

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS**

CARLISSON CORREIA SOUZA

**ECONOMIA COMPORTAMENTAL APLICADA ÀS NEGOCIAÇÕES DE PESSOAS
FÍSICAS NO MERCADO FINANCEIRO:
Uma análise econométrica de risco e retorno**

Rio de Janeiro
2021

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS**

CARLISSON CORREIA SOUZA

**ECONOMIA COMPORTAMENTAL APLICADA ÀS NEGOCIAÇÕES DE PESSOAS
FÍSICAS NO MERCADO FINANCEIRO:
Uma análise econométrica de risco e retorno**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Economia da
Universidade Federal do Rio de Janeiro como exigência para obtenção do título
de Bacharel em Ciências Econômicas.

Orientadora: Dra. Susan Schommer

Rio de Janeiro
2021

CARLISSON CORREIA SOUZA

ECONOMIA COMPORTAMENTAL APLICADA ÀS NEGOCIAÇÕES DE PESSOAS FÍSICAS
NO MERCADO FINANCEIRO: UMA ANÁLISE ECONOMETRICA DE RISCO E RETORNO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Instituto de Economia da Universidade Federal do
Rio de Janeiro, como requisito para a obtenção do
título de Bacharel em Ciências Econômicas.

Rio de Janeiro, 6/7/2021.

SUSAN SCHOMMER - Presidente

Professora Dra. do Instituto de Economia da UFRJ

RONALDO ANDRADE DECCAX

Doutor em Administração - COPPEAD/UFRJ

KELLI ANGELA CABIA LIMA DE MIRANDA

Professora Dra. do Instituto de Economia da UFRJ

Agradecimentos

Primeiramente, obrigado a Deus, que foi onde não pude ir, tocou onde não alcancei e abençoou o fruto do meu trabalho.

Gostaria de agradecer à minha mãe, Rita Lucienne Barbosa Correia, por ser a minha base e por sempre ter sido a minha principal referência de honestidade, luta e perseverança. Com o seu exemplo, sempre perseverante e nunca desistindo diante das lutas, sempre me motivou a não desistir dos meus sonhos. Muito obrigado por ter me dado atenção, carinho e amor ao longo de todo esse tempo, por ter feito tudo o que fez por mim e por um ser exemplo de mãe e ser humano.

Agradeço ao meu filho, Pietro Cabral Correia, cuja doçura e inocência são fontes de infinita força para lutar pelas conquistas que lhe trarão dias melhores. Agradeço por, ainda tão novo, compreender os meus dias de ausência, que foram necessários para que pudesse trazer esse diploma para nossas vidas.

"Uma pessoa que não se conforma com suas perdas está vulnerável a aceitar riscos que, para ela, não seriam aceitáveis em qualquer outra situação."

- Daniel Kahneman

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido na interseção entre a economia comportamental e o mercado financeiro. Estudamos o conceito de aversão a perdas, viés cognitivo proposto por Daniel Kahneman. Buscamos entender qual o desdobramento prático desse viés no comportamento dos agentes econômicos ao realizarem operações financeiras em bolsa de valores. Sistematizamos tal comportamento e o replicamos através de um algoritmo de forma computacional. Medimos os resultados obtidos para as diferentes intensidades de aversão a perdas simuladas pelo algoritmo. Com os dados extraídos, buscamos inferir através de um modelo econométrico qual o tamanho do impacto que um aumento na aversão a perdas pode vir a causar na performance da rentabilidade obtida pelo investidor.

Palavras-chave: Economia Comportamental; Finanças Comportamentais; Julgamento e Tomada de Decisão; Viés Cognitivo; Aversão a Perdas; Daniel Kahnemann; Algoritmo de Negociação; *Algotrading*; Incerteza; Risco; Retorno Esperado; Mercado Financeiro; Bolsa de Valores.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Preferências entre prospectos positivos e negativos	22
Figura 2 – Gráfico Ibovespa	34
Figura 3 – Gráfico Ibovespa	36
Figura 4 – Gráfico Ibovespa.....	37

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. O CONCEITO DE AVERSÃO A PERDAS	2
2.1 Economia comportamental.....	2
2.2 Heurísticas e Vieses	10
2.3 Alguns dos Principais Vieses que Interferem nas Decisões de Aplicações Financeiras	13
2.3.1 Viés de Aversão a Perdas	13
2.3.1.1 Aversão a Perdas e a Tendência de Encurtar os Ganhos	20
2.3.1.2 Aversão a Perdas e a Tendência de Alongar as Perdas.....	21
2.3.2 Viés de Custos Afundados.....	23
2.3.3 Efeito Dotação e o Viés do Status Quo.....	24
2.3.4 Efeito House Money e Efeito Break-Even	25
3. O IMPACTO DA AVERSÃO A PERDAS SOBRE O RESULTADO ESPERADO EM SITUAÇÕES DE INCERTEZA.....	27
3.1 Efeito Disposição.....	28
3.2 A escolha do ambiente de incertezas adequado para fins do modelo econométrico ..	29
3.3 Modelagem dos Dados.....	33
3.4 Metodologia e Algoritmo de Simulação.....	39
3.5 O Método Econométrico	42
3.6 O Resultado do Modelo: O Parâmetro β_2	45
4. CONCLUSÃO.....	52
Referências Bibliográficas	54
ANEXO A.....	56

1. INTRODUÇÃO

O objetivo desse trabalho é discutir, à luz das recentes descobertas da economia comportamental, o julgamento e a tomada de decisões dos agentes econômicos no mercado financeiro. O trabalho é direcionado às negociações em renda variável de agentes pessoas físicas, onde os vieses cognitivos estudados pela economia comportamental apresentam maior espaço para se manifestarem devido à ausência de regras rígidas de controle de risco. O trabalho foca em um dos principais pontos de estudo, senão o principal, das finanças comportamentais: a relação risco-retorno e os vieses cognitivos que atacam o equilíbrio entre essas duas variáveis.

Será a partir das contribuições de Daniel Kahnemann, prêmio Nobel em Economia no ano de 2002, que esse trabalho pautará o desenvolvimento de sua análise – os trabalhos de Kahnemann verificaram empiricamente que vieses cognitivos prevaleciam em detrimento da, amplamente postulada no *mainstream*, racionalidade dos agentes. Em algumas situações de incerteza, essa quebra de racionalidade leva o ser humano a uma tendência natural, um viés cognitivo chamado de aversão a perdas, onde, inconscientemente, o agente econômico aceita correr mais risco e ao mesmo tempo que limita o seu ganho potencial, levando a possíveis prejuízos financeiros.

