos a seguinte situação de escolha mista, proposta pelo autor em um desses experimentos (uma aposta simples na moeda); se a moeda der coroa, o apostador perde cem dólares, se a moeda der cara, o apostador ganha 150 dólares. Pergunta-se: essa aposta parece atraente? Você aceitaria?

Segundo o autor, ao avaliar essa aposta, o indivíduo normalmente ponderará sobre o benefício psicológico de ganhar 150 dólares contra o custo psicológico de perder cem dólares. E mesmo essa aposta apresentando um valor esperado positivo (o indivíduo pode ganhar mais do que perder), ela, para a maioria das pessoas, não parece ser atraente.

Esse experimento, segundo Kahneman, foi aplicado por diversas vezes e em inúmeras observações a constatação foi que a não aceitação dessa aposta deriva da intensidade do medo que as pessoas sentem, pois perder 100 dólares é maior do que a esperança de ganhar 150 dólares. De modo que a conclusão é de que as perdas têm impacto psicológico maior do que os ganhos, logo, as pessoas tendem a ser avessas a perdas.

Outra situação interessante trazida por Kahneman e Tversky (1979) refere-se à extensão da aversão à perda. Para isso, propõem a seguinte situação: em uma condição de escolha, qual o menor ganho de que necessito para equilibrar uma chance igual de perder cem dólares? O resultado de diversos experimentos mostra que a maioria dos indivíduos necessita de mais ou menos o dobro, ou seja, o ganho deveria ser de duzentos dólares, ou mais, para “valer a pena” entrar nessa aposta. Partindo dessa observação, os autores estimaram a razão da aversão à perda em 2,25.

Entretanto, em outro trabalho, Kahneman e Novemsky (2005) chegaram à conclusão, após a observação do resultado de diversos experimentos, de que a aversão à perda se situa entre 1,5 e 2,5; isso porque como algumas pessoas são mais avessas a perdas do que outras, a subjetividade individual de cada um faz com que pessoas diferentes avaliem de forma distinta as mesmas situações. Um gestor de fundo de ações, por exemplo, que atua com recursos de terceiros, costuma ser mais tolerante a perdas do que um investidor que atua com seus próprios recursos. No entanto, essa afirmativa não é regra. Um gestor de um fundo de ações que não está indo muito bem, com medo de perder seu emprego, pode apresentar uma aversão maior à perda do que um investidor impetuoso, por exemplo.

Agora, vejamos a seguinte situação proposta por Kahneman para escolhas em situações muito ruins: foi pedido aos avaliados que considerassem uma aposta do tipo 50-

50, na qual se pode perder 10 dólares. Perguntou-se: qual o menor ganho que torna a aposta atraente? As respostas e as conclusões alcançadas para essa pergunta foram variadas. Algumas pessoas responderam 10 dólares, logo poderiam ser consideradas como indivíduos indiferentes ao risco. Outras responderam um valor inferior, logo são pessoas que buscam pelo risco. Houve ainda outros indivíduos que citaram um valor superior, ou seja, são avessas ao risco. Porém, e se a perda fosse 500 dólares? Ou ainda, se fosse 2000 dólares? Qual o ganho que recompensa essa aposta?

As respostas observadas em diversos experimentos levaram à seguinte conclusão: o coeficiente de aversão à perda tende a aumentar quando as apostas são altas, mas não drasticamente altas que possam fazer a aposta ser inviável. Algumas situações podem gerar aversões a perdas tão altas que tentem ao infinito, ou seja, *“há riscos que você não vai aceitar, independentemente de quantos milhões possa se candidatar a ganhar se tiver sorte⁷⁵”*.

A conclusão alcançada, portanto, foi:

Em apostas mistas, onde tanto um ganho como uma perda são possíveis, a aversão à perda provoca escolhas extremamente avessas ao risco. Em escolhas ruins, onde uma perda segura é comparada a uma perda maior que é meramente possível, a sensibilidade decrescente causa a atração pelo risco. (KAHNEMAN, 2011, p. 354).

Desse modo, a explicação da figura 1 se faz clara. Em casos de escolha mista, que envolvem ganhos e perdas, as perdas causam maior impacto no processo decisório, visto que exerce um impacto psicológico maior nos indivíduos do que os ganhos. Esse conceito fica claro quando observamos as inclinações da função de valor para perdas e ganhos. Entretanto, em casos de escolhas muito ruins, a sensibilidade decrescente (flexão da curva valor) gera uma atração pelo risco.

⁷⁵ Kahneman, 2011, p. 354

De modo geral, as ideias centrais da teoria do prospecto são a utilização do ponto de referência em processos de julgamento e que, em situações que envolvem risco e incerteza, o ponto de referência pode levar ao viés comportamental “aversão à perda”, pois o comportamento avesso à perda é orgânico, faz parte da subjetividade humana. E, dependendo da situação de escolha em que o indivíduo se encontra, sua aversão será maior ou menor.

De fato, após a leitura da teoria do prospecto, concluímos que a aversão à perda não é um fato consumado, isto é, não é um evento concreto, mas sim uma percepção, de modo que poderíamos dizer que a aversão à perda deriva de uma formação de expectativa negativa. Em um mercado acionário, uma comparação entre o preço efetivo (preço de mercado) e a expectativa de preços, de um determinado ativo, pode levar a aversão à perda.

Destarte, partindo dessa afirmativa, no modelo elaborado e descrito no capítulo subsequente, buscaremos retratar como a aversão à perda, oriunda de uma expectativa de preço negativa, impacta no mercado acionário como um todo. Em uma situação que envolve risco e incerteza – como é o caso do mercado acionário – um preço de mercado inferior ao preço esperado sinaliza uma perda para o agente que está posicionado nesse mercado, isto é, para agentes que possuem esse ativo em suas carteiras. De modo equivalente, se o preço de mercado for maior que sua expectativa de preço, o agente considerará um ganho.

CAPITULO 3

MODELO DE AGENTE APLICADO AO MERCADO ACIONÁRIO E O VIÉS COMPORTAMENTAL NO PROCESSO DECISÓRIO

Diversos e diferentes pensadores, pesquisadores, cientistas com suas publicações, conceitos, premissas, preceitos e teorias buscaram, em diferentes épocas e de diferentes maneiras, responder a distintas questões sobre o comportamento e o pensamento humano, tais quais: Como o indivíduo toma decisões? Quais os parâmetros que norteiam essas decisões? Tais decisões podem ser previstas? Quais os impactos que essas decisões exercem sobre a esfera econômica, política e social?

Essa curiosidade, intrínseca à raça humana – em se conhecer, se entender e, assim, poder prever acontecimento futuros e mitigar a incerteza do porvir – fez as ciências exatas e humanas se ramificarem em inúmeras disciplinas e se dedicarem a múltiplos objetos de pesquisa na busca por responder tais questões.

Dentre as inúmeras respostas – às questões supracitadas – que surgiram ao longo da evolução do pensamento econômico e financeiro, a Hipótese dos Mercados Eficientes (HME), representa uma frente clássica em finanças na busca por responder como o comportamento dos agentes (isto é, suas decisões e escolhas) refletem no mercado financeiro como um todo.

Tendo por base os trabalhos de Markowitz (1952), Sharpe (1964) e Fama (1970), a HME traz em seu âmago dois pressupostos fundamentais. O primeiro diz respeito à característica do agente e do seu processo decisório – que se fundamenta através da teoria econômica neoclássica (modelo padrão de comportamento), onde os agentes são vistos como sendo racionais e maximizadores de utilidade. O segundo diz respeito à eficiência do mercado – onde os preços dos ativos refletem toda e qualquer informação que esteja disponível no mercado, inclusive as informações relativas ao valor fundamental das

ações, sendo as informações acessíveis a todos os agentes de maneira simétrica. Assim, os agentes que transacionam no mercado acionário ou de capitais não poderiam obter taxa de retorno acima da média do mercado, visto que todos detêm as mesmas informações e buscam atingir o mesmo objetivo: maximizar sua utilidade (capital investido). Desta maneira, em um mercado funcionando em acordo com a HME, as bolhas, crises no sistema financeiro, movimentos especulativos, excesso de volatilidade dos preços e do volume dos ativos negociados, curtose, assimetria, distanciamento do preço de sua média histórica, entre outras anomalias, não seriam movimentos plausíveis no mercado financeiro.

Contrapondo-se às premissas econômicas da racionalidade dos agentes e à HME (mercados completamente simétricos), a economia e finanças comportamentais vêm pesquisando e publicando diversos trabalhos que demonstram como a subjetividade humana influencia na tomada de decisão, causando impactos diretos no mercado financeiro.

Desta forma, por meio da técnica de modelagem baseada em agentes, a pesquisa propõe analisar o resultado da interação de agentes heterogêneos, detentores de viés comportamental – de acordo com os estudos explorados pela economia e finanças comportamentais – em um ambiente acionário artificial.

Sendo assim, perguntamos: se acrescentarmos o viés comportamental “aversão à perda” nos investidores, observaremos alguma volatilidade adicional no mercado, no longo prazo? Em um ambiente financeiro artificial, se inserirmos agentes heterogêneos, com diferentes níveis de “aversão à perda”, em diferentes períodos, observaremos algum efeito adicional em termos de volatilidade, assimetria, curtose, isto é, em seus coeficientes de tendência central e de variabilidade?

Para que sejam respondidas ambas as questões, faremos uso do modelo de agentes: “*Agent-Based Models*”. Segundo Macal e North (2010), o modelo de agente é um método analítico relativamente recente, extremamente útil para os estudos de sistemas complexos, composto de agentes autônomos que interagem uns com os outros. No modelo baseado em agentes, estes podem ser homogêneos ou heterogêneos e podem possuir diferentes características comportamentais. Como resultado, os padrões, estruturas e comportamento emergentes surgem da interação entre os agentes e o ambiente onde estão inseridos.

Segundo LeBaron (2005), os mercados financeiros são atraentes para aplicação dos “*Agent-Based Models*” por várias razões, mas principalmente porque diversos debates em economia e finanças – relacionados à racionalidade dos agentes econômicos e à eficiência dos mercados – são bastante controversos entre os pesquisadores. Sendo assim, os modelos computacionais ajudam a melhor interpretar a realidade, pois levam em consideração fatores importantes, como a subjetividade humana (caracterizada neste trabalho pela aversão à perda).

Dentre as diversas possibilidades que o modelo de agentes nos oferece, encontra-se o uso de ambientes simulados que nos permite testar algumas premissas da teoria econômica e financeira – como por exemplo, a racionalidade neoclássica *vs* a subjetividade humana em tomadas de decisões e o impacto que os vieses comportamentais podem causar no mercado acionário como um todo.

Atualmente, existem alguns estudos que utilizaram o modelo de agentes, para observar o impacto dos vieses comportamentais dos investidores no mercado financeiro. Dentre esses trabalhos, podemos citar: Takahashi e Terano (2003), Lovric (2011) e Bertella *et al.* (2014). Entretanto, apesar desses trabalhos focalizarem o mesmo objeto de estudo – a saber: mercado financeiro – suas abordagens são distintas entre si, e também

da que propomos, visto que Takahashi e Terano (2003) utilizaram o modelo de correção de Bayes para explicar sua análise, enquanto o modelo de Lovric (2011) busca fazer uma releitura do modelo proposto por Levy, Levy e Solomon (2000); já Bertella *et al.* (2014) introduzem o elemento “excesso de confiança” utilizando uma versão simplificada do modelo financeiro artificial de Santa Fé.

Nesse sentido, o presente capítulo tem como objetivo a criação de um mercado acionário artificial, onde se fazem presentes multiagentes com diferentes características comportamentais e que parametrizam suas decisões de investimento de maneira distinta.

Para que possamos verificar o comportamento do agente que possui o viés “aversão à perda” e o impacto de suas decisões de investimento no mercado acionário como um todo, executaremos alguns experimentos e observaremos os resultados através da análise de estatística descritivas e de gráficos.

Em um primeiro experimento, consideraremos o mercado acionários como sendo composto por agentes que operam por premissas neoclássicas, isto é, tomam decisões baseados em uma função utilidade tradicional e, portanto, não possuem vieses de comportamento; a eles daremos o nome de “Agentes Fundamentalistas”. Já, em um segundo experimento, incluiremos no mercado acionário agentes que possuem viés comportamental (aversão à perda); a esses daremos o nome de “Agentes Grafistas”.

As simulações computacionais serão executadas em software livre *Netlogo*, baseado na linguagem *Logo*, cujo ambiente de simulação está associado a sistemas complexos co-evolucionários. Essa plataforma é extremamente útil para o desenvolvimento, uso e distribuição de simulações baseadas em agentes.

Desta forma, na primeira seção, apresentaremos uma síntese da fundamentação metodológica que utilizamos no desenvolvimento do modelo. Na seção posterior, apresentaremos o modelo, propriamente dito, e sua composição: i) a estrutura do modelo;

ii) as equações do modelo e; iii) dados iniciais. Em seguida apresentaremos os resultados encontrados.

3.1 Fundamentação metodológica para *Agent-based Models*

A elaboração deste trabalho está baseada no desenvolvimento matemático e computacional da *Teoria de Sistemas Complexos* – e sua aplicação no mercado financeiro e de capitais, mediante simulação baseada no comportamento dos agentes (*Agent-based Models*), bem como nos *Modelos de Precificação de Ativos Financeiros (MPAF)* – *Dividend Yield* e *Modelo de Gordon* – que buscam fornecer aos agentes uma “projeção” de crescimento dos dividendos e dos preços dos ativos de risco operados no mercado acionário. Assim, os MPAF oferecem aos agentes uma ferramenta útil na hora de formar expectativas quanto a preço e dividendos, logo, é instrumento importante que auxilia os agentes na tomada de decisão de investimento.

De acordo com Tesfatsion (2002), os modelos de agentes podem ser definidos como sendo o estudo de processos econômicos modelados como sistemas dinâmicos onde os agentes atuam conjuntamente.

Desta maneira, devido ao recente desenvolvimento da linguagem computacional, torna-se cada vez mais viável testar e analisar o comportamento de agentes autônomos, mediante a utilização de algoritmos que determinam ações tomadas por cada agente em determinado período de tempo e ambiente, sendo que essas ações são caracterizadas pela busca da maximização da utilidade de cada agente – sempre sujeitas a restrições pressupostas. (LEBARON, 2006).

Assim, com relação a simulações computacionais baseadas em agentes (*Agent-based Models*), alguns modelos são considerados como referência no desenvolvimento de mercados financeiros artificiais. Abaixo, faremos um epítome de alguns modelos já desenvolvidos nas últimas duas décadas e que, de alguma maneira, foram usados no

desenvolvimento do modelo que apresentaremos na secção 3.2. No entanto, não detalharemos cada modelo, haja vista que nossa intenção com esse tópico é somente dar uma fundamentação ao nosso modelo.

Destarte, temos:

I) Levy, Levy e Solomon (1994)

O modelo de micro simulação de Levy, Levy e Solomon (1994) foi um dos primeiros *Agent-Based Models* aplicados ao mercado financeiro. Posteriormente tratado por Zschischang e Lux (2001), este modelo tem como principais características o comportamento dos agentes e suas estratégias de negociação. Nesse mercado é transacionado um único ativo financeiro e os agentes são caracterizados de maneira relativamente homogênea, possuem diferentes graus de aversão ao risco e amplitude de memória (formação de séries de tempo). As operações (decisão de compra e venda) são realizadas usando como parâmetro uma função utilidade, que busca a maximização através da comparação entre uma taxa de juros de um ativo livre de risco e a rentabilidade esperada do ativo de risco e seus preços passados. O preço corrente (ou preço de mercado) é atualizado a cada período de tempo e processado segundo uma função de oferta e demanda. Por ter uma grande dependência dos fatores iniciais, esse modelo não representa o mercado real, mas é muito significativo para generalização em estudo de ciclos econômicos, formação de bolhas de mercado e oscilação de preços.

II) Modelo de expectativas adaptativas

A principal proposta desse modelo é verificar a diferença de comportamento entre agentes. Apresentado por Brock e Hommes (1998)

esse modelo apresenta um mercado financeiro artificial dinâmico, não linear e com diferentes tipos de agentes. Esses (agentes) são agrupados segundo sua formação de expectativa – a saber: fundamentalista, técnico e de ruído. Um fator importante desse modelo é que os agentes não são predeterminados segundo suas estratégias de negociação, logo, podem migrar de uma estratégia para outra dependendo de sua formação de expectativas, que pode ser qualificada como otimista ou pessimista.

III) Modelo de pontos de crises

A contribuição mais importante desse modelo diz respeito à identificação prévia de pontos de crise que podem se propagar por todo mercado financeiro.