Primeiramente, esse trabalho buscará explicar como isso ocorre, revisitar tais conceitos aplicando-os no âmbito das negociações de pessoas físicas no mercado financeiro. Após essa primeira contextualização, e como objetivo central do trabalho, realizar-se-á um estudo econométrico objetivando medir o impacto financeiro desse viés, aversão a perdas, nas negociações das pessoas físicas. Para realizar a análise econométrica foi desenvolvido, exclusivamente para esse estudo, um algoritmo utilizando a linguagem de programação MQL5, nativa da plataforma MT5®, através do qual serão modelados os comportamentos dos agentes econômicos e simuladas milhares de negociações na bolsa de valores com base no histórico real de preços, com objetivo de estabelecer empiricamente o impacto financeiro que a aversão a perdas pode ter na performance dos investidores.

2. O CONCEITO DE AVERSÃO A PERDAS

O objetivo deste capítulo é explicar e contextualizar o conceito de aversão a perdas. Será introduzida a área do conhecimento que engloba este conceito, a economia comportamental. Será exposta a construção do pensamento, que se deu ao longo da segunda metade do século passado, para que em 1979 pudesse ser cunhado, por Daniel Kahneman, o conceito de aversão a perdas. Esse conceito será situado dentro dessa área, para isso será apresentada a teoria que dá base à sua fundamentação, a teoria da perspectiva, que rendeu ao seu autor, Daniel Kahneman, a laureação com o prêmio Nobel de economia, em 2002. No decorrer deste capítulo será visto também que, recentemente, mais três autores, um antes de Kahneman e dois após, também foram laureados com tal prêmio devido aos avanços feitos na surgente área da economia comportamental. Por último, serão apresentados os estudos empíricos que indicam a influência da aversão a perdas dos agentes econômicos em sua tomada de decisão. Apresentadas as devidas fundamentações matemáticas que baseiam a teoria da perspectiva, contraposto o conceito de aversão ao risco com a aversão a perdas, e mostradas as limitações da conhecida teoria da utilidade esperada, que serão evidenciadas conforme forem apresentadas as soluções de problemas propostas pela teoria da perspectiva.

A aversão a perdas é uma tendência comportamental que foi verificada e estudada pelos autores da área da economia comportamental, área que será tratada a seguir. Os capítulos deste trabalho são encadeados. Dessa forma, neste capítulo faremos a apresentação de conceitos que serão aplicados no terceiro capítulo, portanto, a compreensão dos próximos conceitos aqui trabalhados é fundamental para o entendimento do Capítulo III.

2.1 Economia comportamental

O objetivo deste tópico é fornecer uma sucinta noção no que consiste a área de economia comportamental através da enumeração dos principais autores e da exposição de um panorama geral sobre algumas de suas principais ideias, ou então dos nichos de conhecimento sobre os quais trataram suas principais pesquisas. Pretende-se que essa exibição seja feita de forma cronológica para que o leitor possa também compreender o caminho de desenvolvimento dessa área.

A economia comportamental é uma área de estudos com a proposta de entender e modelar as decisões dos agentes econômicos de forma mais realista. Traz modelos de julgamento e tomada de decisão ancorados em lógica, muitas vezes também na formalização matemática, porém levando em consideração os desenvolvimentos teóricos e as descobertas empíricas no campo da neurociência, da psicologia cognitiva, do behaviorismo e de outras ciências comportamentais. Portanto, critica concepção de “homo economicus” totalmente capaz de otimizar racionalmente todas suas decisões e com capacidade ilimitada de processar informações. Em contraposição, a economia comportamental entendeu e mapeou as regras práticas e simplificadas usadas nas decisões dos agentes, que buscam rapidez no processo decisório, aceitam soluções apenas satisfatórias, apresentam falhas sistematizáveis de julgamento e são emocionalmente influenciados em situações de risco e incerteza.

Área recente, cujo embrião aponta para a década de 1950, com o trabalho, “Um modelo Comportamental de Escolha Racional”, de Herbert Simon, onde foi cunhado o famoso termo “racionalidade limitada” (Simon, 1955). Sua contribuição com esse trabalho foi apenas um vislumbre do que estava por vir, entretanto, resume bem a disciplina que ali estava nascendo. Simon propõe considerar os mecanismos cognitivos comportamentais que são de fato empregados pelo agente econômico. Mecanismos cognitivos esses, que nada mais são do que uma forma inata, dos próprios agentes, de contornar sua própria racionalidade limitada, sua capacidade de processamento de informações e a inviabilidade de ponderação das infinitas possibilidades com as quais se defronta em suas escolhas. Para exemplificar, destaca-se importante trecho desse trabalho onde Simon declara:

“Se examinarmos de perto o conceito clássico de racionalidade, nós veremos imediatamente quais são as severas sobrecargas que colocamos sobre o agente econômico. Ele precisa estar apto para anexar os pay-offs definidos para cada possibilidade de resultado. Isso, obviamente, envolve também a habilidade de especificar a exata natureza desses resultados. Os pay-offs precisam estar completamente ordenados e precisa ser possível sempre especificar, de maneira consistente, que um resultado é melhor do que, tão bom quanto, ou pior do que outro. E, se incerteza ou regras probabilísticas estão em questão, os resultados das alternativas particulares precisam ser conhecidos com precisão, ou pelo menos, precisa ser possível atrelar probabilidades definidas àqueles resultados.” (Simon, 1955, p. 103, tradução nossa)¹.

¹ *“If we examine closely the “classical” concepts of rationality outlined above, we see immediately what severe demands they make upon the choosing organism. The organism must be able to attach definite pay-offs (or at least a definite range of pay-offs) to each possible outcome. This, of course, involves also the ability to specify*

Seguindo o raciocínio, uma vez reconhecido o problema, mais à frente, o autor propõe:

“Minha proposição empírica é que há uma completa falta de evidência que, em situações reais de escolha humana de qualquer complexidade, essas computações possam ser, ou são de fato, performadas. A evidência introspectiva é certamente clara o suficiente, mas não podemos, certamente, desconsiderar a possibilidade que o inconsciente é um melhor tomador de decisões que o consciente. Não obstante, na ausência de evidência de que o conceito clássico realmente descreve o processo de tomada de decisão, parece razoável examinar a possibilidade que o processo real é bastante diferente do processo que as normas descrevem.” (Simon, 1955, p. 104, tradução nossa)².

A passagem acima, fala sobre o processo de racionalização para a tomada de decisão. Para Simon, é duvidável que esse processo ocorra na mente humana da forma quase que computacional e estritamente analítica como propõem as teorias que se apoiam no modelo de racionalidade clássico, como a teoria da utilidade, por exemplo. Na verdade, o agente econômico usaria um outro processo cognitivo mais de acordo com as disponibilidades e limitações que possui. A questão chave para entender Simon é identificar que, se o processo real de racionalização não é o mesmo – que o proposto pela teoria *mainstream* – então o resultado dessa racionalização também poderá não ser o mesmo do modelo clássico que Simon menciona. Simon, ao longo de seu trabalho, introduz algumas modificações ao modelo matemático, que parecem, na base do empiricismo casual, corresponder ao processo comportamental observado, e que levam a uma simplificação computacional no processo de tomada de decisão em relação àquele proposto pelo modelo de racionalidade clássica. Mas, como já dito, essa foi a tentativa embrionária de economistas na direção de considerar as limitações cognitivas e a incapacidade da mente humana de conseguir solucionar problemas dentro dos padrões exigidos por um comportamento economicamente racional. Essa tentativa

the exact nature of the outcomes - there is no room in the scheme for "unanticipated consequences." The pay-offs must be completely ordered - it must always be possible to specify, in a consistent way, that one outcome is better than, as good as, or worse than any other. And, if the certainty or probabilistic rules are employed, either the outcomes of particular alternatives must be known with certainty, or at least it must be possible to attach definite probabilities to outcomes.”

² *“My first empirical proposition is that there is a complete lack of evidence that, in actual human choice situations of any complexity, these computations can be, or are in fact, performed. The introspective evidence is certainly clear enough, but we cannot, of course, rule out the possibility that the unconscious is a better decision-maker than the conscious. Nevertheless, in the absence of evidence that the classical concepts do describe the decision-making process, it seems reasonable to examine the possibility that the actual process is quite different from the ones the rules describe.”*

rendeu ao autor, em 1978, a laureação com o prêmio Nobel de economia pela “sua pesquisa pioneira no processo de tomada de decisão nas organizações econômicas”, e nascia assim a economia comportamental.

A partir de então, a economia comportamental se desenvolveu com o intuito de unir as descobertas da psicologia com a economia para criar modelos que descrevem de maneira mais realista as escolhas dos indivíduos. Essa segregação inicial entre a disciplina da economia e da psicologia possivelmente tenha ocorrido em razão das diferentes metodologias utilizadas. Enquanto a economia escolheu o caminho de ser matematicamente formalizada, a psicologia se embasou no método experimental. Após a economia dar o primeiro passo em direção à psicologia, com Simon, formalizando matematicamente um modelo de tomada de decisão que envolvesse conceitos comportamentais, esse esforço teve uma contrapartida do lado da psicologia. Um ano após Simon receber o prêmio Nobel de economia pelos avanços na economia comportamental, dois psicólogos cognitivos, partindo do resultado de seus métodos experimentais, formalizaram falhas no modelo de predição da utilidade esperada. Em estudo, verificaram que as escolhas que a teoria da utilidade esperada apontaria como a racionalmente correta a se tomar simplesmente não batiam com as escolhas que eram sistematicamente feitas pelos participantes observados no estudo. Esses psicólogos foram Daniel Kahneman e Amos Tversky, o trabalho foi “Teoria da Perspectiva: Uma Análise da Decisão sob Risco”, a maior ruptura sobre o que é entendido até hoje a respeito da tomada de decisões sob incerteza. A Teoria da Perspectiva propõe substituir a teoria da utilidade esperada no que tange à incerteza, e também rendeu aos dois psicólogos o prêmio Nobel de economia em 2002.

A exploração das consequências da racionalidade limitada por Simon constituiu a base das pesquisas de Kahneman, oportunamente Simon mencionou na conclusão de seu trabalho:

“O objetivo desse artigo foi construir definições de ‘escolha racional’ que podem ser modeladas mais precisamente em cima do processo real das decisões presentes no comportamento dos agentes do que nas definições até então propostas (...) Um objetivo ainda mais amplo desse artigo, entretanto, ao construir essas definições de ‘racionalidade aproximada’, é prover materiais para a construção de uma teoria do comportamento do agente econômico”. (Simon, 1955, p. 114, tradução nossa)³.

³ “The aim of this paper has been to construct definitions of “rational choice” that are modeled more closely upon the actual decision processes in the behavior of organisms than definitions heretofore proposed.(...) The

Nessa passagem, Simon profetiza o que aconteceria em 1979, com a disruptiva teoria da perspectiva, escrita por Kahneman e Tversky. Praticamente a totalidade deste trabalho se desenvolve em cima dessa contribuição de Kahneman e Tversky. Essa teoria é a base para a formulação do conceito de aversão a perdas, que é o objeto central de estudo deste trabalho. O subcapítulo (2.3) é dedicado exclusivamente à apresentação da teoria da perspectiva.

Os dois autores apresentam uma crítica à teoria da utilidade esperada como um modelo descritivo de tomada de decisão sob risco e desenvolvem um modelo alternativo, chamado de “*prospect theory*”. Escolhas entre perspectivas arriscadas apresentam vários efeitos difusos que são inconsistentes com os princípios básicos da teoria da utilidade (Kahneman, 1979). Como o próprio Kahneman escreve na introdução do artigo:

“A teoria da utilidade esperada tem dominado as análises de tomada de decisão sob risco. Tem sido aceita de forma geral como o modelo normativo de escolha racional e amplamente aplicada como um modelo de comportamento econômico. Contudo, nela assume-se que todos os agentes econômicos racionais desejariam obedecer aos axiomas da teoria, e que a maior parte deles, de fato, o faz, na maior parte do tempo.

O presente artigo descreve vários problemas de escolha nos quais as preferências [dos agentes, empiricamente testadas] sistematicamente violam os axiomas da teoria da utilidade esperada. À luz dessas observações argumentamos que a teoria da utilidade, como é comumente interpretada e aplicada, não é um modelo descritivo adequado e propomos uma conta alternativa para escolhas sob risco.” (Kahneman, 1979, p. 263, nossa tradução)⁴.

Como já mencionado, da teoria da perspectiva advém o conceito de aversão a perdas, ambos serão tratados em um subcapítulo específico (2.3). E o capítulo III será exclusivamente destinado a medir, em contexto específico, os resultados desse comportamento de aversão a perdas nos resultados das negociações dos agentes econômicos.

broader aim, however, in constructing these definitions of “approximate” rationality is to provide some materials for the construction of a theory of the behavior of a human individual(...)”