Proposto por Johansen, Ledoit e Sornette (2000), a elaboração deste modelo parte da teoria da expectativa racional para explicar as crises nos mercados financeiros. No que tange à formação desse mercado artificial, uma das principais características diz respeito ao comportamento dos agentes e como os mercados reagem a tal comportamento. Nesse modelo, há somente um tipo de agente: “agente de ruído”, que detém riqueza limitada e forma suas expectativas levando em consideração a tendência de preços e um fator de propagação. O cerne da formação de expectativa desse agente de ruído está na presença do fator de propagação, que busca mostrar como a decisão de um agente influencia a decisão do outro. Assim, se um agente entra em “pânico” o fator de propagação se torna alto. Replicando esse comportamento de maneira acelerada, identifica-se “bolhas especulativas” e quedas abruptas de preço.

IV) Modelo de Simulação Estocástica

O objetivo desse modelo é se aproximar de um mercado de “leilão” de preço único. Com isso, o modelo busca identificar uma relação ente os resultados obtidos através de suas séries temporais e propriedades de mercados reais. Tratado inicialmente por Chen *et al* (2001), esse modelo tem um enfoque não linear, onde os preços são determinados pela ação de um agente formador de mercado (*market maker*), cujo comportamento está atrelado a um processo estocástico. A essência desse modelo está no comportamento dos agentes e sua interação no mercado financeiro. Nesse mercado há dois tipos de agentes (fundamentalistas e agentes de ruído) que são agrupados de acordo com suas estratégias de negociação. A decisão de operação (compra e venda) se norteia pela tendência de preços e por um fator auxiliar denominado “influência das notícias”, que afetam a formação de expectativas dos agentes. As notícias, classificadas como otimistas ou pessimistas, chegam ao mercado através de uma distribuição de Poisson⁷⁶. Assim, dependendo de sua sensibilidade, os agentes, podem ser afetados por essas informações exógenas (de mercado).

V) *Modelo de mercado baseado em agentes heterogêneos*

Chiarella e Iori (2002) foram os primeiros a apresentar esse modelo. Uma de suas características principais é a presença de agentes heterogêneos. Assim como os agentes tratados em outros modelos, o agente, aqui apresentado, também é classificado conforme sua estratégia de negociação. Esse modelo apresenta três diferentes tipos de agentes: fundamentalistas, técnicos e agentes de ruído.

⁷⁶ Segundo a teoria estatística de probabilidade, a distribuição de Poisson é uma distribuição de probabilidade de variáveis aleatórias discretas que expressa a probabilidade de ocorrência de uma série de eventos, em um determinado período de tempo – sendo a ocorrência de cada um desses eventos independentes da ocorrência do evento imediatamente anterior.

Com relação à formação de expectativa dos agentes, duas características globais a serem consideradas pelos agentes são o valor fundamental do ativo (preço futuro) e o preço de mercado do ativo. As operações (compra e venda) são realizadas através da seguinte estratégia: caso o valor fundamental seja superior ao preço de mercado, o agente compra; caso contrário, ou seja, o valor fundamental seja inferior ao preço de mercado, os agentes vendem suas posições.

A formação de preço desse mercado é definida através de uma função de compra e venda. Essas (operações) são gravadas em uma espécie de “livro de oferta⁷⁷” assim, caso haja uma coincidência entre oferta de compra e de venda, a transação é executada e o preço é ajustado. Não havendo paridade entre oferta e demanda da ação, o preço passa a ser ajustado segundo um valor médio de oferta e demanda. Esse modelo é muito utilizado como base para outros modelos, principalmente porque pode ser replicado utilizando séries de tempo de mercados reais.

No ano de 2009, Yamamoto e LeBaron também se valeram desse modelo e aplicaram melhorias. Foi adicionada pelos autores a possibilidade de fracionar as ordens de compra e venda, ou seja, os agentes passam a poder incluir múltiplas ordens de compra que se executará conforme o preço de mercado for se ajustando. Essa alteração possibilitou aos agentes uma maior otimização de suas carteiras de ativos. Tal modificação representou um grande avanço para o *Agent-Based Model* já que aproximou ainda mais o mercado financeiro artificial do mercado financeiro real.

⁷⁷ Livro de oferta ou “*book sell and buy*” é um termo usado no mercado financeiro. Nesse local podem ser vistas todas as ofertas de compra e de venda de um determinado ativo. Essa ferramenta normalmente é encontrada nas plataformas de negociação de Bolsa de Valores. No Brasil, a plataforma utilizada pela Bovespa chama-se Mega Bolsa e é restrita aos analistas e “*traders*” autorizados.

VI) Grande jogo minoritário canônico

Apresentado por Hart, Lamper e Johnson (2002), esse modelo combina o conceito de jogos minoritários tratado por Arthur (1994) e Challet e Zhang (1997) com o modelo de crises de Sornette e Johansen (1997). Assim como os jogos minoritários simples, nesse modelo há dois tipos de agentes (majoritários e minoritários) cuja distinção, entre ambos, está na amplitude de memória (quantidade de dados históricos utilizados como parâmetro) e na estratégia propriamente dita. A inovação desse modelo está na utilização de uma regra de transação que torna possível aos agentes ignorar informações irrelevantes do passado e/ou dar maior valor a determinados fatos. A contribuição mais importante desse modelo é que com ele é possível modelar os “possíveis estados” do mercado financeiro, como por exemplo, modelar mercados com possíveis “crises”. Assim, esse seria um mecanismo apropriado para estudar os movimentos de mercado caso haja formação de bolhas ou quedas abruptas de preços nos mercados.

VII) Modelo de jogos mistos baseados em agentes

Desenvolvidos por Gou (2006a; 2006b; 2007; 2008), esse modelo, parte do trabalho desenvolvido por Arthur (1994) e Challet e Zhang (1997) em jogos minoritários. O objetivo fundamental desse modelo é criar um mercado artificial com dois tipos de agentes (majoritários e minoritários). A diferença entre ambos os agentes é a amplitude de memória e a dimensão da matriz de estratégia – a matriz de decisão é formada aleatoriamente. O preço de mercado se fixa mediante excessos de demanda. Porém, ao modificar a amplitude da memória e a estratégia de

formação de preços, altera-se a série de preços resultante, o que permite que esse modelo seja replicado em mercados financeiros reais.

Os modelos de agentes supracitados são alguns dos muitos trabalhos que utilizam sistemas computacionais para o desenvolvimento de experimentos que buscam estudar o comportamento dos agentes e dos mercados financeiros e de capitais. Entretanto, o modelo que se fez mais importante e que foi usado como base para o desenvolvimento do modelo que propomos é o *Mercado Financeiro Artificial de Santa Fé*, que trataremos de forma geral na próxima subseção. Ademais, nas subseções seguintes, traremos alguns aspectos dos *Modelos de Precificação de Ativos Financeiros* (a saber: *Dividend Yield* e *Modelo de Gordon*).

3.1.1 Mercado financeiro artificial de Santa Fé

O mercado financeiro artificial de Santa Fé ou SF-ASM⁷⁸ – da sigla em inglês – foi um dos primeiros e mais completos mercados artificiais já criados. Esse modelo foi desenhado por um grupo de pesquisadores de diferentes áreas do Instituto de Santa Fé em resposta a uma controvérsia travada entre eles, sobre a racionalidade dos agentes que operam no mercado financeiro. Assim, para verificar o comportamento dos investidores, foi proposta a criação de um ambiente artificial composto por agentes inteligentes a fim de verificar se esses convergiram ou não a um equilíbrio de expectativa racional homogênea (EHRENTREICH, 2008).

O modelo, propriamente dito, conta com a presença de 25 agentes com múltiplas estratégias de escolhas que podem evoluir com o tempo conforme “experiência adquirida”. Desta forma, os agentes, ao longo do tempo, devem escolher entre duas opções de investimento, a saber: devem escolher entre um ativo de risco e um ativo livre

⁷⁸ *Santa Fe Artificial Stock Market*

de risco. Existem também nesse modelo duas estratégias que podem ser utilizadas pelos agentes: fundamentalistas ou grafista. No entanto, não há nesse modelo um agente que opera exclusivamente segundo uma determinada estratégia, ou seja, ao longo do tempo os agentes podem trocar de estratégia – ora operando conforme estratégia fundamentalista, ora operando conforme estratégia grafista.

A tomada de decisão de investimento tem por base uma função utilidade caracterizada pela aversão absoluta e constante ao risco e pela busca da maximização de sua riqueza.

Sobre as estratégias utilizadas pelos agentes na tomada de decisão, essas são formuladas da seguinte maneira: i) Estratégia Grafista – é baseada em prognóstico, podendo ser pautada em diferentes metodologias (preço médio, preços médios simples, séries de tempo, etc.), e; ii) Estratégia Fundamentalista – baseia-se em valores fundamentais; assim, sua formação de expectativa quanto ao valor futuro dos ativos está diretamente ligada aos valores dos dividendos.

Ambos os critérios são considerados na formação de uma “matriz” de decisão que evoluirá ao longo das simulações. Os preços de mercado se ajustam em cada período de tempo de acordo com a oferta e a demanda – considerando um número finito de ações no mercado artificial. Portanto, o funcionamento do mercado corresponde ao comportamento de uma série de agentes, que aprendem e evoluem suas estratégias e prognósticos ao longo do tempo, com níveis de preço e volatilidade distintos, conforme parâmetros estabelecidos, fazendo com que haja mercados de funcionamentos específicos (distintos). (LEBARON, ARTHUR *et al.*, 1999).

Desde a criação do SF-ASM, várias modificações já foram implementadas, dando para esse modelo maior sofisticação para a racionalidade dos agentes (TAY e LINN, 2001). Conforme sugerido por LeBaron (2002a), é possível, partindo do modelo SF-

ASM, realizar “calibrações” para interpretação econômica de diferentes mercados financeiros.

3.1.2 Política de dividendos e *Dividend Yield*

Elaborar estratégias de aplicações financeiras (ou investimento em ativos financeiros) que superem índices de mercado (*benchmarks*) é um dos objetivos dos Modelos de Precificação de Ativos Financeiro (MPAF) ou “*Stock Valuations Models*”, como são comumente chamados no mercado financeiro. Esses modelos – comumente utilizados nesse mercado – são utilizados na formação de portfólios com objetivo de identificar falhas de mercado na precificação dos ativos financeiros. Assim, ao identificar a má precificação dos ativos, os agentes poderão eliminar ou incorporar (*ex-antes*), ativos que são identificados como *sobre* ou *subavaliados* pelo mercado. Com isso, poderão (os agentes) auferir ganhos acima dos índices de mercado.

Dentre as diversas estratégias abordadas no MPAF – utilizadas tanto por analistas de mercado quanto por agentes operantes (investidores) – encontra-se a estratégia de precificação via taxa de retorno em dividendos por ação ou *Dividend Yield* (também conhecido como *cash yield* ou *cash dividend yield*).

Para que possamos entender o motivo da utilização do *dividend yield* na formulação do “dividendo futuro” no modelo que propomos (detalhado na subseção 3.2), mesmo não sendo o foco do nosso trabalho fornecer detalhes metodológicos e fundamentais a despeito dos MPAF, se faz importante explicar como se constitui uma política de pagamento de dividendos.

Segundo Gitman (1997), a formulação de uma política de dividendos deve objetivar os seguintes aspectos: i) maximização da riqueza do investidor⁷⁹; ii) fornecer ao investidor uma opção de alavancagem (financiamento). Deste modo, são elaboradas três

⁷⁹ Para Gitman, o investidor pode ser considerado tanto pessoa física quanto pessoa jurídica.

políticas de distribuição de dividendos, sendo elas: i) *política de dividendos com coeficiente de distribuição constante*: a empresa oferece, aos acionistas, um percentual do lucro; ii) *política de dividendos regular*: os dividendos são pagos em períodos pré-fixados e pagos em períodos predeterminados; iii) *políticas de dividendos regular baixa*: funciona da mesma maneira da anterior, porém o percentual a ser pago é baixo.

De acordo com Litner (1956), as três políticas supracitadas não provêm a necessidade de previsibilidade dos agentes. Segundo o autor, se uma empresa define o índice de dividendos a ser pago no período posterior, utilizando uma proporção constante do lucro a ser auferido, essa empresa teria que alterar o dividendo a ser pago sempre que a taxa de lucro oscilasse. Tal comportamento não se sustenta no mercado (não é bem visto por gestores, acionistas, bancos, etc.), haja vista que os agentes tendem a preferir uma progressão constante do dividendo. Assim, a previsibilidade de rentabilidade se torna mais factível. Independentemente do crescimento do lucro, somente parte desse lucro deve ser repassada aos acionistas em forma de dividendo, de modo que o lucro restante fique na empresa e seja incorporado ao caixa para futuros investimentos. Nesse sentido, o autor aponta que a projeção dos dividendos não depende, exclusivamente, dos lucros auferidos pelas empresas, mas dependem, em grande parte, dos dividendos passados, que devem ser utilizados como referência na elaboração de políticas de pagamentos de dividendos futuros.

- *Dividend Yield*

Dentre as diversas estratégias já elaboradas e utilizadas pelo mercado financeiro – desde a publicação de Graham e Dodd na década de 1930⁸⁰ – encontra-se a escolha de

⁸⁰ Benjamin Graham e David Dodd, foram professores da *Columbia Business School*, cujo objetivo de estudo, desde a década de 1930 – mais precisamente 1934, data da publicação do livro *Security Analysis* – foi o estudo do chamado “*value investing*”. Esses autores foram, e ainda são, muito estudados por especialistas, analistas e profissionais do mercado financeiro, principalmente em Wall Street, por trazerem no âmago de suas pesquisas estratégias de ganhos em mercados especulativos.

investimento em ativos por meio das taxas de retornos em dividendos de uma ação, o chamado *Dividend Yield*.

O cálculo do *dividend yield* é simples. É calculado tendo no numerador o dividendo esperado (pago por ação) e no denominador o preço atual da ação. Assim, se a projeção de dividendo futuro é R\$ 0,52, por ação e a ação custa R\$ 33,10 o *Yield* (rendimento, ou taxa de retorno) seria 1,57%.

Essa projeção de dividendo pode estar enquadrada em qualquer uma das três políticas de pagamento de dividendos que expusemos acima.

Entretanto, para que a projeção do *dividend yield* possa ser utilizada no Modelo de Gordon, que trataremos abaixo, consideraremos uma *política de pagamento regular*. Essa ideia de pagamento regular do dividendo e a ideia de um crescimento perpétuo na taxa de crescimento dos dividendos, são parte essencial no entendimento do modelo que proporemos na seção 3.2.

3.1.3 Análise Fundamentalista e o Modelo de Gordon

No mercado acionário, existem duas grandes vertentes de análise que busca estimar o preço futuro dos ativos financeiros comercializados no mercado financeiro. São elas: i) análise fundamentalista e; ii) análise gráfica, também conhecida como análise técnica.

Com relação à análise fundamentalista, essa costuma se caracterizar pela utilização de ferramentas sólidas – tais quais: previsão de lucro estimado das empresas e os modelos de desconto de dividendos – para precificar ativos financeiros.

A análise fundamentalista ganhou grande destaque e se tornou muito popular entre os especialistas, analistas e gestores do mercado financeiros com a publicação em 1934, de “*Security Analysis*” de Benjamin Graham e David Dodd. Nesse livro, os autores apresentam diversas ferramentas de análise, escolha de investimento e formação de

carteira e portfólio, utilizando para isso os demonstrativos contábeis, análise econômico-financeira e expectativa de lucro das empresas listadas no mercado de capitais. Partindo dessa análise, segundo os autores, é possível determinar, de maneira consistente, o “preço justo” ou “valor fundamental” dos ativos de uma companhia.

Deste modo, a pergunta a ser respondida pela análise fundamentalista é: É viável tomar a decisão de compra de uma ação quando seu preço de mercado está abaixo do seu valor fundamental, isto é, do seu preço justo? Do mesmo modo, se questiona: É vantajoso vender uma ação quando seu preço de mercado está acima do seu valor fundamental?

De acordo com Brum (2006), a análise fundamentalista acredita que exista uma correlação entre o valor intrínseco⁸¹ de uma ação e seu preço de mercado. Assim, dentre os diversos modelos de precificação de ativos, que são trabalhados pelos fundamentalistas, encontra-se o modelo de precificação via dividendos. Conforme Damodaran (1999), existem três tipos de abordagem próprias para a precificação dos ativos, sendo essas: i) *precificação por avaliação do fluxo de caixa descontado* – relaciona o valor do ativo com o valor corrente do fluxo de caixa esperado desse ativos; ii) *precificação via avaliação relativa* – estima o valor de um determinado ativo comparando-o com uma variável comum (como lucro, fluxo de caixa, vendas, etc) ; iii) *precificação pela avaliação do crescimento dos dividendos* – essa é derivada da análise do fluxo de caixa descontado, ou Modelo de Gordon.

- Modelo de Gordon

De acordo com Domadaran (1999), o modelo de crescimento de Gordon tem como objetivo encontrar o valor futuro de uma determinada ação. Para isso, ele apresenta uma

⁸¹ O valor intrínseco de uma ação é representado pela avaliação patrimonial da empresa, sua posição no setor de atuação, intensidade de concorrência e existência de produtos ou serviços alternativos, grau de atualização tecnológica do empreendimento, nível de intervenção estatal na sua área de atuação, programa de investimento, política de distribuição de lucro e pelo cálculo do valor presente dos lucros futuros estimados.

relação entre o preço da ação e seus dividendos futuros esperados, taxa mínima de retorno exigida por aquela ação e a taxa de crescimento esperado dos dividendos.

Assim, segundo o modelo de Gordon, temos:

$$E(p_t) = \frac{E(d_t)}{r - g}$$

onde:

$E(p_t)$: expectativa de preço futuro;

$E(d_t)$: dividendo esperado para daqui a um ano;

r : taxa mínima de retorno exigida pelo investidor;

g : taxa de crescimento perpétua dos dividendos.

Dado que se espera que a taxa de crescimento dos dividendos seja perpétua, considera-se, também, que as outras taxas da empresa, como por exemplo o lucro, cresça à mesma taxa.

3.2 O mercado acionário artificial

Feitas as considerações iniciais, passaremos a elaborar o modelo de agentes. O mercado acionário artificial aqui criado tem uma estrutura comum aos modelos de agentes supracitados⁸². Ele será constituído tendo como base as seguintes premissas:

- O mercado é composto por 100 agentes, divididos entre fundamentalistas e grafistas.
- Os agentes não podem migrar de estratégia, ou seja, o número de agentes que opera seguindo uma estratégia ou outra é predeterminado.
- Os agentes grafistas são segmentados de três formas distintas conforme sua formação de expectativa, comprimento de memória e aversão a perdas. Assim, dentro

⁸² É importante ressaltar que o mercado acionário aqui criado tem formação similar a do *Santa Fe Stock Market*, também utilizado nos trabalhos de Pires (2012) e Bertella *et al* (2014), diferenciando-se na formação de expectativas dos agentes, valores de determinados parâmetros e na inclusão de memória e subjetividade decisória do agente grafista. É inovador ao propor, nesse modelo, a inclusão do viés comportamental “aversão à perda”.

desse grupo (grafistas) haverá três “tipos” de agentes que poderão ser definidos arbitrariamente como Grafista_x, Grafista_y e Grafista_z⁸³.

- Todos os agentes poderão escolher entre duas opções de investimento; i) ativo de risco (ação), que paga um dividendo estocástico d , e; ii) ativo livre de risco que é remunerado por uma taxa de juros r .

- O tempo é discreto e indexado por t e o horizonte de tempo⁸⁴ aqui utilizado foi de 520 unidades de tempo.

3.2.1 Funcionamento do mercado acionário artificial

As variáveis dividendo, preço, demanda e recurso financeiro, são variáveis globais, acessíveis a todos os agentes presentes no mercado. Assim, a estrutura do mercado acionário se apresenta.

Dividendo

O dividendo corrente, pago por ação em cada período de tempo, é gerado por um processo estocástico exógeno idêntico aos trabalhos de Arthur *et al.* (1997), LeBaron *et al.* (1999), Pires (2012) e Bertella *et al.* (2014).

$$d_t = \bar{d} + \rho \cdot (d_{t-1} - \bar{d}) + \varepsilon_t , \quad (01)$$

onde:

d_t : dividendo corrente;

\bar{d} : dividendo inicial;

d_{t-1} : dividendo do período anterior;

ε_t : possui distribuição normal com média 0 e variância finita σ^2 e $0 < \rho < 1$

⁸³ A definição de memória e aversão a perda, que distingue os agentes, será apresentada no subcapítulo “Formação de expectativa do agente grafista”.

⁸⁴ A escolha por 520t foi feita levando-se em consideração que um ano útil tem em torno de 260 dias, portanto, um período de 520 dias equivale a dois anos uteis, o que nos permite uma análise de longo prazo.

Preço

O preço corrente da ação no período t é dado pelo excesso de demanda/oferta no mercado. De acordo com o trabalho de Farmer e Joshi (2002), Pires (2012) e Bertella *et al.* (2014), o ajuste do preço é derivado pela seguinte equação:

$$p_t = p_{t-1} e^{\frac{C_t - V_t}{\beta}}, \quad (02)$$

Onde:

C_t : quantidade total de ordem de compra do agente i no tempo t ;

V_t : quantidade total de ordem de venda do agente i no tempo t ;

β : representa um fator que amortece as flutuações de mercado.

Taxa de retorno do ativo de risco

Para analisarmos o movimento do mercado, será criada uma taxa de retorno, idêntica à utilizada em outros mercados artificiais. Essa será composta por dois elementos fundamentais, a saber: i) ganhos de capital – onde o preço da ação é apurado através do confronto entre oferta e demanda de ações de todos os agentes que ali operam; ii) dividendos – apurados conforme equação (1).

Deste modo,

$$\varphi = \frac{p_t - p_{t-1} + d_t}{p_{t-1}}, \quad (03)$$

onde φ descreve a taxa de retorno global da do ativo de risco no período t .

Demanda e maximização da utilidade esperada do recurso financeiro dos agentes

Com relação à formação da demanda e maximização do recurso financeiro dos agentes, é importante destacar que a função utilidade do agente segue o padrão neoclássico⁸⁵, assim temos:

⁸⁵ É importante ressaltar que, inicialmente, em nosso primeiro experimento, todos os agentes são homogêneos, com uma estrutura de escolha racional neoclássica e serão classificados como agentes fundamentalistas. Posteriormente incluiremos, em nosso modelo, agentes grafistas que utilizam outros mecanismos de escolha.

$$U(W_{i,t}) = -e^{(-\lambda w_{it})} , \quad (04)$$

onde:

$W_{i,t}$: representa o recurso financeiro do agente i no tempo t ;

λ : corresponde ao nível de aversão ao risco dos agentes.

Uma das principais questões tratadas pelos agentes nesse modelo é a alocação e maximização do seu recurso financeiro e, conseqüentemente, a tomada de decisão de investimento. Assim, o portfólio de ativos do agente i em cada período de tempo t é composto por aplicações financeiras entre um ativo de risco e/ou um ativo livre de risco.

Deste modo, cada agente i terá o mesmo valor financeiro inicial W_0 . No restante do período, o recurso financeiro disponível para aplicação financeira será:

$$W_{i,t} = qd_{i,t} (p_t + d_t) + (W_{i,t-1} - p_t \cdot qd_{i,t})(1 + r) , \quad (05)$$

onde:

$W_{i,t}$: representa a quantidade de recurso financeiro de cada agente i no período t ;

$qd_{i,t}$: representa a quantidade demandada pelo agente i no período t ;

r : representa a taxa de juros que remunera o ativo livre de risco.

Assim sendo, o problema de maximização da utilidade esperada⁸⁶ do agente i será:

$$\max E[U (W_{i,t+1})] , \quad (06)$$

s.a

$$W_{i,t+1} = qd_{i,t} (p_{t+1} + d_{t+1}) + (W_{i,t} - P_t \cdot qd_{i,t})(1 + r) , \quad (07)$$

Deste modo, como resultado do problema de maximização, a quantidade ótima de ação que será demandada pelo agente i no tempo t será:

$$qd_{i,t} = \frac{E_{i,t}(p_{t+1} + d_{t+1}) - p_t \cdot (1 + r)}{\lambda \sigma^2_{i,t,p+d}} , \quad (08)$$

⁸⁶ O problema de otimização será detalhado no Apêndice.

onde, $\sigma^2_{i,t,p+d}$ é a variância percebida dos retornos⁸⁷.

Apontada a demanda ótima do agente i no tempo t , a negociação de compra e venda de ações será determinada conforme trabalho de Chen e Yeh (2001), Farmer e Joshi (2002), Pires (2012) e Bertella *et al.* (2014). Assim,

$$c_{it} = \begin{cases} qd_{i,t} - qd_{i,t-1}, & qd_{i,t} \geq qd_{i,t-1} , \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (09)$$

e

$$v_{it} = \begin{cases} qd_{i,t-1} - qd_{i,t}, & qd_{i,t} < qd_{i,t-1} , \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (10)$$

Sendo:

c_{it} : representa ordem de compra do agente i no período t ;

v_{it} : representa ordem de venda do agente i no período t .

Deste modo, a quantidade total de compra e venda será dada por:

$$C_{it} = \sum_{i=1}^N c_{it} , \quad (11)$$

$$V_{it} = \sum_{i=1}^N v_{it} , \quad (12)$$

sendo: C_{it} a quantidade total de ordens de compra e V_{it} , a quantidade total de ordem de vendas - o preço de mercado do ativo de risco (equação 2) se ajustará em termos de oferta e demanda, conforme equações 11 e 12.

⁸⁷ Para maior detalhamento, ver Apêndice.

Formação de expectativa do agente fundamentalista

Os agentes chamados fundamentalistas possuem como características cruciais a racionalidade, aversão absoluta ao risco e a busca pela maximização da utilidade de sua riqueza.

Nesse modelo, os agentes fundamentalistas formarão expectativas quanto a: i) dividendos futuros – projetada a partir do modelo de *Dividend yield*, e; ii) preço futuro – que será dada pelo modelo de Gordon.

- *Dividendos Futuros*

Partindo do *Dividend Yield* (dy), ou seja, de um índice de crescimento dos dividendos, os agentes farão uma projeção do valor futuro do dividendo. Assim:

$$E(d_{t+1}) = d_t \cdot (1 + dy) , \quad (13)$$

em que

$$dy = \frac{\alpha}{p_t} , \quad (14)$$

onde:

α é a projeção de mercado do valor mínimo que será pago em forma de dividendo por ação.

- *Preço futuro*

Usando como base o modelo de Gordon, temos que a expectativa de preço futuro ou valor fundamental será dado por:

$$dE(p_{t+1}) = \frac{d_{t+1}}{r - g} , \quad (15)$$

sendo,

r : taxa mínima de retorno exigida pelo agente – nesse modelo, essa taxa tem valor equivalente à taxa que remunera o ativo livre de risco.

g : refere-se à taxa de crescimento perpétuo dos dividendos – projetado pelo mercado.

Formação de expectativa do agente grafista

Os agentes grafistas aqui apresentados diferem-se dos agentes fundamentalistas em apenas dois pontos: i) possuem um aspecto da subjetividade humana – aqui nesse trabalho incluiremos o viés comportamental de aversão à perda (ω) em conformidade com os trabalhos de Kahneman e Tversky (1979 e 1984) e Kahneman (2011); ii) possuem comprimento de memória (m), logo, levam em consideração na formação de expectativa e na tomada de decisão, os preços passados.

Os agentes grafistas, diferentemente dos agentes fundamentalistas, formam suas expectativas somente com relação ao preço, sendo assim, não formam expectativas quanto aos dividendos, nem buscam referência em um valor fundamental das ações. Sua formação de expectativa levará em consideração uma série temporal dos preços. Deste modo, os agentes grafistas formarão suas expectativas de três maneiras distintas, conforme sua aversão à perda e seu comprimento de memória⁸⁸.

Assim temos,

Grafistas_x : cujo comprimento de memória será $m = 10$ e aversão a perdas $\omega = 2.00$ ⁸⁹.

Grafista_y: cujo comprimento de memória será $m = 20$ e aversão a perdas $\omega = 1.50$.

Grafista_z : cujo comprimento de memória será $m = 30$ e aversão a perdas $\omega = 1.00$

⁸⁸ A definição das regras de previsão de preços futuros dos agentes grafistas, aqui tratada, a diferenciação dos agentes grafistas por comprimento de memória e a utilização de série histórica de preços passados foi inicialmente apresentada por Takahashi e Terano (2003) e posteriormente também utilizada por outros autores.

⁸⁹ A média da aversão à perda (ω) é 1,50, em conformidade com publicação de Kahneman (2011, p. 353): “A aversão à perda foi estimada em diversos experimentos e normalmente fica na faixa de 1,5 a 2,5”. Neste trabalho, a aversão à perda foi distribuída da seguinte maneira: quanto menor a memória, ou seja, a série histórica dos preços, maior será o impacto do coeficiente de aversão à perda ω na sua formação de expectativa de preços futuros – quando ocorrer uma perda efetiva.

A formação de expectativa de preço é construída da seguinte maneira:

$$E(p_{t+1}) = p_{t-1} \cdot (1 + \gamma_{t-m}) , \quad (16)$$

s.a

$$\bullet \text{ Para } m = 10: \gamma_{t-m} = \frac{1}{m} \cdot \left[\frac{p_{t-1}}{\sum p_{t-m-1}} - 1 \right] \quad (17)$$

$$\bullet \text{ Para } m = 20: \gamma_{t-m} = \frac{1}{m} \cdot \left[\frac{p_{t-1}}{\sum p_{t-m-1}} - 1 \right] \quad (18)$$

$$\bullet \text{ Para } m = 30: \gamma_{t-m} = \frac{1}{m} \cdot \left[\frac{p_{t-1}}{\sum p_{t-m-1}} - 1 \right] \quad (19)$$

Deste modo, os agentes grafistas formarão suas expectativas conforme o comprimento de memória. É importante salientar que: i) cada tipo de agente terá uma formação de expectativa distinta ($E(p_{t+1})$); iii) a formação de expectativa final do agente grafista será uma média das três expectativas programadas.

A aversão à perda atuará da seguinte maneira:

$$\text{se } p_t > E(p_t) \rightarrow E(p_{t+1}) = E(p_{t+1}) \quad (20)$$

$$\text{se } p_t \leq E(p_t) \rightarrow E(p_{t+1}) = \omega \cdot E(p_{t+1}) \quad (21)$$

Portanto, se o preço efetivo [p_t] for maior que a expectativa de preço [$E(p_t)$], os agentes entendem que os preços seguem uma tendência crescente; logo, não haverá uma perda no valor do ativo de risco, de tal modo que sua expectativa de preços futuros permanece conforme a equação 16. Entretanto, se [p_t] for menor que a expectativa de preço [$E(p_t)$], os agentes grafistas sentem uma perda de valor dos ativos de risco e, portanto, eles corrigem suas expectativas pelo coeficiente de aversão à perda [ω].

3.2.2 Detalhamento da implementação do modelo e sequência de eventos

Após definirmos as premissas de comportamento dos agentes e as equações que serão implementadas no mercado acionário artificial, a simulação computacional será rodada no software livre denominado *Netlogo*, de linguagem logo. Essa plataforma é satisfatoriamente apropriada para simulações de modelo de agentes, segundo Fonseca e Santos (2014):

Um tipo de simulação de grande importância quando se trata de comportamentos complexos é a chamada simulação baseada em agentes. O agente, no entanto, pode ser colocado como toda a entidade, real ou virtual, que tem como principal característica a tomada de decisões conforme a mudança de estado de um determinado ambiente. Com o desenvolvimento dos computadores e softwares, diversos ambientes voltados a realizarem simulações de agentes, que visam fazer estudos de determinados comportamentos foram desenvolvidos, sendo um destes o *NetLogo*, o qual permite aos usuários explorar suas ferramentas a fim de desenvolver simulações que visam estudar comportamentos de sistemas complexos, seja visual ou estatístico. (FONSECA e SANTOS, 2014, p. 277).

Assim, as simulações se desenvolverão da seguinte maneira:

- i) No primeiro momento, serão inseridos na plataforma *Netlogo* todos os valores intrínsecos ao modelo⁹⁰.
- ii) Em seguida, o valor do dividendo (d_t) é gerado, tornando-se disponível para todos os agentes.
- iii) Determinados os dividendos, e tendo acesso ao preço inicial (p_0), os agentes fundamentalistas geram sua expectativa de preço (p_{t+1}) e dividendo futuro (d_{t+1}).
- iv) Definida as expectativas fundamentalistas quanto aos preços e dividendos futuro da ação, a demanda por ação (qd_t) no período t é definida.
- v) Apurada a quantidade demandada, os agentes tomam decisão de compra (c_{it}) e de venda (v_{it}) das ações.

⁹⁰ Para maior detalhamento dos valores, ver Tabela 1.

- vi) Em sequência, as ordens de compra e de venda são validadas e somadas no mercado de acordo com as equações (11 e 12).
- vii) Deste modo, o preço corrente (p_t) é determinado em função do excesso de demanda da ação no mercado acionário.
- viii) Após a formação de uma série de tempo ($t > 10$), as expectativas dos agentes *grafistas* passam a ser determinadas e esses passam a interagir no mercado, exercendo influência sobre o mercado acionário como um todo.
- ix) Deliberado o preço corrente, esse são somados em cada período de tempo t , formando uma lista com histórico de preços que posteriormente será acessada pelos agentes grafistas. Ademais, o portfólio dos agentes é formado e atualizado a cada período de tempo t . O recurso financeiro disponível ($W_{i,t}$) para novas operações também é ajustado.
- x) As demais variáveis como taxa global de retorno dos ativos (φ) e variância percebida dos retornos ($\sigma^2_{i,t,p+d}$) são geradas e armazenadas no mercado, e podem ser acessadas por todos os agentes.