⁴ *“Expected utility theory has dominated the analysis of decision making under risk. It has been generally accepted as a normative model of rational choice, and widely applied as a descriptive model of economic behavior. Thus, it is assumed that all reasonable people would wish to obey the axioms of the theory, and that most people actually do, most of the time.*

The present paper describes several classes of choice problems in which preferences systematically violate the axioms of expected utility theory. In the light of these observations we argue that utility theory, as it is commonly interpreted and applied, is not an adequate descriptive model and we propose an alternative account of choice under risk.”

Para o âmbito deste trabalho, é necessário nos determos às descobertas e proposições trazidas pela teoria da perspectiva, como é o caso da aversão a perdas. Entretanto, de forma mais abrangente, em termos de contribuições importantes para o desenvolvimento da área da economia comportamental, tivemos ainda dois autores que devem ser destacados: Robert Shiller e Richard Thaler, ambos também laureados com prêmio Nobel de economia, em 2013 e 2017 respectivamente, pelas suas contribuições aos avanços da economia comportamental, os dois posteriores à laureação de Kahneman.

Shiller foi considerado pelo comitê do Nobel como o fundador do campo de finanças comportamentais. Shiller, Ph.D. em economia pelo M.I.T., recebeu o prêmio Nobel por suas análises empíricas sobre precificação de ativos financeiros e é amplamente reconhecido como um dos mais influentes economistas no mundo da atualidade.

A área de finanças comportamentais possui as mesmas propostas de estudo que foram vistas até aqui a respeito da área de economia comportamental, porém aplicadas às decisões especificamente de cunho financeiro dos agentes, mais comumente às suas decisões de investimento. No caso dos estudos de Shiller, aplicou os pressupostos comportamentais retirados da psicologia ao modelo mais aceito de precificação de ativos financeiros, o chamado *Consumption Capital Asset Pricing Model (CCAPM)*. Em seus estudos, Shiller (1981b, p. 291-304) verifica que existe um excesso de volatilidade nos preços dos ativos financeiros que não é conciliável com a teoria padrão de precificação de ativos, o CCAPM. Essa descoberta desafiou a noção, até então amplamente aceita pela academia, de que os preços incorporam todas as informações disponíveis. Essa noção é um pilar da teoria padrão de precificação de ativos. Shiller atribuiu esse excesso de volatilidade aos fatores comportamentais, como por exemplo, as reações exageradas dos agentes, ou ainda, os modismos. Shiller define esses modismos e reações exageradas se baseando, dentre outros, nas descobertas de Tversky e Kahneman (1974), como será visto a seguir.

Shiller revisou os trabalhos de Kahneman que mostram que indivíduos estão sujeitos a vieses em suas decisões, onde foi mostrado através de experimentos que pessoas reagem mais que proporcionalmente a evidências superficiais, e sem qualquer base estatística. Shiller argumentou que os preços de ativos financeiros estão particularmente sujeitos a vieses psicológicos por causa da ambiguidade a respeito do seu valor justo, devido à falta de um modelo unanimemente aceito para valoração desses ativos. Ainda segundo Shiller, esses vieses

psicológicos são majorados por movimentos coletivos, uma vez que os investidores estão sujeitos à dinâmica da psicologia de grupo, como a pressão da opinião coletiva, por exemplo. Conseqüentemente, a opinião de um investidor sobre o valor de uma ação negociada em mercado está propensa a ser afetada pela opinião dos seus pares sobre aquela ação. Como resultado, como as opiniões se difundem pela população, então os preços das ações irão flutuar de uma maneira similar daquilo que seria causado por modismos ou boatos. Shiller também revisou evidências que suportam a ideia de que modismos e boatos contribuíram para as fortes valorizações e quebras de mercado que ocorreram no passado (Shiller, 1984, p. 457-510).

Já Richard Thaler incorporou psicologicamente suposições realísticas dentro da análise da tomada de decisão econômica. E o fez pela exploração das conseqüências de três fenômenos que ele identificou e chamou de: racionalidade limitada, preferências sociais e falta de auto controle. O autor mostrou como esses traços humanos afetam sistematicamente as decisões individuais, assim como os resultados de mercado.

A respeito da racionalidade limitada, Thaler desenvolveu a teoria da contabilidade mental, explicando como pessoas simplificam suas decisões financeiras criando separadamente diferentes contabilizações em suas mentes, e tendem a focar no impacto limitado de cada decisão individual ao invés de focar em seu efeito geral. Através de estudos experimentais com várias dezenas de participantes, verificou a tendência dos agentes econômicos de ponderar os resultados de suas escolhas individualmente, mentalizando-as em contas separadas. Assim, o agente tende a sempre escolher o melhor resultado para cada uma dessas contas mentais individualmente, ainda que um maior resultado global fosse obtido com escolhas diferentes. Essa tendência de comportamento definitivamente fere os pressupostos da teoria da utilidade. Ela ocorre pela própria limitação cognitiva dos agentes, onde o agente precisa particionar, ou dividir, seu raciocínio em blocos menores para tentar maximizar cada um deles e buscar se aproximar ao máximo do melhor resultado possível. Para esse experimento Thaler apresentou aos participantes situações problema onde a maximização de cada problema individualmente leva a uma solução sub ótima, menor que a maximização feita levando em consideração todos os problemas simultaneamente (Thaler, 1985).

Nos estudos do fenômeno que chamou de preferências sociais, em pesquisa teórica e experimental de Thaler realizou descobertas a respeito do senso pessoal de justiça dos agentes econômicos. Mostrou como o senso de justiça dos agentes impacta nas suas decisões

econômicas. O autor estudou como o senso de justiça dos consumidores em conjunto, em alguns casos, conseguiria impedir as firmas de aumentarem desenfreadamente preços em períodos de alta demanda, mas não em períodos de alta nos custos. Economicamente, o agente estaria pagando mais caro nas duas situações, porém saber o motivo que o está fazendo pagar mais caro afeta sua decisão de compra, que, nesse caso, talvez levaria em consideração mais uma questão moral, pessoal do agente, do que econômica. Thaler ainda foi mais adiante nesse tema e deu diversas outras contribuições no âmbito da justiça.