Em relação à programação, é importante salientar algumas restrições do modelo comuns em outros mercados artificiais e que fazem com que o modelo possa ser replicado com mais realismo, tais quais: i) os agentes podem demandar no máximo 10 ações em cada período de tempo; ii) a operações de compra são restritas pela quantidade de recurso financeiro disponível. Assim, seja wt_{it-1} a quantidade de recurso financeiro aplicada no ativo livre de risco no período imediatamente anterior, $W_{i,t} = qd_{i,t-1} \cdot p_{t-1} / wt_{it-1}$ a quantidade de recurso financeiro disponível para novas compras no período corrente e $c_{it} = qd_{i,t} - qd_{i,t-1}$ uma ordem de compra de ação. Se $c_{it}p_{i,t-1} > W_{it}$, ou seja, se a ordem de compra for maior que a quantidade de recurso financeiro disponível, então

$c_{it} = W_{it}/p_{i,t-1}$ será a quantidade máxima de ação que o agente i pode comprar no período t ; iii) é possível a compra a descoberto, com limite máximo de 10 ações.

Ademais, é importante destacar que os agentes grafistas, por terem um comportamento distinto dos agentes fundamentalistas no tocante à formação de suas expectativas quanto aos preços futuros, necessitam de uma série histórica dos preços. Por isso, é necessário que tenha se passado no mínimo um período de $t > 10$ para que eles formem suas expectativas, e, assim, possam operar no mercado acionário. O *Netlogo* nos permite duas soluções: i) criar um histórico de preços passados, ou seja, criar uma memória pré-programada, ou; ii) nos primeiros 10 períodos o mercado seria composto por 100% de agentes fundamentalistas e 0% de agente grafistas, que somente iniciariam operação após um período de $t > 10$. No nosso modelo, usaremos a segunda opção.

Abaixo, apresentamos a tabela com os valores iniciais dos parâmetros globais. Os valores aqui tratados têm por base configurações adotadas em outros mercados financeiros artificiais⁹¹. Esses valores, por serem globais, são acessíveis a todos os agentes, respeitando cada segmentação (fundamentalista ou grafista) e são mantidos durante todos os experimentos.

⁹¹ Desses modelos, destacam-se *Santa Fe Artificial Stock Market* (1989), Arthur *et al.* (1997), LeBaron (2002b), Farmer e Joshi (2002), Lovric (2011), Pires (2012) e Bertella *et al.* (2014).

Tabela 1 – Valores iniciais dos parâmetros globais.

Parâmetro	Valor
<i>Número de agentes</i>	100
d_t	4
d_{t-1}	4
p_{t-1}	30
$qd_{i,t-1}$	1
$W_{i,t-1}$	100
g	0.015
r	0.10
β	2.000
λ	0.5
ρ	0.95
α	0.52
$var \varepsilon_t$	0.0742
$média \varepsilon_t$	0
$E_{i,t-1}(p_{t+1} + d_{t+1})$	22
$\sigma^2_{i,t,p+d}$	2
ω para $m = 10$	2.00
ω para $m = 20$	1.50
ω para $m = 30$	1.00

Fonte: Elaboração própria

3.2.3 Resultados e Desdobramentos

Neste subcapítulo, apresentaremos os resultados das simulações computacionais: gráficos e quadros com as estatísticas descritivas.

Diversos trabalhos empíricos que buscam estudar o comportamento dos mercados financeiros apontam diferentes anomalias ou *puzzles*. Esses fatos são comumente determinados como um conjunto de propriedades estáticas presentes nas séries financeiras e que independem de quais ativos são analisados ou quais períodos de tempo são utilizados nessas estimativas. A aceção correta da distribuição de probabilidade de uma série de retornos financeiros pode contribuir de maneira considerável para a definição das chances de ganhos e/ou perdas obtidas através de aplicações financeiras em ativos de risco (PIRES, 2012, p. 73).

Nesse sentido, buscaremos analisar, neste trabalho, os efeitos de uma heterogeneização do mercado financeiro e o impacto causado pela presença do viés

comportamental “aversão à perda” em termos de volatilidade, variância, assimetria e excesso de curtose tanto no tocante aos preços, dividendos e séries de retorno dos ativos.

Assim, as simulações serão apresentadas da seguinte maneira:

- i) Na primeira simulação (Cenário I) o mercado será composto por 100% de agentes fundamentalistas. Essa simulação será usada como base – visto que é formado por agentes homogêneos, cujo objetivo é a maximização de sua utilidade (recurso financeiro aplicado em ativos) e que se comportam segundo a premissa econômica neoclássica de racionalidade.
- ii) No segundo experimento (Cenário II), incluiremos 25% de agentes grafistas com diferentes níveis de aversão à perda e comprimento de memória;
- iii) No terceiro experimento (Cenário III), haverá 75% de agentes grafistas também com diferentes níveis de aversão à perda e comprimento de memória;
- iv) E, por último, (Cenário IV), a simulação será rodada com 75% de agentes grafistas *sem aversão a perdas*. Esse experimento tem o objetivo de corroborar com outros trabalhos que mostram que ao incluir diferentes tipos de agentes, ou seja, tornar o mercado acionário heterogêneo, independente do viés comportamental aversão à perda, o mercado como um todo sofre algum tipo de desequilíbrio, seja ele nos preços, dividendos ou taxa de retorno, além, é claro, de permitir uma comparação com o cenário III.

Cenário 1 – Mercado acionário composto por 100% dos agentes fundamentalistas.

O resultado desse primeiro experimento será considerado como referência para os demais experimentos.

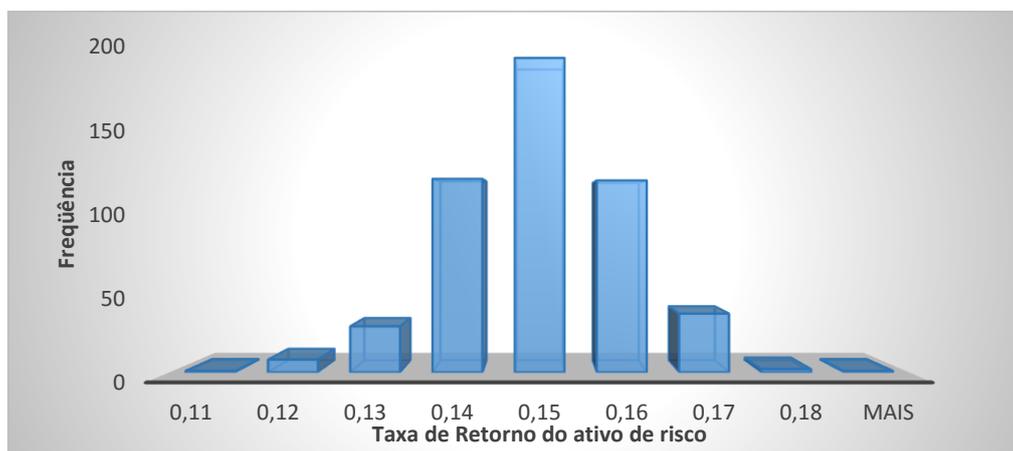
Tabela 2 - Estatística Descritiva – Agentes 100% Fundamentalistas

	Preço	Taxa de Retorno	Dividendo
Média	26,44640385	0,149942197	3,956519231
Erro padrão	0,008629732	0,000483694	0,011038891
Mediana	26,45	0,15	3,93
Modo	26,5	0,15	3,79
Desvio padrão	0,196788156	0,011019311	0,251725451
Variância da amostra	0,038725578	0,000121425	0,063365703
Excesso de Curtose	1,33010037	0,451443485	-0,442193138
Assimetria	-0,51524421	-0,127592028	0,254454673
Intervalo	1,54	0,08	1,34
Mínimo	25,36	0,11	3,35
Máximo	26,9	0,19	4,69
Soma	13752,13	77,82	2057,39
Contagem	520	519	520
Nível de confiança(95,0%)	0,016953499	0,000950243	0,021686402

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados obtidos da simulação computacional feita no *Netlogo*.

Nota₁: Com relação à taxa de retorno, o período de tempo analisado (Contagem) foi de 519t. Essa diferença foi necessária visto que, no período t = 1, a taxa de retorno foi igual a 0%, o que acarreta um ruído na elaboração da estatística descritiva e por esse motivo foi desconsiderada.

Gráfico 1 – Histograma da Taxa de Retorno do Ativo de Risco



Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados obtidos da simulação computacional feita no *Netlogo*

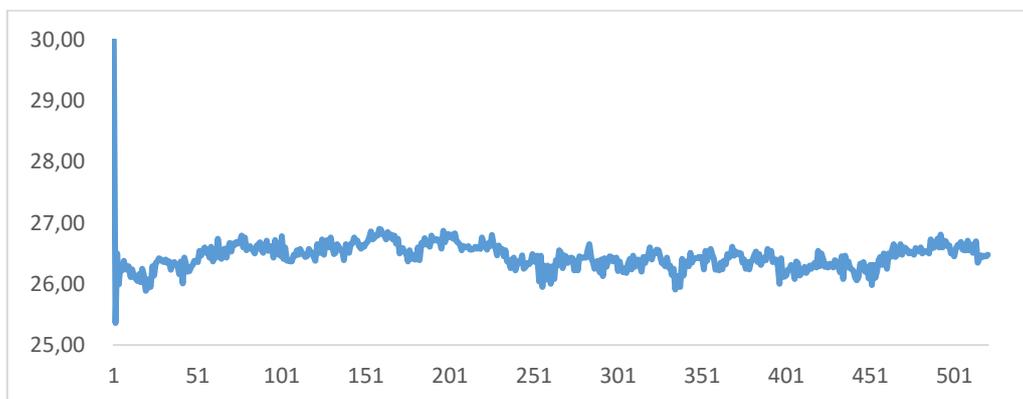
Conforme podemos observar na Tabela 2, a estatística descritiva nos mostra valores comportados tanto para a variável preço quanto para as variáveis taxa de retorno e dividendos. Com relação ao preço, podemos observar que os coeficientes de tendência central – média, moda e mediana – apresentam valores muito próximos, assim como são

baixos os valores dos coeficientes de dispersão e variabilidade – excesso de curtose, assimetria, desvio padrão, variância e valores máximos e mínimos. Os intervalos – entre preço mínimo e preço máximo; dividendo mínimo e máximo e taxa de retorno mínima e máxima – também são baixos, mostrando baixa volatilidade do mercado. Desse modo, podemos observar que no longo prazo esse mercado não apresenta oscilações severas, onde possamos identificar algum desequilíbrio austero no mercado de ações simulado.

Ademais, no gráfico 1, conseguimos identificar características semelhantes à de uma distribuição normal, corroborando com os valores dos coeficientes de tendência central e assimetria, apresentados na tabela 2. Ademais, o coeficiente de excesso de curtose, que é próximo de zero, caracteriza um “achatamento” das extremidades da distribuição de frequência similar à de uma distribuição normal.

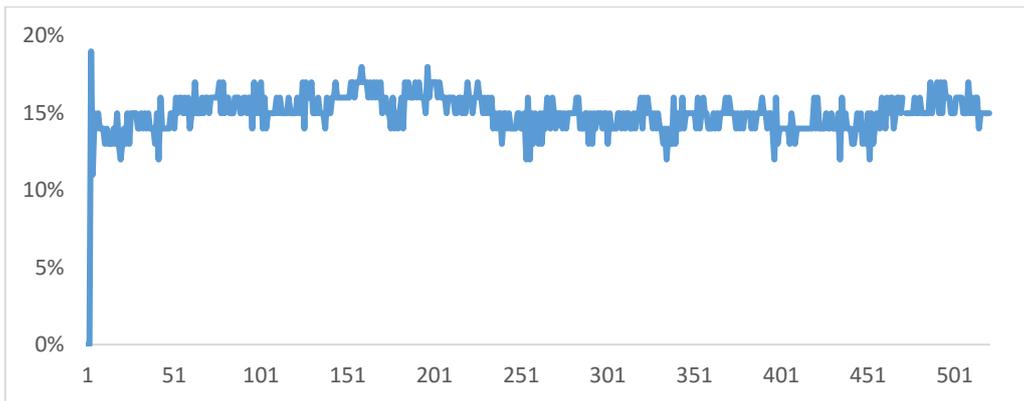
Abaixo, apresentaremos alguns gráficos das variáveis preço, taxa de retorno e dividendo.

Gráfico 2 – Evolução dos preços dos ativos de risco



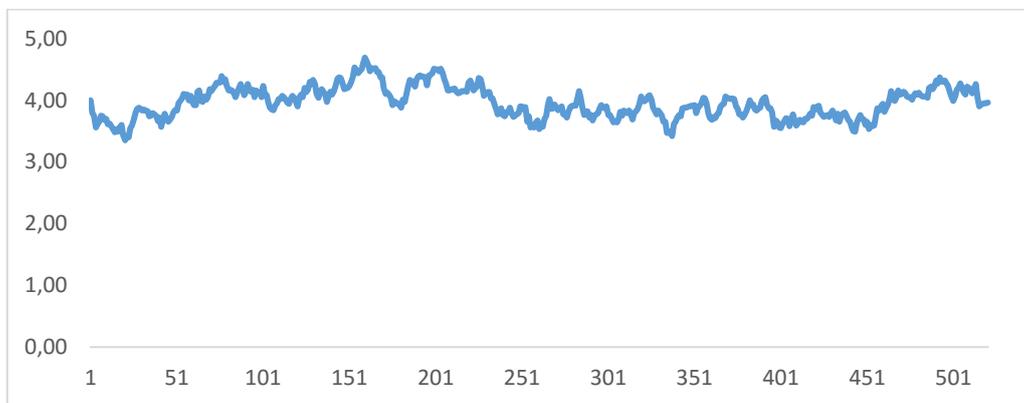
Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados obtidos da simulação computacional feita no *Netlogo*
Nota₁: a oscilação brusca apresentada no período $t=1$ ocorre devido ao ajustamento do modelo, ressaltando que o preço inicial programado foi \$ 30,00.

Gráfico 3 – Evolução da taxa de retorno do ativo de risco



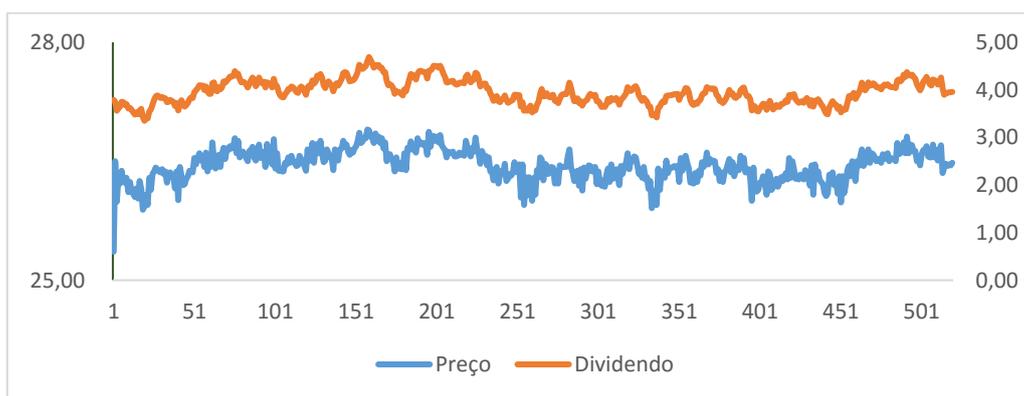
Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados obtidos da simulação computacional feita no *Netlogo*
Nota₁: a oscilação brusca apresentada no período $t = 1$ ocorre devido ao ajustamento do modelo, que se inicial com uma taxa de retorno = 0%.

Gráfico 4 – Evolução do dividendo.



Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados obtidos da simulação computacional feita no *Netlogo*

Gráfico 5 – Evolução dos preços e dividendo



Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados obtidos da simulação computacional feita no *Netlogo*.

Os gráficos acima apresentados corroboram os dados apresentados pela estatística descritiva – Tabela 2. Ademais, no gráfico 5 conseguimos observar que tanto a evolução dos preços quanto a evolução dos dividendos estão diretamente ligados. Isso acontece

porque os agentes desse primeiro experimento são homogêneos, logo, tomam decisões de maneira análoga, tendo em vista as mesmas informações e os mesmos objetivos. Como o dividendo pago pelo ativo de risco é o principal fator gerador do valor fundamental, tem-se o comportamento do mercado financeiro atrelado a essa variável.

Se considerarmos a HME, os preços dos ativos refletem toda e qualquer informação disponível no mercado ligada ao valor fundamental. Tendo em vista o resultado aqui apresentado, a validação da HME se dá pelo fato dos agentes formarem suas expectativas tendo como referência o valor fundamental do ativo de risco (dividendos) e pelo seu repasse ao preço corrente negociado, além da homogeneidade dos agentes que operam nesse mercado acionário.

A partir desse experimento, que será usado como “cenário referência”, a homogeneidade dos agentes será relaxada e passaremos a considerar agentes com formação de expectativa distinta da tratada nesse primeiro experimento.

Cenário II – Mercado acionário composto por 75% dos agentes fundamentalistas e 25% de agentes grafistas.

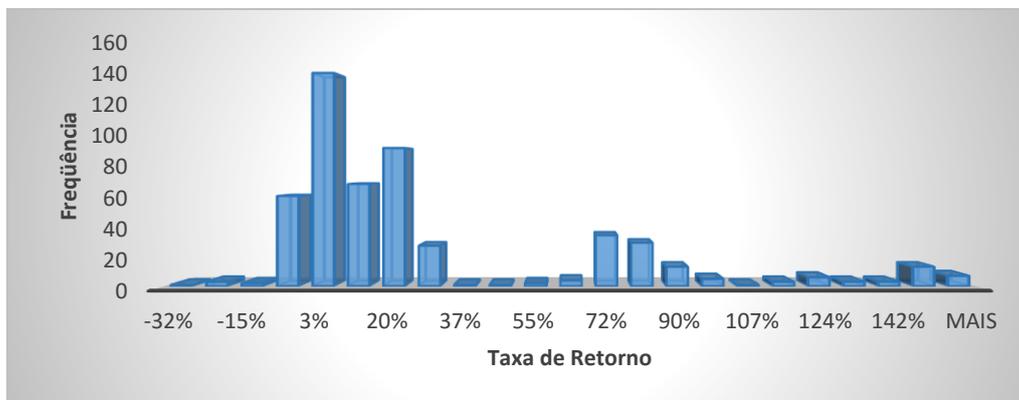
Nesse segundo experimento, incluímos agentes com diferentes formações de expectativas de preços e os chamamos de grafistas. Dentre esses, destacam-se três categorias de formação de expectativas de preço, conforme tratado no início deste capítulo. Abaixo, apresentamos uma tabela com os valores da estatística descritiva.

Tabela 3 - Estatística Descritiva – 75% de Agentes Fundamentalistas e 25% de agentes grafistas

	Preço	Taxa de Retorno	Dividendo
Média	20,44915385	0,249865125	3,832076923
Erro padrão	0,176718527	0,018290261	0,024788983
Mediana	20,345	0,08	3,95
Modo	24,43	-0,05	4,02
Desvio padrão	4,029802423	0,416680879	0,56527579
Variância da amostra	16,23930757	0,173622955	0,319536719
Excesso de Curtose	-0,858606591	1,552718603	10,88996102
Assimetria	-0,539443483	1,544303001	-2,935038117
Intervalo	14,01	1,91	4,12
Mínimo	11,05	-0,32	0,42
Máximo	25,06	1,59	4,54
Soma	10633,56	129,68	1992,68
Contagem	520	519	520
Nível de confiança(95,0%)	0,347171556	0,035932208	0,048699081

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados obtidos da simulação computacional feita no *Netlogo*.
 Nota₁: com relação à taxa de retorno, o período de tempo analisado (Contagem) foi de 519t. Essa diferença foi necessária visto que, no período t = 1, a taxa de retorno foi igual a 0%, o que acarreta um ruído na elaboração da estatística descritiva e por esse motivo foi desconsiderada.

Gráfico 6 – Histograma da taxa de retorno



Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados obtidos da simulação computacional feita no *Netlogo*.

Conforme podemos observar na Tabela 3, a estatística descritiva nos mostra valores menos comportados para as três variáveis observadas – se compararmos ao cenário I. Ao incluirmos diferentes tipos de agentes (com diferentes formações de expectativa de preço, diferentes memórias e diferentes níveis de aversão à perda), ou seja, ao transformarmos esse mercado em um mercado heterogêneo, observamos uma alteração significativa tanto nos coeficientes de tendência central quanto nos coeficientes de dispersão e variabilidade das três variáveis estudadas.

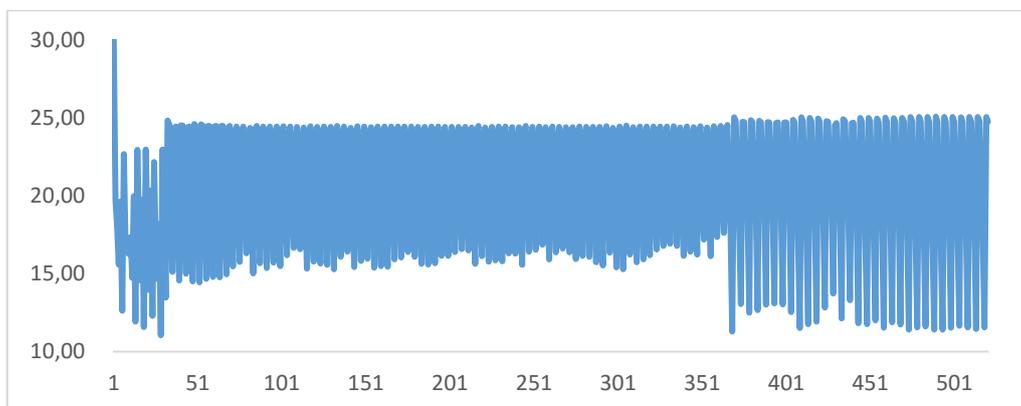
Com relação ao movimento dos preços, podemos observar que os coeficientes de tendência central apresentam um distanciamento entre si. Também há uma variação maior dos coeficientes de distribuição e variabilidade comparativamente ao cenário I. Ademais, é de se observar que os preços (em média) caíram e há um aumento entre os intervalos dos preços, mostrando uma volatilidade maior nesse mercado.

Outra observação que se faz importante é que, apesar de apresentar uma variabilidade levemente negativa, se compararmos ao primeiro experimento, o dividendo é a variável que apresenta menor oscilação no coeficiente médio. Deste modo, podemos perceber que essa variável não segue o movimento de mercado, ou seja, segue fiel na representatividade do valor fundamental do ativo de risco.

A despeito da distribuição de frequência da variável taxa de retorno, a figura 6 nos mostra que essa variável apresenta uma variabilidade maior. A frequência passa a ser bem mais dispersa, com uma calda bem mais alongada mostrando o distanciamento dos valores em relação à média, além de apresentar valores negativos.

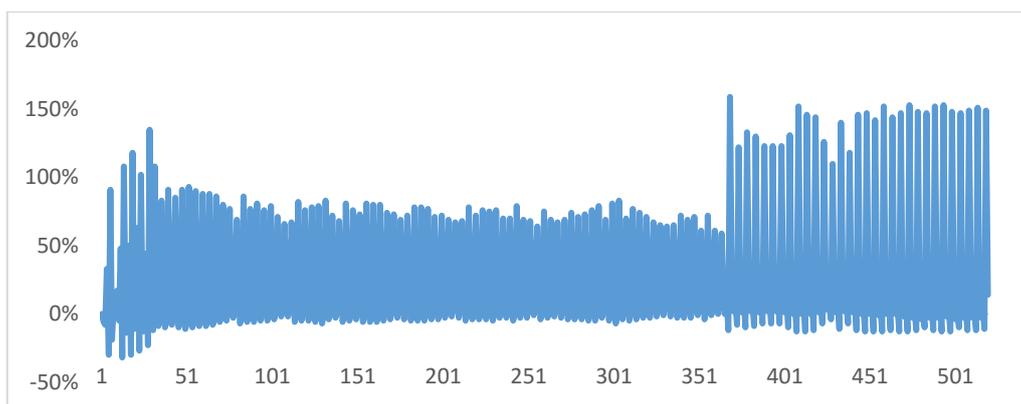
Abaixo, apresentamos alguns gráficos para melhor visualizar o movimento das variáveis preço, taxa de retorno e dividendos.

Gráfico 7 – Evolução dos preços dos ativos de risco



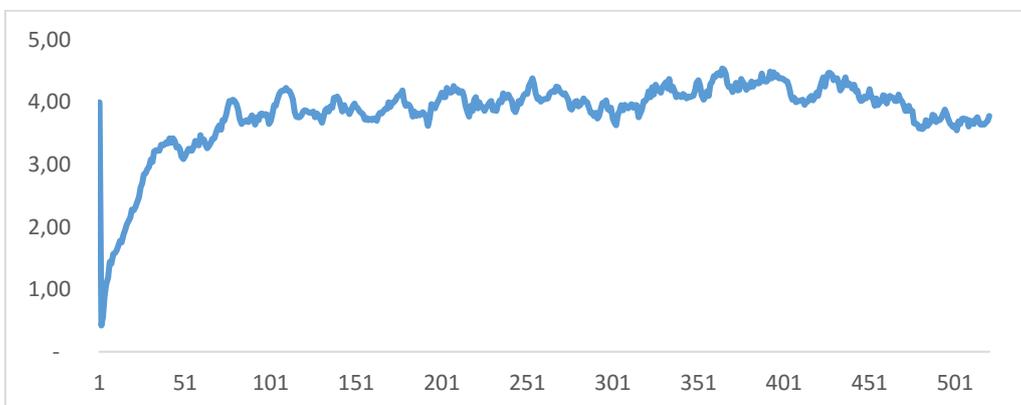
Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados obtidos da simulação computacional feita no *Netlogo*.

Gráfico 8 – Evolução da taxa de retorno.



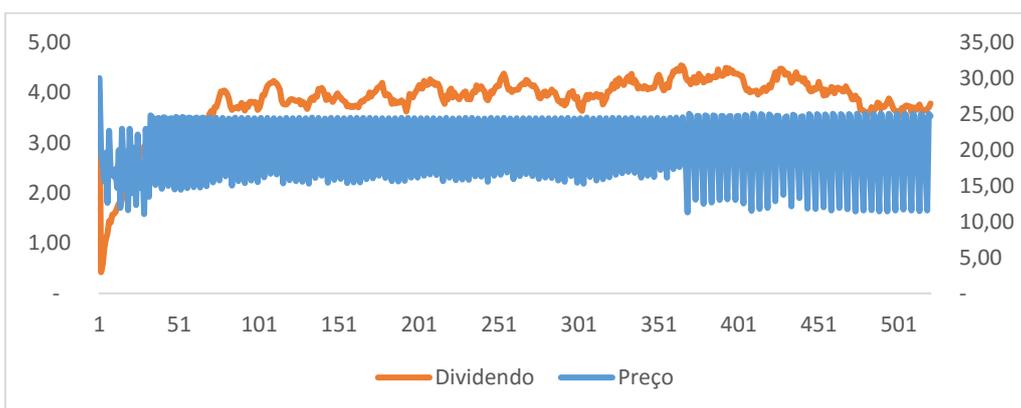
Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados obtidos da simulação computacional feita no *Netlogo*

Gráfico 9 – Evolução dos dividendos.



Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados obtidos da simulação computacional feita no *Netlogo*.

Gráfico 10 – Evolução dos preços e dividendo



Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados obtidos da simulação computacional feita no *Netlogo*.

Os gráficos acima apresentados corroboram os dados apresentados pela estatística descritiva – Tabela 3. No gráfico 10 conseguimos observar, de maneira mais clara, que o movimento dos preços começa a se deslocar da evolução dos dividendos. Esse efeito pode

ser explicado, em parte, pela presença de agentes heterogêneos que formam suas expectativas de preço futuro e tomam decisões de aplicação financeiro não mais baseada pelo valor fundamental do ativo de risco.

Cenário III – Mercado acionário composto por 25% dos agentes fundamentalistas e 75% de agentes grafistas.

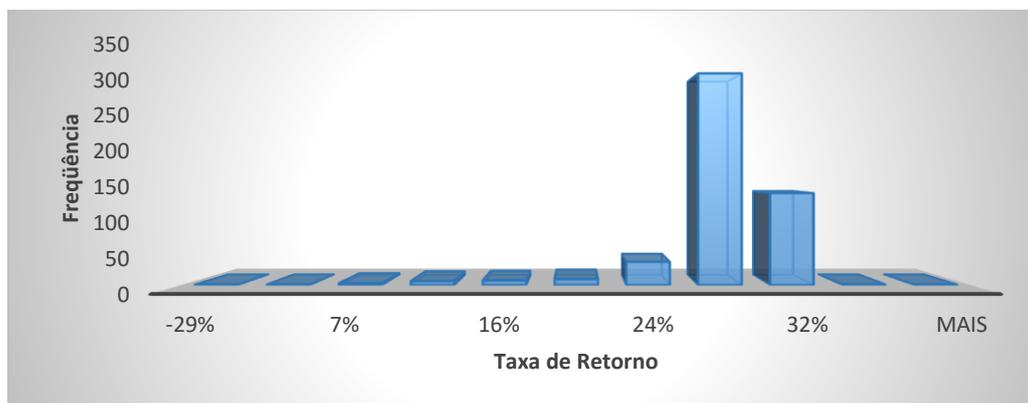
Nesse terceiro experimento, o mercado acionário é composto por uma quantidade maior de agentes grafistas. Abaixo, apresentamos os resultados da estatística descritiva.

Tabela 4 - Estatística Descritiva – 25% de Agentes Fundamentalistas e 75% de agentes grafistas

	Preço	Taxa de Retorno	Dividendo
Média	14,80732692	0,256416185	3,795384615
Erro padrão	0,019377502	0,002056816	0,025907275
Mediana	14,87	0,26	3,93
Modo	14,93	0,27	3,94
Desvio padrão	0,441875021	0,046857504	0,590776771
Variância da amostra	0,195253535	0,002195626	0,349017193
Excesso de Curtose	16,57297054	45,99565095	13,47131616
Assimetria	-2,729533244	-3,908622964	-3,426330843
Intervalo	6,08	0,89	4,14
Mínimo	11,29	-0,29	0,32
Máximo	17,37	0,6	4,46
Soma	7699,81	133,08	1973,6
Contagem	520	519	520
Nível de confiança(95,0%)	0,03806798	0,004040727	0,050896017

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados obtidos da simulação computacional feita no *Netlogo*.
 Nota₁: com relação à taxa de retorno, o período de tempo analisado (Contagem) foi de 519t. Essa diferença foi necessária visto que, no período t = 1, a taxa de retorno foi igual a 0%, o que acarreta um ruído na elaboração da estatística descritiva e por esse motivo foi desconsiderada.

Gráfico 11 – Histograma da taxa de retorno



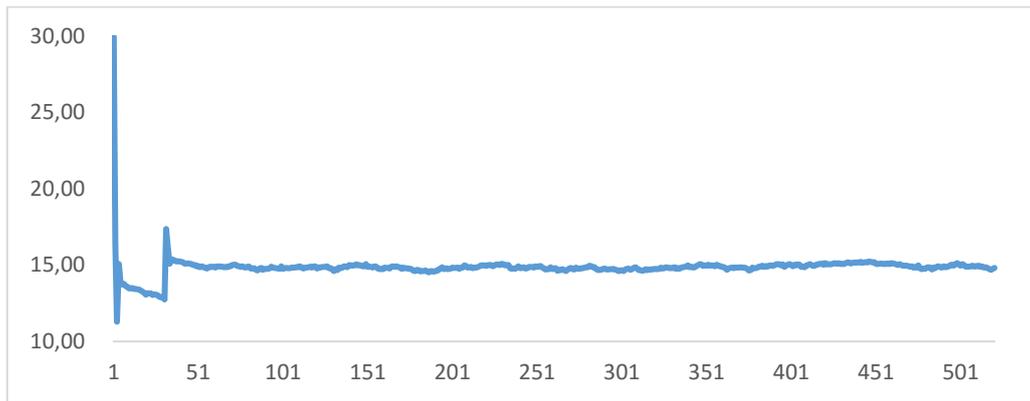
Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados obtidos da simulação computacional feita no *Netlogo*.

De acordo com a Tabela 4, a estatística descritiva nos mostra valores bem distantes dos apresentados no cenário I. Com relação ao preço, a média se encontra bem distante do preço inicialmente programado e da média dos preços do primeiro experimento. O intervalo entre os preços máximos e mínimos é maior que a do primeiro experimento, assim como também são maiores os coeficientes de dispersão e variabilidade. Apesar da taxa de retorno, podemos observar que a média tem crescimento de 11%, em comparação com o cenário I.

Outro exercício importante é compararmos os valores dos coeficientes dos cenários I, II e III. Podemos observar que, ao incluirmos agentes com diferentes formações de expectativas e aversão à perda, os preços passam a apresentar maior flutuação. O mesmo não conseguimos observar nos dividendos, que apesar de sofrer uma breve queda, não acompanham o movimento dos preços. Assim, temos um deslocamento entre preço de mercado e valor fundamental. Ademais, a taxa de retorno, se comparamos esse último resultado com o resultado do cenário II, conseguimos identificar que mantém uma trajetória oscilatória, porém amortecida – haja visto o intervalo entre taxas máximas e mínimas. Esse efeito se explica, em parte, porque a taxa de retorno não acompanha somente os dividendos, mas também os preços de mercado; logo, se os preços passarem a oscilar menos, a taxa de retorno acompanhará esse movimento.