Finalmente, sobre o auto controle, Thaler mostrou a inabilidade do agente econômico em equilibrar decisões de curto e longo prazo. Decisões racionais que gerariam uma maior satisfação no geral – considerando também o de longo prazo – podem ser sistematicamente negligenciadas no dia a dia. Nos estudos desse tema foram exibidas as diferenças entre o que o agente racionaliza como a melhor tomada de decisão e o que ele efetivamente executa na prática diária. O autor mostrou como analisar problemas envolvendo o auto controle dos agentes usando um modelo específico para isso, já que a teoria da utilidade não é o melhor modelo para levar em consideração todos os aspectos psicológicos do ser humano. O modelo é similar ao que é usado pelos neurocientistas para descrever tensões internas ao homem entre o curto e o longo prazo (Thaler, 1981a).

Thaler (1980) foi o primeiro economista a aplicar a teoria da perspectiva em questões econômicas. Enquanto Kahneman e Tversky (1979) focaram em decisões de risco, Thaler mostrou a importância dos conceitos de ponto de referência e aversão a perdas situações determinísticas, ou seja, sem o envolvimento de probabilidades. Seu artigo inspirou muitos seguidores e ajudou a fazer do artigo de Kahneman e Tversky, Teoria da Perspectiva (1979), um dos mais citados em toda economia (Kahneman, 2012, p. 338)⁵.

A área da economia comportamental é muito ampla, e muitas foram as mentes que trouxeram contribuições. Essas foram apenas algumas dentre as principais, e não se pôde, neste trabalho, aprofundar em todas essas. Como já dito, para o âmbito deste trabalho, é necessário

⁵ Kahneman (2012, p. 338) menciona em seu último e mais famoso livro o quanto o fato de ter a sorte de publicar seu artigo na revista *Econometrica* foi fundamental para a difusão e influência de suas ideias dentre os economistas, e hoje tê-lo como um dos mais citados no mundo na área de Ciências Econômicas. Não só a Teoria da Perspectiva, mas também outro artigo de sua autoria, “*Judgement Under Uncertainty: Heuristics and Biases*”, acabou por se tornar um dos mais citados dentre a área de economia e ciências humanas, com mais de trezentas referências o citando somente no ano de 2010, como menciona em (2012, p. 16). Este trabalho se baseia fortemente nesses dois artigos de Kahneman mais do que em qualquer outro.

nos determos às descobertas e proposições trazidas pela teoria da perspectiva e em seguida, afunilar nossa explanação e focar especificamente no caso particular de aversão a perdas, um dos vieses trabalhados por essa teoria. Mas antes de focar nesse viés, vamos buscar explicar o que são vieses e heurísticas, pilares centrais trabalhados pela economia comportamental.

2.2 Heurísticas e Vieses

Heurísticas podem ser explicadas como atalhos mentais que o ser humano utiliza para fazer escolhas rapidamente. São procedimentos mentais simples, diariamente empreendidos por todos nós, que ajudam a encontrar respostas satisfatórias, ainda que imperfeitas, para questões difíceis. As heurísticas são processos cognitivos não racionais, é uma estratégia da mente humana que ignora parte da informação, ou por haver uma sobrecarga de informação ou pelo fato de haver informação incompleta, objetivando tornar as tomadas de decisão mais fáceis e rápidas. Tem a mesma origem da palavra “eureka”, que significa descobrir, encontrar, obter ou inventar (Kahneman, 2012, p. 217).

Muitas vezes durante o dia os agentes econômicos se deparam com problemas que necessitam do processamento de tantas informações que levariam horas para racionalizar todas as opções e as possíveis implicações indiretas de cada uma delas, principalmente em um ambiente dinâmico e caótico como o mundo real. O que o ser humano faz quando precisa realizar escolhas instantaneamente? Outras vezes o agente econômico precisa lidar com informações incompletas, fazer julgamentos sem ter conhecimento de fatores elementares para essa tomada de decisão. Como o ser humano faz escolhas em situações que o conhecimento limitado impossibilita um julgamento utilitarista?

A resposta para essas duas perguntas é um só: usando a sua capacidade heurística. A capacidade heurística é uma característica humana que, do lado positivo, pode ser descrita como a capacidade de descobrir ou resolver problemas mediante a experiência, própria ou observada, somada à criatividade. Seja de forma deliberada ou não, heurísticas são procedimentos utilizados quando um problema a ser encarado é por demais complexo ou traz informações incompletas. As heurísticas também são utilizadas como uma ferramenta do nosso cérebro para poupar energia e automatizar decisões. Conforme inúmeros psicólogos já destacaram, nossa mente não tem a capacidade de racionalizar todas as inúmeras pequenas decisões que tomamos e nem todas incontáveis as percepções ou julgamentos que fazemos durante um dia. Uma grande parte disto é delegado de forma natural a circuitos cerebrais que

tomam decisões e fazem julgamentos de forma automática e sem a nossa consciência (Kahneman, 2011, p. 27 – 77).

Um exemplo simples de aplicação da heurística no dia a dia é imaginar o processo racional que o agente econômico usaria para resolver o seguinte problema: Imagine que você está em uma cidade totalmente desconhecida e precisa comprar um item. Você achou um supermercado nessa nova cidade, mas nele esse item está o dobro do preço. Você compra mesmo assim ou procura outro mercado em uma cidade desconhecida para pesquisar um preço mais barato? Nesse caso o agente econômico não tem como saber quanto tempo vai levar até encontrar outro mercado, para calcular se o esforço do deslocamento valeria a pena para pagar mais barato. O agente também não tem como saber, caso encontre outro mercado, se o preço estará mais barato. Via de regra o processo racional para resolução desse problema se dá através da aplicação heurística. O agente, com base na sua experiência pregressa, vai comparar o desenvolvimento econômico desta cidade em que se encontra com outras que ele já conhece para tentar estimar se, na média, seria fácil ou difícil encontrar outro comércio. Com base na atividade econômica observada no local, vai tentar estimar quantos metros ou quilômetros teria que percorrer para encontrar outra loja. Com base no nível de concorrência previamente observado na nova cidade, o agente vai tentar estimar qual a probabilidade do preço em um segundo supermercado estar realmente mais barato que o primeiro, e o quanto mais barato ele estaria. E só depois, ponderar se aquele deslocamento, em metros estimados, vale a pena a probabilidade de economia. Note que estimar a distância entre comércios concorrentes com base na atividade econômica de uma cidade é um cálculo completamente abstrato, impossível de racionalizar matematicamente. Esse é um típico exemplo de aplicação da heurística no dia a dia do ser humano. Provavelmente, se esse agente econômico do exemplo acima fosse um turista em um bairro como Botafogo, na cidade do Rio de Janeiro, avaliaria que vale a pena procurar um outro mercado. Porém, se ele estivesse em uma zona rural, de uma cidade do interior do Brasil, certamente iria pagar o preço mais caro no primeiro mercado.