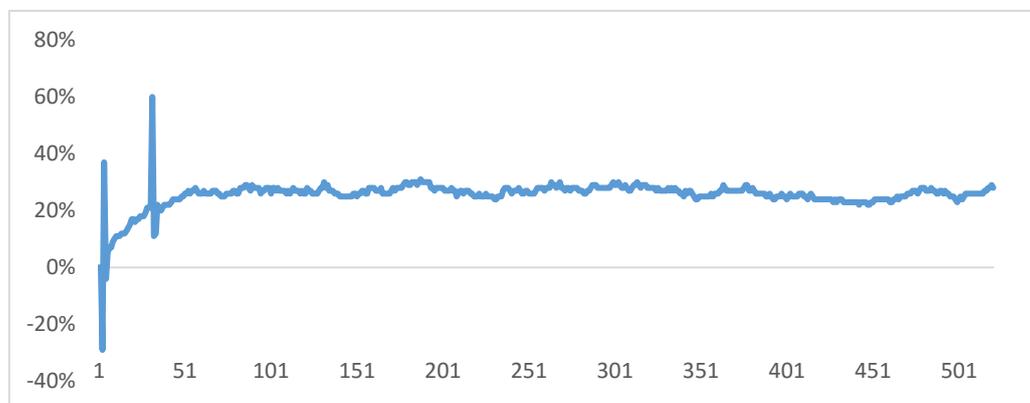
Abaixo, mostraremos alguns gráficos e histogramas.

Gráfico 12 – Evolução dos preços



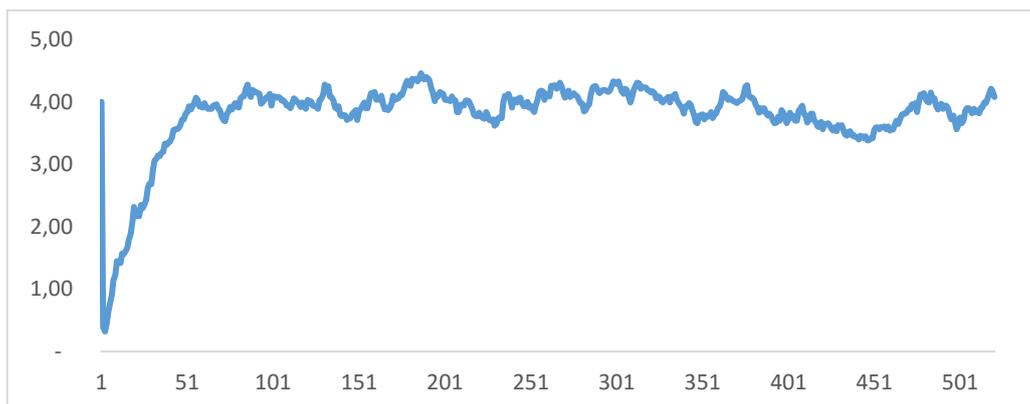
Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados obtidos da simulação computacional feita no *Netlogo*.

Gráfico 13 – Evolução da taxa de retorno



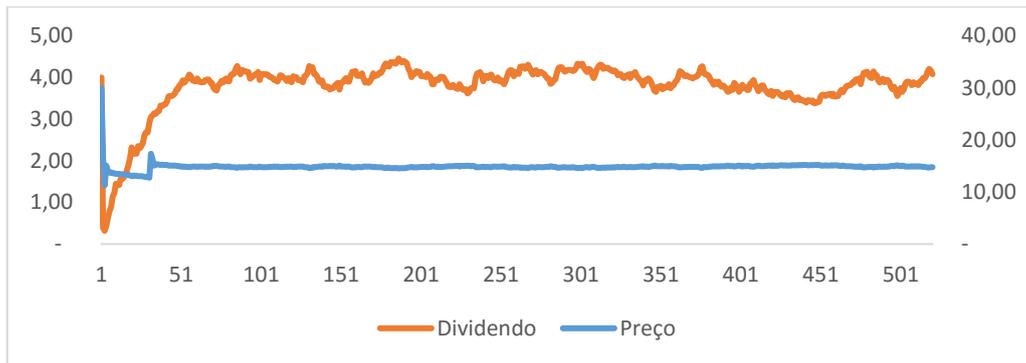
Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados obtidos da simulação computacional feita no *Netlogo*.

Gráfico 14 – Evolução dos dividendos



Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados obtidos da simulação computacional feita no *Netlogo*.

Gráfico 15 – Evolução dos preços e dos dividendos



Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados obtidos da simulação computacional feita no *Netlogo*.

Com relação à evolução dos preços, uma constatação importante, vista no gráfico 12, é o amortecimento de sua flutuação, e a queda dos preços. Esse fato pode ser explicado pela presença de diferentes tipos de agentes com distintos níveis de aversão à perda, comprimento de memória e formação de expectativa. Assim, esse experimento nos oferece indícios que apontam para a conclusão de que, ao incluirmos uma quantidade maior de agentes grafistas, estes passam a formar suas expectativas de preços futuros de maneira distintas, gerando maior impacto nos preços desse mercado.

Deste modo, a validação da premissa da HME de que os preços refletem toda e qualquer informação disponível no mercado ligada ao valor fundamental não se faz válida nos cenários II e III. Tendo em vista que os dividendos pagos pelo ativo de risco é o fator gerador de seu valor fundamental, o preço da ação deveria refletir o comportamento dos dividendos, logo deveríamos observar, segundo a HME, uma correspondência entre as trajetórias do preço e dos dividendos. Outra afirmação da HME que não se faz válida nesse experimento é o processo de arbitragem, que segundo a hipótese seria um mecanismo que no longo prazo levaria preço e valor fundamental a se correlacionarem.

Cenário IV – Mercado acionário composto por 25% dos agentes fundamentalistas e 75% de agentes grafistas (sem aversão à perda)

Esse experimento tem o objetivo de testar alguns indícios encontrados com a análise dos resultados dos cenários I, II e III, sendo eles: i) comparativamente ao cenário

I, onde o mercado foi composto por 100% de agentes fundamentalista, a inclusão de diferentes tipos de agentes grafistas causa algum ruído nesse mercado em termos de assimetria, excesso de curtose e volatilidade?; ii) o pressuposto da HME de que os preços refletem toda e qualquer informação relacionada ao valor fundamental de um ativo de risco, permanece sendo válido se incluirmos nesse mercado agentes que operam tendo como ponto de referência os preços passados?; iii) no processo de tomada de decisão, a presença de agentes com viés comportamental “aversão à perda” realmente causa algum impacto nos preços de mercado?

Para responder a tais questões, foi rodado um mercado composto de 25% de agentes fundamentalistas e 75% de agentes grafistas. Nesse experimento, os agentes grafistas não têm aversão à perda – formando suas expectativas exclusivamente de acordo com a equação (16).

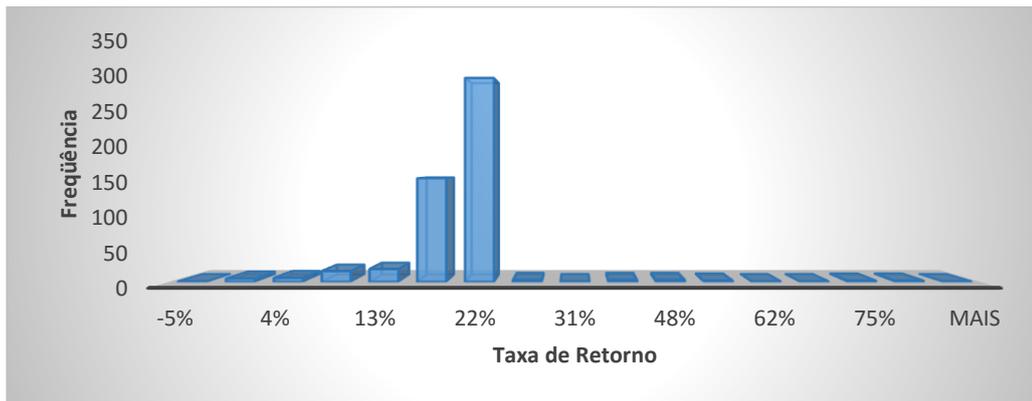
Tabela 5 - Estatística Descritiva – 25% de Agentes Fundamentalistas e 75% de agentes grafistas

	Preço	Taxa de Retorno	Dividendos
Média	21,90036538	0,181657033	3,89425
Erro padrão	0,072192732	0,00376415	0,025970856
Mediana	22,31	0,18	4
Modo	22,48	0,18	4,12
Desvio padrão	1,646247576	0,085753248	0,592226633
Variância da amostra	2,71013108	0,00735362	0,350732384
Curtose	8,495734548	31,2998571	12,04824846
Assimetria	-2,440939877	4,515621933	-3,044717469
Intervalo	13,15	0,98	4,29
Mínimo	13,43	-0,05	0,39
Máximo	26,58	0,93	4,68
Soma	11388,19	94,28	2025,01
Contagem	520	519	520
Nível de confiança(95,0%)	0,141825894	0,007394876	0,051020924

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados obtidos da simulação computacional feita no *Netlogo*.

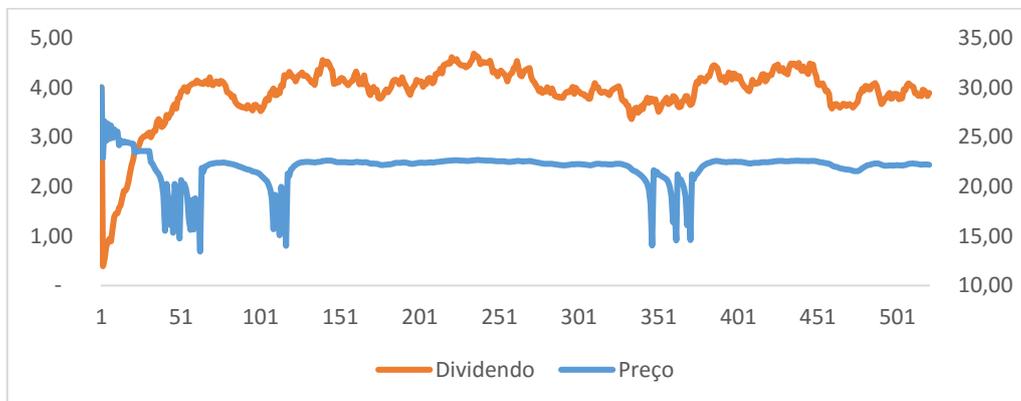
Nota: com relação à taxa de retorno, o período de tempo analisado (Contagem) foi de 519t. Essa diferença foi necessária visto que, no período t = 1, a taxa de retorno foi igual a 0%, o que acarreta um ruído na elaboração da estatística descritiva e por esse motivo foi desconsiderada.

Gráfico 16 – Histograma da taxa de retorno



Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados obtidos da simulação computacional feita no *Netlogo*.

Gráfico 17 – Evolução dos preços e dos dividendos



Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados obtidos da simulação computacional feita no *Netlogo*.

A análise dos resultados, apresentados na tabela 5, nos ajuda a responder os questionamentos feitos acima.

Com relação à primeira questão, em termos de assimetria, excesso de curtose e volatilidade, tanto os preços quanto a taxa de retorno apresentam valores bem menos comportados do que os apresentados no cenário I, de modo a nos dar indícios de que a inclusão de diferentes tipos de agentes provoca uma maior flutuação nesse mercado, isto é, o mercado passa a oscilar de maneira mais persistente. Ademais, conseguimos observar que no longo prazo o preço corrente tende a se deslocar do seu valor fundamental, o que nos leva a concluir que a premissa da HME de que no longo prazo os agentes fundamentalistas conseguem eliminar possíveis ruídos (distorções de preços) nesse mercado não se faz válida.

Sobre a segunda questão, a utilização do preço passado como ponto de referência nos mostra que o valor fundamental deixa de ser o melhor parâmetro no processo decisório (escolha de investimento), visto que o preço está deslocado do dividendo, conforme pode ser visto no gráfico 17.

Referente à terceira e última questão, tanto a tabela 5 quanto o gráfico 17 nos mostram uma leve queda na média dos preços, comparativamente ao cenário I – neste a média dos preços foi de 26,44, já, no cenário IV, sua média foi de 21,90, ou seja, uma diferença de 4,54. Porém, se compararmos a média dos preços do cenário I com as do cenário III (onde os agentes grafistas têm aversão à perda), a diferença de preço é de 11,64 – sendo a média de preço do cenário III, 14,80. Essa diferença de preço oferece indícios de que o viés comportamental “aversão à perda” causa certo impacto nos preços de mercado. O que nos permite apontar uma fragilidade na premissa da HME que nos diz que no longo prazo o processo de arbitragem levaria os preços a se ajustarem ao seu valor fundamental.

- *Considerações sobre a aversão à perda*

Abaixo, apresentamos uma tabela com os valores dos coeficientes de tendência central, dispersão e variabilidade dos cenários III e IV para melhor visualizar os efeitos causados pelo viés comportamental “aversão à perda” no mercado acionário simulado.

Tabela 6 - Estatística Descritiva – 75% de Agentes Grafistas com aversão à perda e 75% de Agentes Grafistas sem aversão à perda

	<i>75% grafistas Com aversão à perda</i>		<i>75% grafistas Sem aversão à perda</i>	
	Preço	Taxa de Retorno	Preço	Taxa de Retorno
Média	14,80732692	0,256416185	21,90036538	0,181657033
Desvio padrão	0,441875021	0,046857504	1,646247576	0,085753248
Variância da amostra	0,195253535	0,002195626	2,71013108	0,00735362
Excesso de Curtose	16,57297054	45,99565095	8,495734548	31,2998571
Assimetria	-2,729533244	-3,908622964	-2,440939877	4,515621933
Intervalo	6,08	0,89	13,15	0,98
Mínimo	11,29	-0,29	13,43	-0,05
Máximo	17,37	0,6	26,58	0,93
Soma	7699,81	133,08	11388,19	94,28

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados obtidos da simulação computacional feita no *Netlogo*.

A tabela 6 nos sugere alguns efeitos da aversão à perda no mercado acionário simulado em termos de variância, excesso de curtose e assimetria. Com relação ao movimento dos preços, conseguimos observar que: i) a aversão à perda causa certo impacto na média dos preços – o valor médio dos preços é inferior ao do mercado sem aversão à perda; ii) os preços oscilam de maneira menos contundente, como podemos constatar observando os valores dos coeficientes de dispersão e variabilidade.

A despeito da taxa de retorno, notamos que: i) a aversão à perda causa uma flutuação mais amortecida, haja visto os valores dos coeficientes de dispersão e variabilidade; ii) o valor médio da taxa de retorno é maior, no mercado com agentes com aversão à perda do que no mercado com agentes sem aversão à perda.

A tomada de decisão é tema amplamente debatido por diversas áreas do conhecimento, compreendendo desde as ciências exatas às ciências humanas. Essa temática torna-se tão instigante e discutida por buscar compreender o comportamento humano diante de uma situação de escolha.

No decorrer deste trabalho, buscamos apresentar uma concisa revisão do tratamento dado a essa temática dentro da escola econômica e seu desdobramento nas disciplinas de finanças e de economia comportamental.

Como apresentado no início deste trabalho, a temática desde o princípio esteve fortemente atrelada ao desenvolvimento da teoria estatística na qual a probabilidade passou a ser ferramenta capital na análise do processo de escolha. Entretanto, como toda reação vinculada a uma ação humana, a tomada de decisão perpassa por diversas limitações, como a incerteza e a subjetividade individual daquele que escolhe – como nos lembra o dito popular *“ninguém é igual a ninguém”*. Logo, por sermos seres tão particulares, julgamos e decidimos de forma distinta. Bernoulli, Jevons, Walras, Pareto, Hicks, Allen, Von Neumann, Morgenstern, Savage e tantos outros pensadores que se debruçaram sobre a temática, sabiam disso. Contudo, como forma de mitigar a incerteza do porvir e de compreender esse ser tão complexo chamado “ser humano”, os autores acima buscaram, no desenvolvimento de teorias, premissas e pressupostos, oferecer uma resposta a questões tão difíceis de serem respondidas, tais quais: *“Como o indivíduo se comporta? Como toma decisões?”*.

As diversas e diferentes respostas oferecidas a essas perguntas fizeram surgir mais um importante questionamento: *“Qual o impacto que tais decisões podem acarretar no ambiente onde ocorrem?”* – este é, pois, um dos questionamentos tratados pela disciplina

de finanças. Ora, se a tomada de decisão (comportamento humano) segue um “padrão”, é admissível deduzir que o mercado financeiro siga pelo mesmo caminho, tendo em vista que as transações feitas pelos indivíduos são a essência desse mercado. Esse é o cerne do pensamento expresso na HME – e que nos é oferecido como resposta à pergunta supracitada.

Apesar de ampla aceitação às respostas oferecidas pela economia neoclássica e pela HME, estas despertaram grandes inquietações. Alguns pesquisadores, insatisfeitos com o trato dado à incerteza e ao comportamento humano, buscaram analisar a tomada de decisão de outra forma. Dentro da teoria econômica, não foram poucos os teóricos que questionaram a teoria da decisão. Knight e Keynes talvez tenham sido daqueles mais ruidosos questionadores de seu tempo, nos oferecendo uma perspectiva diferente sobre o papel da incerteza na tomada de decisão. Ora, se a incerteza é algo que não pode ser mensurado nem calculado por formulação matemática e é algo intrínseco à vida humana, esse parâmetro se faz fundamental em qualquer processo decisório, pois nos leva a questionar os prós e contras de nossas ações. Eis, talvez, um primeiro viés intrinsecamente presente a toda e qualquer decisão de longo prazo. Essa quebra com a formulação matemática e padronização comportamental nas ciências econômicas foi fundamental para o avanço do pensamento, colaborando para a determinação de uma nova classe de economistas: os chamados heterodoxos.

Entretanto, nosso objetivo, neste trabalho, não aspirou esgotar o debate sobre o surgimento de diferentes perspectivas de análise da teoria da decisão dentro das ciências econômicas, tampouco sua segmentação em “economia ortodoxa e heterodoxa”. Buscamos estudar uma nova disciplina que em conjunto com outras áreas de estudo – como a psicologia – tem nos oferecido uma nova visão sobre o comportamento humano

em tomadas de decisões mediante cenários de risco e incerteza, e como esse comportamento influencia o movimento do mercado financeiro.

Os trabalhos desenvolvidos por Kahneman e Tversky foram nossa grande inspiração teórica. Em seus muitos estudos publicados, de forma conjunta e individualmente, os autores nos oferecem uma nova ótica no entendimento sobre o processo de julgamento e tomada de decisão. Aceitando que os seres humanos são únicos, individuais e reagem a determinadas situações de maneira distinta, conforme o ambiente em que estão inseridos, os pesquisadores trazem à luz da discussão, sobre tomada de decisão, vieses de comportamento presentes nos indivíduos. Dentre os diversos vieses apresentados, a aversão à perda nos causou grande inquietação. Se todos os indivíduos preferem ganhar a perder e dão a essas duas situações pesos diferentes, no mercado acionário, qual seria o impacto desse pressuposto? Esse questionamento foi “nosso Norte” e nos fez perceber como seria instigante estudar tal temática.

Deste modo, partindo da leitura de economia comportamental (e concordando com ela), buscamos, através do desenvolvimento de um modelo computacional, fazer alguns comentários e oferecer indícios que corroborassem os pressupostos comportamentais e que nos mostrassem que, em um ambiente de risco e incerteza, a subjetividade humana pode impactar, modificar, causar ruídos no mercado acionário como um todo.

Dentre os diversos pontos levantados ao longo desta dissertação, alguns buscamos contrapor no capítulo terceiro usando a metodologia *Agent-Based Model*. Assim, em relação ao viés de comportamento aversão à perda, consideramos que a análise dos cenários II e III nos oferece sinais de que a presença desse viés tende a causar certo ruído

no mercado, isto é, fez surgir movimentos distintos dos apresentados no cenário I⁹². Assim, podemos dizer que nesses experimentos podem ser identificados alguns efeitos, sendo esses: i) há um afastamento entre os valores dos coeficientes de tendência central (média, moda e mediana) – ou seja, os cenários acima citados mostram que os valores dos parâmetros analisados (preço e taxa de retorno) apresentam maior flutuação; ii) os coeficientes de dispersão e variabilidade apresentam um distanciamento dos movimentos apresentados no cenário I – isto é, os parâmetros analisados (preço e taxa de retorno) nos cenários supracitados apresentam uma maior volatilidade; iii) há um afastamento dos preços de seu valor fundamental.

Com relação à premissa expressa na HME de que os preços, no longo prazo, refletem toda e qualquer informação relacionada ao valor fundamental, os resultados obtidos nos cenários II e III indicam que essa afirmação não se confirma, haja visto que os preços correntes se deslocam do seu valor fundamental.

Outro apontamento interessante diz respeito à homogeneização do mercado acionário e à utilização de preços passados como ponto de referência na tomada de decisão. Diversos trabalhos, destacados no início do capítulo III, assinalam que o pressuposto da HME de que os mercados são homogêneos, e que em sua maioria são compostos por agentes racionais que através de arbitragem conseguem eliminar, no longo prazo, possíveis ruídos causados por agentes não racionais (como por exemplo agentes que utilizam preços passados como balizador do movimento de mercado), não é válida. Desta forma, a fim de corroborar esses trabalhos, apresentamos no cenário IV um

⁹² Conforme foi descrito no capítulo III, o cenário I foi usado como referência para análise dos demais experimentos. Ele foi modelado de acordo com as premissas neoclássicas empregadas na HME (racionalidade e otimização).

mercado composto por diferentes tipos de agentes⁹³ sem nenhuma aversão à perda⁹⁴. Os resultados revelam que a presença de agentes heterogêneos causa alguns ruídos, como: o afastamento do preço corrente de seu valor fundamental e uma flutuação mais acentuada dos preços de mercado.

Como consideração final sobre o modelo, observamos que o histograma da taxa de retorno apresentada no cenário III se distancia por completo do histograma do cenário I. Tal fato, conjuntamente com os valores dos coeficientes de tendência central, apresentados no cenário III, mostram uma fragilidade da HME ao dizer que a precificação dos ativos está sempre correta e por isso não haveria meios de auferir ganhos acima do mercado⁹⁵. Com isso, concluímos que os dados simulados indicam que à medida que procuramos nos aproximar mais da realidade, os resultados afastam-se da eficiência de mercado, mas apenas com mais risco.

Destarte, utilizando da heurística, isto é, por uma observação simples de ativos financeiros transacionados em mercados reais (como Bovespa e Nasdaq, por exemplo), presentes em importantes índices (como IBOV e SP500), apontamos que o cenário I não parece representativo do movimento real do mercado acionário no longo prazo. Esse apontamento se sustenta nas seguintes observações: i) os preços de ativos transacionados nos mercados reais tendem, no longo prazo, a apresentar certa oscilação, ou seja, apresentar uma variação maior entre preços máximos e mínimos do que a apresentada no

⁹³ A diferenciação entre os agentes, nesse cenário, se dá pela presença de memória, isto é, cada agente utiliza distinta série histórica de preços.

⁹⁴ A exclusão da aversão à perda no cenário IV se fez necessária para que esse pudesse corroborar com os demais trabalhos que não incluíram em suas análises o viés de aversão à perda.

⁹⁵ Ressaltando que o cenário I foi composto apenas por agentes fundamentalistas, isto é, agentes que formam suas expectativas de preços com base no fluxo de dividendos esperados. Nesse primeiro experimento (cenário I), tem-se confirmada a HME. E se a HME é confirmada, não haveria a necessidade de ter agentes que buscam comprar na baixa do “preço justo” para vender quando o preço está mais alto do que o “preço justo”, pois a HME afirma que essa atividade não é racional, já que não é possível auferir ganhos acima do mercado, isto é, não é possível maximizar o capital investido através dessa estratégia.

cenário I⁹⁶; ii) os preços, em determinados momentos no longo prazo, se afastam de seu valor fundamental ou “preço justo”⁹⁷; iii) a taxa de retorno normalmente tende a ser flutuante e acompanha, em certo grau, os preços praticados pelo mercado⁹⁸.

Assim, sabendo das limitações teóricas e metodológicas que nos são impostas por uma simulação computacional (de um mercado acionário artificial), não temos, com esse trabalho, a pretensão de falsear nenhum pressuposto ou hipótese. Tivemos, isto sim, o intuito de oferecer alguns indícios e fazer alguns apontamentos que pudessem ser relevantes para o avanço dos estudos sobre tomada de decisão e seu impacto em mercados acionários. Desse modo, esperamos ter contribuído, de alguma maneira, para a evolução do pensamento econômico.

⁹⁶ Essa consideração foi feita através da observação do movimento de preços de ativos financeiros reais, que podem ser encontrados (observados) em plataformas como: *Bloomberg*, *ValorPro* ou *Economática*.

⁹⁷ Algumas análises fundamentalistas, utilizadas (observadas) para essa consideração, estão disponibilizadas na plataforma de diversas corretoras de valores mobiliários tais quais, Itaú Corretora, JPMorgan *Investment Bank*, entre outras. Considerando que a análise fundamentalista, e os agentes que a seguem (agentes fundamentalistas), baseiam-se em estudo dos fundamentos das empresas e suas ações para determinar seu “preço justo” e assim auferir ganhos através da alta e evitar a perda na baixa – usam da estratégia de “compra na baixa e vendem na alta” – observamos que a análise fundamentalista considera que durante determinados períodos os preços de mercado dos ativos não estão atrelados aos seus “valores justos”.

⁹⁸ Tal consideração, foi baseada na observação de dados referentes a taxa de retorno disponibilizadas na plataforma *Bloomberg*.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ALLAIS, M. Le comportement de l'homme rationnel devant le risqué: critique des postulats et axiomes de l'école américaine. *Econometrica*, v. 21, n. 4, 1953.
- ALLEN, R. G. D.; HICKS, J. R. A reconsideration of the theory of value. *Economics, New Series*, v. 1, n. 2, 1934.
- ANGNER, E.; LOEWENSTEIN, G. Behavioral economics. Elsevier's *Handbook of the Philosophy of Science*, v. 5, 2006.
- ARTHUR, W. B.; HOLLAND, J. H.; LEBARON, B.; PALMER, R.; TAYLOR, P. Asset pricing under endogenous expectations in an artificial stock market. In: ARTHUR, W. B. *et al. The economy as an evolving complex system II*. Reading, MA: Addison-Wesley, 1997.
- ARTHUR, W. B. Inductive reasoning and bounded rationality. *The American Economic Review*, v. 82, 1994.
- BARBIERI, F. Utilidade cardinal, mensurabilidade e a evolução do pensamento metodológico. In: XLI Encontro Nacional de Economia, 2014, Natal. **Anais**: XLI Encontro Nacional de Economia, 2014.
- BELSKY, G.; GILOVITH, T. *Proteja seu dinheiro de você mesmo*. São Paulo: Futura, 2002.
- BERNOULLI, D. Specimen theoriae novae de mensura sortis. commentari academiae scientiarum imperialis petropolitanae. Versão traduzida: Exposition of a new theory on the measurement of risk. *Econometrica*, (1738 [1954]).
- BERNSTEIN, P.L. *Against the gods: The remarkable story of risk*. New York: John Wiley & Sons, 1996
- BERTELLA, M. A.; PIRES, F. R.; FENG, L.; STANLEY, H. E. Confidence and the stock market: an agent-based approach. *Plos One*, v. 9, 2014.
- BLACK, F. Noise. *Journal of Finance*, n. 41, 1986.
- BORGES, E. C. *O Efeito comportamental na decisão de investimento: o impacto dos preços máximos e mínimos das últimas 52 semanas no volume negociado*. Dissertação de mestrado, Escola de Administração de Empresas de São Paulo, São Paulo, 2007.
- BROCK, W.; HOMMES, C. Heterogeneous beliefs and routes to chaos in a simple asset pricing model. *Journal of Economic Dynamics and Control*, v. 22, 1998.
- BRUM, C. A. H. *Aprenda a investir em ações e a operar na bolsa via internet*. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2006.
- CAMPBELL, J. Y.; LO, A. W.; MACKINLAY, A. C. *The econometrics of financial markets*, Princeton University Press, 1997.
- CARVALHO, F. Keynes on probability, uncertainty, and decision making. *Journal of Post Keynesian Economics*, v. 11, n. 1, 1998.

- CASTRO, A. S. R. *Economia comportamental: caracterização e comentários críticos*. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014.
- CHALLET, D.; ZHANG, Y. C. Emergence of cooperation and organization in an evolutionary mix game. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, v. 246, 1997.
- CHEN, S. H.; LUX, T.; MARCHESI, M. Testing for non-linear structure in an artificial financial market. *Journal of Economic Behavior & Organization*, v. 26, 2001.
- CHEN, S. H.; YEH, C. H. Evolving traders and the business school with genetic programming: A new architecture of the agent-based artificial stock market. *Journal of economic dynamic and control*, v. 25, 2001.
- CHIARELLA, C.; IORI, G. A simulation analysis of the microstructure of double auction markets. *Quantitative Finance*, v. 2, 2002.
- COMERER, C.; LOEWENSTEIN, G. Behavioral Economics: past, present and future. In: CAMERER, C. et al. *M. Advances of Behavioral Economics*, Princeton: Princeton University Press, 2004.
- CUSINATO, T. R. *Teoria da decisão sob incerteza e a hipótese da utilidade esperada: conceitos analíticos e paradoxos*. Dissertação de mestrado, Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.
- DAMODARAN, A. *Avaliação de Investimentos*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1999.
- DAVID, F.N. *Games, God, and Gambling*. New York: Hafner Publishing Company, 1962.
- DAVIDSON, P. Uncertainty in economics. In: DOW, S.; HILLARD. J. *Keynes, knowledge and uncertainty*. Aldershort: E. Elgar, 1995.
- DAVIDSON, P. Rational expectations: a fallacious foundation for studying crucial decision-making processes. *Journal of Post Keynesian Economics*, v. 5, n. 2, 1983.
- DEBONDT, W.; THALER, R. Does the stock market overreact? *Journal of Finance*, v. 40, n. 3, 1985.
- DEQUECH, D. Uncertainty: individuals, institutions and technology. *Cambridge Journal of Economics*, v. 28, n. 3, 2004.
- DEQUECH, D. Fundamental uncertainty and ambiguity. *Eastern Economics Journal*, v. 26, n. 1, 2000.
- DEQUECH, D. Uncertainty in a strong sense: Meaning and sources. *Economic Issues*, v. 2, n. 2, 1997.
- DIAS, C.L.C. *Uma reconstrução racional da concepção utilitarista de Bentham: os limites entre a ética e a legislação*. Dissertação de mestrado, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da USP, 2006.
- EARL, P. *Behavioral Economics*. Aldeshort: Edward Eldar, 1988.
- EDGEWORTH, F. Y. *Mathematical Psychics: an essay on the application of mathematics to the moral sciences*. London: C. Kegan Paul, 1881.

- EHRENTREICH, N. *Agent-Based Modeling: The Santa Fe institute artificial stock market model revisited*. Berlin, Springer-Verlag, 2008.
- ELLSBERG, D. Nations of measurable utility. *The Economic Journal*, 1954.
- ELTON, J. E.; GRUBER, M. J. *Modern portfolio theory and investment analysis*, John Wiley & Sons, 1995.
- FAMA, E. Efficient capital markets II, *Journal of Finance*, n. 22, 1991.
- FAMA, E. Efficient capital market; a review of theory and empirical work. *Journal of Finance*, v. 25, n. 2, 1970.
- FARMER, J. D.; JOSHI, S. The price dynamics of common trading strategies. *Journal of economic behavior and organization*, v. 49, 2002.
- FERREIRA, V. R. M. *Psicologia Econômica: estudo do comportamento econômico e da tomada de decisão*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.
- FONSECA, N. C.; SANTOS, R. Um modelo de simulação a partir do ambiente Netlogo. In: XX EREMAT – Encontro Regional de Estudantes de Matemática da Região Sul, 2015, Bagé. **Anais:** XX EREMAT – Encontro Regional de Estudantes de Matemática da Região Sul, 2014.
- GALLO, E. S. A presença do viés comportamental na tomada de decisão e suas implicações no mercado financeiro e de capitais: um estudo sobre o efeito overreaction e a utilização de um ponto de referência. In: XVIII Encontro de Economia da Região Sul – Anpec-Sul, 2015, Porto Alegre. **Anais:** XVIII Encontro de Economia da Região Sul – Anpec-Sul, 2015.
- GITMAN, L. J. *Princípios de Administração Financeira*. 7.ed. São Paulo: Harbra, 1997.
- GOSSSEN, H. H. *Entwicklung der gesetze des menschlichen verkehrs und der daraus fliessenden regln für menschliches handeln*, Berlin: R. L. Prager, 1927 [1854].
- GOU, C. *et al.* Prediction of stock market by the evolutionary mic-game model. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, v. 387, 2008.
- GOU, C. The relations between agent performances and their intellectual abilities in mix-game. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, v. 378, 2007.
- GOU, C. Deduction of initial strategy distribution of agents in mix -game models *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, v. 371, 2006a.
- GOU, C. The simulation of financial markets by an agent-based mix-game model. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, v. 9, n. 3, 2006b.
- HART, M. L.; LAMPER, D. JOHNSON, N. F. An investigation of crash avoidance in a complex system. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, v. 361, 2002.
- HUDDART, S.; LANG, M.; YETMAN, M. Psychological factors, stock price paths and trading volume. *Pennsylvania State University*, 2006.
- HUGON, P. *História das doutrinas econômicas*. São Paulo: Atlas, 1995.
- IKEDA, R. H.; JUNIOR, T. S. R. Mercados eficientes e arbitragem: um estudo sob o enfoque das finanças comportamentais. *Revista Contabilidade e Finanças*, n. 34, 2004.