Heurísticas estão impregnadas em várias das nossas percepções de mundo, e não só em decisões econômicas. Para demonstrar isso, um outro exemplo relacionado à estimação de distâncias, porém de cunho menos econômico e com caráter mais visual foi dado por Kahneman e Tversky (1979, p. 1124) na introdução de um artigo dedicado especificamente às heurísticas:

“Por exemplo, a distância aparente de um objeto é determinada em parte pela clareza com que o vemos. Quanto mais nítido o objeto é visto, mais perto ele parece estar. Essa regra tem alguma validade, pois em um dado cenário, quanto mais distante está o objeto, com menos clareza ele pode ser visto. Entretanto, confiar nessa regra leva a erros sistemáticos na estimação de distâncias. Mais especificamente, distâncias são comumente super estimadas quando a visibilidade está prejudicada porque os contornos do objeto ficam borrados nesse caso. Por outro lado, distâncias são frequentemente subestimadas quando há uma boa visibilidade, pois podemos ver o objeto com perfeição. Portanto, a confiança na nitidez de um objeto como indicador de sua distância leva a um viés comum. Tais vieses são também encontrados no julgamento intuitivo de probabilidades, por exemplo.” (nossa tradução)⁶.

As heurísticas tendem a nos levar a soluções apenas satisfatórias ao invés de soluções ótimas. Mas no caso de a resposta otimizada levar dias para ser interpretada e processada, ou no caso de não ser possível coletar todas as informações necessárias para a tomada de decisão ótima, ter um atalho para chegar a uma solução satisfatória de forma rápida já é bom o suficiente para a maioria das pessoas na maioria dos casos. Diz-se na maioria dos casos, pois o uso de estratégias heurísticas padronizadas que tiram conclusões antecipadas pode levar a erros sistemáticos. No primeiro exemplo acima, o agente econômico usou a heurística de forma mentalmente consciente. Mas ela também pode ser praticada de forma inconsciente, e muitas vezes o é, sem que o indivíduo se dê conta do processo. No geral, esses atalhos mentais usados de forma inconsciente, fazem emergir o lado negativo das heurísticas. Isto é, quando ela é aplicada de forma automática, sem presença racional alguma e, portanto, sujeita a inúmeras padronizações de erros e vieses cognitivos. Esses vieses presentes nas heurísticas que acabam distorcendo, ou pelo menos limitando nossa capacidade de tomarmos decisões racionais (Sternberg, 2009).

Vieses cognitivos são erros sistemáticos na tomada de decisão, que ocorrem quando estamos processando e interpretando informações ao nosso redor. São tendências sistemáticas de violar alguma forma de racionalidade. Apesar de alguns vieses estarem associados especificamente a algumas heurísticas, podem estar associados a outros fatores, tais como emoções, pressões sociais, motivações individuais e limitações na habilidade mental de

⁶ *“For example, the apparent distance of an object is determined in part by its clarity. The more sharply the object is seen, the closer it appears to be. This rule has some validity, because in any given scene the more distant objects are seen less sharply than nearer objects. However, the reliance on this rule leads to systematic errors in the estimation of distance. Specifically, distances are often overestimated when visibility is poor because the contours of objects are blurred. On the other hand, distances are often underestimated when visibility is good because the objects are seen sharply. Thus, the reliance on clarity as an indication of distance leads to common biases. Such biases are also found in the intuitive judgment of probability.”*

processar informações. Esses erros são fruto da resposta incompleta, que não permite que a decisão tomada seja ótima e racional. Durante o processo decisório, é mais fácil identificar a existência de um viés do que identificar sua causa. Existem diversos vieses associados a diferentes heurísticas e vieses não associados a nenhuma delas (Shefrin, 2009).

Existem dezenas de formas heurísticas já estudadas e centenas de erros sistemáticos, vieses, já mapeados no processo decisório humano. Apesar de extremamente interessantes todos eles, e apesar do fato de conhecê-los ser útil para evitarmos incorrer em erros em nossas próprias decisões no dia a dia, não é possível tratar de todos eles nesse trabalho, e nunca foi essa a nossa pretensão. Como proposta de estudo, esse trabalho irá focar apenas nos vieses relacionados às decisões financeiras, mais especificamente às decisões de aplicações financeiras. Essa escolha se dá pela facilidade de identificar uma decisão financeira não racional. E, como veremos no Capítulo III, usando as decisões de aplicações financeiras, será mais fácil para mensurar e simular o impacto dos vieses nos resultados obtidos na vida real.

2.3 Alguns dos Principais Vieses que Interferem nas Decisões de Aplicações Financeiras

A lista de vieses cognitivos que afetam as decisões de aplicações financeiras é extensa. Mas alguns dos principais exemplos são: viés da aversão a perdas - para o qual daremos destaque - viés dos custos afundados, efeito dotação, o viés do *status quo*, efeito *house Money* e *break-even*, e o efeito disposição. Devido às restrições impostas a um trabalho deste caráter, não é possível, para todos estes vieses, apresentar e descrever os múltiplos estudos que foram feitos até que ficasse provada uma determinada falha na racionalidade dos agentes. Assim, iremos apresentar apenas os estudos que vieram a provar a quebra de racionalidade no que tange ao viés da aversão a perdas. Os demais vieses terão somente uma introdução e a indicação de sua respectiva bibliografia para o que o leitor possa tomar conhecimento também, em um outro momento, dos estudos que levaram à constatação de tais vieses.

2.3.1 Viés de Aversão a Perdas

A aversão a perdas expressa a intuição que temos de que o impacto emocional de uma perda é maior do que o impacto emocional de um ganho de mesma proporção. Formalmente é dito pelos economistas comportamentais que: aos agentes econômicos, a perda de um valor é mais aversiva do que o ganho de mesmo valor é atraente. Isso significa dizer que nós, seres humanos, somos mais afetados pelas perdas do que pelos ganhos. E, em outras palavras, que a

dor de perder costuma superar a satisfação de ganhar. “*Essa assimetria tem um histórico evolucionário. Organismos que tratam ameaças como mais urgentes do que as oportunidades têm uma melhor chance de sobreviver e se reproduzir*” (Kahneman, 2011, p. 351, nossa tradução).

Em termos econômicos isso equivale a dizer que existe uma relação assimétrica entre a utilidade, ou prazer de ganhar, e a “desutilidade”, ou desprazer, de perder um mesmo valor. E os desdobramentos dessa característica violarão os pressupostos que sustentam as preferências bem comportadas da teoria do consumidor: principalmente o de preferências transitivas e monotônicas, ver (Varian, 2006, p. 36-40, 47-50).

No próximo parágrafo, através de trechos do artigo “*Prospect Theory*”, será vista a notação que o artigo utilizará e lembrados alguns conceitos econômicos. E após, serão mostrados os experimentos que indicam a existência desse viés e como a existência dele viola esse pressuposto microeconômico:

“A tomada de decisão sob risco pode ser vista como uma escolha entre prospectos ou apostas. Um prospecto $(x_1, p_1; x_2, p_2; \dots; x_n, p_n)$ é um contrato que gera um rendimento x_i com probabilidade p_i , onde $p_1 + p_2 + \dots + p_n = 1$ [economicamente pode-se entender um prospecto como uma cesta de bens, ou uma cesta esperada, onde cada bem, que são rendimentos, têm sua respectiva probabilidade de ocorrer]. Para simplificar a notação, iremos omitir rendimentos nulos e usar a notação (x, p) para denotar o prospecto $(x, p; 0, 1-p)$, que rende x com probabilidade p e 0 com probabilidade $1-p$. O prospecto sem risco que irá render com certeza x será denotado por (x) apenas. A aplicação da teoria da utilidade esperada em escolhas entre prospectos é baseada nos seguintes princípios:

(i) *Expectativa: $U(x_1, p_1) = p_1 * u(x_1)$.
Portanto, $U(x_1, p_1; \dots; x_n, p_n) = p_1 * u(x_1) + \dots + p_n * u(x_n)$.
Isto é, a utilidade geral de um prospecto, denotada por U , é a utilidade esperada de seus rendimentos.*

(...)

(iii) *Aversão ao risco: u é côncava ($u'' < 0$).
Um indivíduo é avesso ao risco se ele prefere um prospecto garantido (x) a qualquer outro prospecto arriscado com valor esperado igual a x . Na teoria da utilidade esperada, a aversão ao risco é equivalente à concavidade dessa função de utilidade. A prevalência da aversão ao risco é talvez a generalização mais conhecida referente a escolhas envolvendo risco. Essa generalização levou os teóricos da primeira metade do século XVII proporem*

que utilidade é uma função côncava do dinheiro, e essa ideia permaneceu nos tratamentos modernos.” (Kahneman; Tversky, 1979, p. 263, tradução nossa)⁷.

Até aqui, Kahneman apenas explica a notação que usará e relembra os conceitos microeconômicos chave de utilidade esperada e aversão ao risco. Quanto à aversão ao risco, não confundir com aversão a perdas. A aversão a perdas é uma quebra de racionalidade, um viés cognitivo que não pode ser explicado pela teoria da utilidade. Já a aversão ao risco é uma característica da preferência do consumidor. E quanto à teoria da utilidade esperada, lembrar que as utilidades dos rendimentos são ponderadas pelas suas respectivas probabilidades, constituindo assim a utilidade esperada geral, representada por U . Na citação acima, nada tem de diferente em relação à teoria da utilidade esperada dos manuais básicos de microeconomia mais usados dentro das universidades, ver (Varian, 2006, p. 238).

De posse do conhecimento da notação que será utilizada e lembrados os conceitos referentes a utilidade esperada, continuemos.

“Os parágrafos a seguir mostrarão problemas de escolha nos quais as preferências observadas dos indivíduos sistematicamente violaram esse princípio [preferências bem comportadas]” (Kahneman, 1979, p. 265, nossa tradução):

“[Considere os dois problemas de escolha apresentados um após o outro aos participantes do estudo, a seguir:]

Problema3:

A: (4.000, 80%), ou B: (3.000, 100%)

⁷ *“Decision making under risk can be viewed as a choice between prospects or gambles. A prospect $(x_i, p_i; \dots; x_n, p_n)$ is a contract that yields outcome x_i with probability p_i , where $p_1 + p_2 + \dots + p_n = 1$. To simplify notation, we omit null outcomes and use (x, p) to denote the prospect $(x, p; 0, 1-p)$ that yields x with probability p and 0 with probability $1-p$. The (riskless) prospect that yields x with certainty is denoted by (x) . The present discussion is restricted to prospects with so-called objective or standard probabilities. The application of expected utility theory to choices between prospects is based on the following three tenets.*

- (i) *Expectation: $U(x_1, p_1; \dots; x_n, p_n) = p_1 * u(x_1) + \dots + p_n * u(x_n)$.
That is, the overall utility of a prospect, denoted by U , is the expected utility of its outcome.*
- (...)
- (ii) *Risk Aversion: u is concave ($u'' < 0$).
A person is risk averse if he prefers the certain prospect (x) to any risky prospect with expected value x . In expected utility theory, risk aversion is equivalent to the concavity of the utility function. The prevalence of risk aversion is perhaps the best-known generalization regarding risky choices. It led the early decision theorists of the eighteenth century to propose that utility is a concave function of money, and this idea has been retained in modern treatments.”*

[relembrando a notação: escolher entre:
 Opção A: 80% de chance de ganhar 4.000;
 Opção B: 100% de chance de ganhar 3.000]

NA=20%

[Porcentagem do número dos participantes que escolheu a Opção A],

NB=80%

[Porcentagem do número dos participantes que escolheu a Opção B].”

Problema4:

C: (4.000, 20%), ou D: (3.000, 25%)

NC=65%, ND=35%”

Note que o prospecto C = (4.000, 20%) pode ser expressado como A/4 [a cesta C é igual a um quarto, da cesta A, ou $0,25 \cdot A$], enquanto o prospecto D = (3.000, 25%) pode ser reescrito como B/4 [ou $B \cdot 0,25$]. O axioma da substituição afirma que se B é preferido em relação a A, então qualquer cesta (B, p) necessariamente será preferido em relação a (A, p). Nossos participantes não obedeceram a esse axioma. Aparentemente, reduzindo a probabilidade de ganho de 100% para 25% tem um maior impacto do que a redução de 80% para 20%.” (Kahneman, 1979, p. 266, nossa tradução)⁸.

Adicionalmente ao que foi posto pelo autor, é possível chegar a mais algumas conclusões. Primeiro que $0,8 \cdot 4000 = 3200 = E[A] > E[B] = 3000 = 1,0 \cdot 3000$. E que $U[A] < U[B]$, dado que a opção A foi a escolhida pelos agentes. Portanto, mesmo o valor esperado de A sendo maior que o de B, a utilidade de B é maior que a de A. Isto é, o agente econômico, ao escolher B, abriu mão de um valor financeiro esperado. Pela lei dos grandes números, se fosse possível repetir esse experimento ao longo do tempo e com um comportamento similar a este, pode-se dizer que o agente estatisticamente estaria deixando de ganhar mais dinheiro, literalmente, em troca da eterna certeza de que vai ganhar menos dinheiro com a opção B.