- JENSEN, M. Some anomalous evidence regarding market efficiency. *Journal of Finance Economics*, n. 6. 1978.
- JEVONS, W. S. The theory of political economy. Versão traduzida: A teoria da economia política. São Paulo: Nova Cultura, 1996 [1871].
- JOHANSEN, A.; LEDOIT, O.; SORNETTE, D. Crashes ad critical point. *International Journal of Theoretical and Applied Finance*, v. 3, n. 1, 2000.
- KAHNEMAN, D. *Thinking, fast and slow*. New York: Farrar, Straus and Giroux, 2011.
- KAHNEMAN, D. NOVEMSKY, N. The Boundaries of loss aversion. *Journal of Marketing Research*, v. 42, 2005.
- KAHNEMAN, D.; TVERSKY, A. Choices, values and frames. *American Psychological Association*, v. 39, n. 4, 1984.
- KAHNEMAN, D.; TEVERSKY, A. Prospect theory: an analysis of decision under risk. *Econometrica*, v. 47, n. 2, 1979.
- KAHNEMAN, D.; TVERSKY, A. Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases, *American Psychological Association*, v. 185, n. 4157, 1974.
- KAHNEMAN, D.; TVERSKY, A. On the psychology of prediction. *Psychological Review*, v. 80, n. 4, 1973.
- KAHNEMAN, D.; TVERSKY, Subjective probability: a judgment of representativeness. *Cognitive Psychology*, v. 3, 1972.
- KAST, R. *La théorie de la decision*. Paris : La découverte, 1993.
- KATONA, G.; FISHER, J. A. Post-war changes in the income of identical consumer units. *NBER-Studies in income and wealth*, n. 18, 1951.
- KEYNES, J. M. *The General Theory of Employment, Interest and Money*. New York: Harcourt, 1936.
- KEYNES, J. M. The general theory of employment. The Quarterly Journal of Economics, February. *The collected writing of John Maynard Keynes*, v. 14, 1937.
- KNIGHT, F. H. *Risk, uncertainty e profit*. New York: Century Press, 1964 [1921].
- LAPLACE, P. S. “Concerning Probability”. In: NEWMAN, J.R. *The world of mathematics: A small library of the literature of mathematics from A'h-mosé the scribe to Albert Einstein*. Washington: Tempus Press, (1814 [1988], pp. 1303-1308).
- LAWSON, T. *Economics and reality*. London: Routledge, 1997.
- LE ROY, F.; PORTER, P. The present value relation: teste implied variance bounds, *Econometrica*, n. 49, 1981.
- LEBARON, B. Agent-based Computational Finance. *Handbook of Computational Economics*, v. 2, 2006.
- LEBARON, B. *Agent-based Computational Finance*. International Business School, Brandeis University, Waltham, MA, 2005.
- LEBARON, B. *Building the Santa Fe artificial stock market*. Waltham, MA, Brandeis University, 2002b.

- LEBARON, B. *Calibrating an agent-based financial market*. Waltham, MA, Brandeis University, 2002a.
- LEBARON, B.; ARTHUR, B. W.; et al. Time series properties of an artificial stock market. *Journal of Economic Dynamics & Control*, v. 23, 1999.
- LEVY, M.; LEVY, H.; SOLOMOM, S. *Microscopic simulation of financial markets: from investor behavior to market phenomena*. Academic Press, 2000.
- LEVY, M.; LEVY, H.; SOLOMOM, S. A microscopic model of the stock market: Cycles, booms, and crashes. *Economics Letters*, v. 45, 1994.
- LIMA, L. A. O. Auge e declínio da hipótese dos mercados eficientes. *Revista de Economia Política*, v. 23, n. 4, 2003.
- LITNER, J. Distribution of incomes of corporation's dividends. *American economic review*, v. 46, 1956.
- LOVRIC, M. *Behavioral finance and agent-based artificial markets*. PhD Dissertation. Erasmus University Rotterdam, Rotterdam, 2011.
- MACAL, C. M.; NORTH, M. J. Tutorial on agent-based modelling and simulation. *Journal of Simulation*, n.4, 2010.
- MARKOWITZ, H. Portfolio selection. *Journal of Finance*, v. 7, n. 1, 1952.
- MENEZES, W. F. Escolha e decisão em situação de incerteza e riscos. *Revista Nexos*, v. 5, n. 9, 2012.
- MENGER, C. *Principles of Economics*. Auburn: Ludwig von Mises Institute, 2007 [1871].
- MILANEZ, D. *Finanças comportamentais no Brasil*. Dissertação Mestrado, Faculdade de Economia e Administração da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- PARETO, V. *Manual d'e economia política*. Versão traduzida: Manual de economia política. São Paulo: Nova Cultura, 1996 [1906].
- PIRES, F. R. *Finanças comportamentais e modelos baseados em agentes*. Dissertação mestrado, Programa de Pós-graduação em Economia da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Araraquara, 2012.
- QUINTANA, M. Na volta da esquina. Porto Alegre: Globo, 1978.
- RABELO J. T. S.; IKEDA, R. H. Mercados eficientes e arbitragem: um estudo sob o enfoque das finanças comportamentais. *Revista Contabilidade & Finanças*, São Paulo, v.15, n. 34, 2004.
- ROGERS, P. et al. Finanças comportamentais no Brasil: um estudo comparativo. *Revista de Economia e Administração*, São Paulo, v. 6, n.1, 2007.
- ROSS, S. A. *Neoclassical Finance*. New Jersey: Princeton University Press, 2005.
- ROSS, S. A.; WESTERFILD, R. W.; JAFFE, J. F. *Administração financeira*. São Paulo: Atlas, 2002.
- RUBINSTEIN, M. Rational markets: yes or no? The affirmative case. *Financial Analysts Journal*, v. 57, n. 3, 2001.

- RUNDE, J. Chances and choices: Some note on probability and belief in economic theory. *The Monist*, v. 78, n. 3, 1995
- RUNDE, J. Keynesian uncertainty and the instability of beliefs. *Review of Political Economy*, v. 3, n. 2, 1991.
- RUNDE, J. Keynesian uncertainty and the weight of arguments. *Economics and Philosophy*, v. 6, 1990.
- SAMSON, A. Introdução a economia comportamental. In: AVILA, F.; BIANCHI, A. (Orgs.). *Guia de Economia Comportamental e Experimental*. São Paulo: Creative Commons Attributions, 2015.
- SAVAGE, L. J. *The foundations of Statistics*. New York: Wiley, 1954.
- SCHKADE, D. A.; KAHNEMAN, D. Does Living in California make people happy? A focusing illusion in judgment of life satisfaction. *Psychological Science*, v. 9, n. 5, 1998.
- SHACKLE, G. L.S. *Time, expectations and uncertainty in economics*. Selected essays. Aldershot: E. Elgar, 1990.
- SHACKLE, G. L. S. *A scheme of economic theory*. Cambridge: Cambridge University Press, 1965.
- SHAFIR, E.; THALER, R. Invest now, drink later, spend never: on the mental accounting of delayed consumption. *Journal of Economic Psychology*, v. 27, n. 5, 2006.
- SHARPE, W. F. Capital asset prices: a theory of market equilibrium under conditions of risk. *Journal of Finance*, n. 19, 1964.
- SHLEIFER, A. *Inefficient markets: an introduction to behavioral finance*. New York: Oxford University Press, 2000.
- SHILLER, R. J. Do stock prices move too much to be justified by subsequent changes in dividends? *The American Economic Review*, v. 71, n. 3, 1981.
- SHLEIFER, A.; VISHNY, R. The limits of arbitrage. *Journal of Finance*, n. 52, 1997.
- SIMON, H. A. *Models of man: Social and rational. Mathematical essays of rational human behavior in society setting*. New York: Wiley, 1957.
- SLOVIC, P.; FLEISSNER, D.; BAUMAN, W. S. Analyzing the use of information in investment decision making: a methodological proposal. *Journal of Business*, v. 45, 1972.
- SLOVIC, P.; LICHTENSTEIN, S. Comparison of Bayesian and regression approaches to the study of information processing in judgment. *Organizational Behavior and Human Performance*, v. 6, 1971.
- SORNETTE, D.; JOHANSEN, A. Large financial crashes. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, v. 245, 1997.
- STEWART, I. *Será que Deus joga dados? - A nova matemática do caos*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1991.
- TAKAHASHI, H.; TERANO, T. Agent-based approach to investor's behavior and asset price fluctuation in financial markets. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, n. 6, 2003.

TAY, N. LINN, S. C. Fuzzy inductive reasoning, expectation formation and the behavior of security prices. *Journal of Economic Dynamic & Control*, v. 25, 2001.

TESFATSION, L. Agent-based computation economics: growing economies from the bottom up. *Artificial Life Winter*, v. 8, n. 1, 2002.

THALER, R.; SUNSTEIN, C. R. Libertarian paternalism. *American Economics Review*, n. 93, 2003.

THALER, R.; BARBERIS, N. *A survey of behavioral finance*. Handbook of the economics of finance, 2002.

THALER, R. Toward a positive theory of consumer choice. *Journal of Economic Behavior and Organization*, v. 1, 1980.

TOMER, J. F. What is behavior economics? *The journal of Socio-Economics*, v. 36, 2007.

TORRALVO, C. F. *Finanças comportamentais: uma aplicação da teoria do prospecto em alunos brasileiros de pós-graduação*. Dissertação de Mestrado em Administração – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

VARIAN, H. R. *Microeconomia: princípios básicos*. São Paulo: Campus, 2006.

VIRCELLI, A. From soft uncertainty to hard environmental uncertainty. *Economie Appliquée*, v. 48, n. 2, 1995.

VIRCELLI, A. Uncertainty, rationality and learning a Keynesian perspective. In: DOW, S.; HILLARD, J. *Keynes, uncertainty and the global economy*. Cheltenham: E. Elgar, 2002.

VON HOLSTEIN, C. S. S. Tow technique for assessment of subjective probability distribution: an experimental study, *Acta psychological*, v. 35, 1971.

VON NEUMANN, J.; MORGENSTERN, O. *Theory of games and economic behaviour*. New Jersey: Princeton University Press, 1980 [1944].

WALRAS, L. *Compêndio dos elementos de economia política pura. Os economistas*. São Paulo: Nova cultura, 1996 [1874].

WALRAS, L. *Étude d'économie politique appliquée*. Paris : Chez Pichon, 1898.

WILKINSON, N.; KLAES, M. *An Introduction to Behavioral Economics*. London: Palgrave Macmillan, 2 ed., 2012.

WINKLER, R. L. The assessment of prior distribution in Bayesian analysis. *Journal of American Statistic Association*, v. 62, 1967.

ZSCHISCHANG, E.; LUX, T. Some new results on the Levy, Levy and Solomon microscopic stick market model. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, v. 291, 2001.

Santa fe Artificial stock market:

<http://www2.econ.iastate.edu/classes/econ308/tesfatsion/SFISStockOverview.LT.pdf>

A função de utilidade esperada da riqueza, delineada pela função de utilidade descrita abaixo, se faz relevante a partir do entendimento de que a mesma pode ser escrita com base no retorno médio esperado e variância do retorno esperado. Para isso é necessário que o retorno esperado ($E(p_{t+1} + d_{t+1})$) possua distribuição normal.

$$U(W_{i,t}) = -exp^{-\lambda w_{it}}$$

Assim, a forma da função utilidade esperada, no formato da função descrita acima, segundo Varian (1992, p. 189), será:

$$EU(W_{i,t}) = - \int e^{-\lambda w_{it}} f(W_{i,t}) dw = -e^{-\lambda(E(W_{it}) - \lambda \sigma^2/2)}$$

Portanto, a quantidade demandada que maximiza esta função de utilidade esperada pode ser obtida através dos; i) retorno esperado; ii) variância dos retornos; iii) substituição desses valores na função de utilidade esperada; iv) calculando a primeira derivada desta função e igualando a zero, cumprindo com as condições de primeira ordem. Dado o pressuposto aversão ao risco, a função de utilidade é considerada côncava, a segunda derivada é considerada negativa e a quantidade demanda, que maximiza a função utilidade, é considerada ponto de máximo.

- **Determinação do retorno esperado**

O valor do recurso financeiro do agente i no tempo t , segundo o modelo, pode ser obtido através da equação:

$$W_{i,t+1} = qd_{i,t}(p_{t+1} + d_{t+1}) + (W_{i,t} - p_t qd_{i,t})(1 + r),$$

Assim, o valor do recurso financeiro esperado do agente i pode ser descrita:

$$E(W_{i,t}) = \sum \pi [qd_{i,t}(p_{t+1} + d_{t+1}) + (W_{i,t} - p_t qd_{i,t})(1 + r)],$$

onde,

π : probabilidade de ocorrência de possíveis resultados.

$$E(W_{i,t}) = qd_{i,t} \sum \pi (p_{t+1} + d_{t+1}) + (W_{i,t} - p_t qd_{i,t}) \sum \pi (1 + r),$$

$$E(W_{i,t}) = qd_{i,t} E(p_{t+1} + d_{t+1}) + (W_{i,t} - p_t qd_{i,t})(1 + r),$$

onde,

r : taxa de retorno do ativo livre de risco, sempre constante.

⁹⁹ O desenvolvimento da problematização da maximização da utilidade esperada, descrita neste trabalho é o mesmo que foi utilizado no trabalho de Pires (2012).

- **Variância da do recurso financeiro**

$$\sigma^2 = \sum \pi [qd_{i,t}(p_{t+1} + d_{t+1}) + (W_{i,t} - p_t qd_{i,t})(1+r) - E(W_{i,t})]^2$$

$$\sigma^2 = \sum \pi [qd_{i,t}(p_{t+1} + d_{t+1}) + (W_{i,t} - p_t qd_{i,t})(1+r) - qd_{i,t} E(p_{t+1} + d_{t+1}) - (W_{i,t} - p_t qd_{i,t})(1+r)]^2$$

$$\sigma^2 = \sum \pi [qd_{i,t} (p_{t+1} + d_{t+1}) - qd_{i,t} E(p_{t+1} + d_{t+1})]^2$$

$$\sigma^2 = \sum \pi qd_{i,t}^2 [(p_{t+1} + d_{t+1}) - E(p_{t+1} + d_{t+1})]^2$$

- **Quantidade demandada calculada pela maximização da função utilidade esperada.**

$$\max EU (W_{i,t}) = -e^{-\lambda(E(W_{i,t}) - \lambda \sigma^2/2)}$$

$$\max EU (W_{i,t}) = -e^u ,$$

em que,

$$u = -\lambda [qd_{i,t} E(p_{t+1} + d_{t+1}) + (W_{i,t} - p_t qd_{i,t})(1+r) - \lambda \frac{\sum \pi qd_{i,t}^2 [(p_{t+1} + d_{t+1}) - E(p_{t+1} + d_{t+1})]^2}{2}]$$

- **Ponto de máximo**

$$\frac{\partial EU (W_{i,t})}{\partial qd_{i,t}} = -e^u * \frac{du}{dqd_{i,t}} = 0$$

$$\frac{du}{dqd_{i,t}} = 0$$

$$-\lambda E(p_{t+1} + d_{t+1}) + \lambda p_t (1+r) + qd_{i,t} \lambda^2 E [(p_{t+1} + d_{t+1}) - E(p_{t+1} + d_{t+1})]^2 = 0$$

$$qd_{i,t} \lambda^2 E [(p_{t+1} + d_{t+1}) - E(p_{t+1} + d_{t+1})]^2 = -\lambda [E(p_{t+1} + d_{t+1}) + \lambda p_t (1+r)]$$

$$qd_{i,t} = \frac{\lambda [E(p_{t+1} + d_{t+1}) - p_t (1+r)]}{\lambda^2 E [(p_{t+1} + d_{t+1}) - E(p_{t+1} + d_{t+1})]^2}$$

$$qd_{i,t} = \frac{E_{i,t}(p_{t+1} + d_{t+1}) - p_t (1+r)}{\lambda \sigma_{p+d}^2}$$

- **Variância percebida dos retornos**

$$\sigma_{i,t,p+d}^2 = (1-\theta) \sigma_{i,t-1,p+d}^2 + \theta [p_t + d_t - E_{i,t-1}(p_t + d_t)]^2$$

O parâmetro θ determina o peso do erro quadrado recente em contraposição ao peso colocado sobre o erro passado. Esse parâmetro é de fundamental importância pois, quanto maior o peso que o agente determinar aos desvios recentes, maior será a sua propensão à considerar ruídos do mercado, tornando assim, o mercado mais volátil. Tendo em vista que nosso objetivo com o primeiro experimento é criar um mercado próximo a HME, o peso dado a esse parâmetro θ será 1.