⁸ Problem3:

A: (4.000; 0,80), ou B: (3.000; 1,00)

NA=20%, NB=80%

Problem4:

C: (4.000; 0,20), ou D: (3.000; 0,25)

NC=65%, ND=35%

Note that the prospect C = (4,000, .20) can be expressed as (A, .25), while the prospect D = (3,000, .25) can be rewritten as (B, .25). The substitution axiom of utility theory asserts that if B is preferred to A, then any (probability) mixture (B, p) must be preferred to the mixture (A, p). Our subjects did not obey this axiom. Apparently, reducing the probability of winning from 1.0 to .25 has a greater effect than the reduction from .8 to .2.

Vale lembrar que em um ambiente de negociações financeiras dinâmico, como bolsa de valores, em um curto período, é possível se deparar com situações análogas ao problema 3 repetidas vezes. De forma que, no longo prazo, certamente valerá a lei dos grandes números e, escolhendo sempre a opção de maior valor esperado, a média dos ganhos tenderá para esse valor esperado, gerando maior satisfação. Pode-se concluir que, replicar na bolsa de valores o comportamento visto no experimento, não seria uma opção vantajosa.

Entretanto, voltando ao caso do experimento, se essa fosse apenas uma preferência dos agentes, relativa a uma forte aversão ao risco, então a escolha da opção mais provável e com menor valor esperado, deveria se repetir também no problema 4. O agente deveria manter o mesmo padrão de escolha nos dois problemas. Isso deveria ocorrer já que a proporção das chances de ganho entre as escolhas C e D são mantidas iguais à das escolhas A e B. Porém, a mesma escolha não ocorre no problema 4. No problema 4 $E[A] > E[B]$ e $U[A] > U[B]$, e no problema 3 $E[A] > E[B]$ e $U[A] < U[B]$.

Repetidos experimentos como esse mostraram que isso só ocorre quando uma das alternativas tem 100% de chance de ganho. Perceba que no problema 3 os agentes, na média, optaram pela escolha mais segura e no problema 4 eles optaram pela escolha que têm mais risco. Então os agentes não são avessos ao risco totalmente, mas só quando uma das opções é 100% garantida. Kahneman chamou isso de efeito certeza, ou efeito segurança: “Pessoas super valorizam [mais do que racionalmente] rendimentos que são considerados certos, em comparação com aqueles que são apenas prováveis, fenômeno o qual chamamos de efeito certeza” (Kahneman, 1979, p. 265):

“O próximo par de escolhas ilustra o efeito certeza com resultados não monetários:

Problema5:

A: 50% de chance de ganhar uma viagem de três semanas visitando Inglaterra, França e Itália; ou

B: Uma viagem de uma semana para a Inglaterra, ganha com certeza.

NA=22%, NB=78%

Problema6:

C: 5% de chance de ganhar uma viagem de três semanas visitando Inglaterra, França e Itália.; ou

D: 10% de chance de ganhar uma viagem de uma semana para Inglaterra.

NC=67%, ND=33%

O problema acima ilustra atitudes comuns a respeito do risco que não podem ser capturadas pela teoria da utilidade esperada.” (Kahneman, 1979, p. 267, nossa tradução)⁹.

Mais uma vez, o experimento mostra que, pelo axioma da substituição, se no problema 5 a alternativa B é preferida em relação à alternativa A, então no problema 6 A não poderia ser preferida em relação a B. Como isso não foi verificado empiricamente na preferência dos agentes econômicos, então pode-se dizer que há um viés. Nesse caso é o efeito certeza, que faz com que os indivíduos tendam a sobrevalorizar alternativas onde os ganhos são 100% certos.

É possível enxergar exatamente a presença do efeito certeza se o for aumentada ligeiramente a complexidade do experimento adicionando mais um item nas alternativas, como será visto abaixo:

“Problema 1: Escolha entre

A:

2.500 com probabilidade de 33%,

2.400 com probabilidade de 66%,

0 com probabilidade de 1%.

[notação: (2.500, 33%; 2.400, 66%; 0, 1%)]; ou

B:

2400 com certeza [100%].

[notação: (2.400)]

⁹ *O The following pair of choice problems illustrates the certainty effect with non-monetary outcomes.*

Problem 5:

A: 50% chance to win a three- week tour of England, France, and Italy; or

B: A one-week tour of England, with certainty.

NA=22%, NB=78%

Problem 6:

C: 5% chance to win a three- week tour of England, France, and Italy; or

D: 10% chance to win a one-week tour of England.

NC=67%, ND=33%

The above problems illustrate common attitudes toward risk or chance that cannot be captured by the expected utility model.

NA=18%, NB=82%

Problema2: Escolha entre

C:
2.500 com probabilidade de 33%,
0 com probabilidade de 67%
[notação: (2.500, 33%; 0, 67%)]; ou

D:
2.400 com probabilidade de 34%,
0 com probabilidade de 66%.
[notação: (2.400, 34%; 0, 66%).

NC=83%, ND=17%

Os dados mostram que 82% dos indivíduos escolhem B no problema 1, e 83% dos indivíduos escolhem C no problema 2 (...) Esse padrão de preferências viola a teoria da utilidade esperada (...) De acordo com essa teoria, com $u(0)=0$ [utilidade de zero igual a zero], as preferências apontadas pelos indivíduos no problema 1 implicam que:

$$\begin{aligned} u(2.400) &> 0,33 * u(2.500) + 0,66 * u(2.400) \rightarrow \\ \rightarrow [u(2.400) * 0,34 + u(2.400) * 0,66] &> 0,33 * u(2.500) + 0,66 * u(2.400) \rightarrow \\ \rightarrow u(2.400) * 0,34 &> u(2.500) * 0,33 \end{aligned}$$

[Ou, seja, fazendo as contas, as preferências demonstradas pelos indivíduos no problema 1 apontam que, na média para os agentes, a utilidade de ganhar 2.400 com 34% de probabilidade é maior que ganhar 2.500 com 33% de probabilidade.]

Enquanto as preferências demonstradas no problema 2 implicaria [ao mesmo tempo] no inverso da inequação acima.

[Ou seja, se $U(C) > U(D)$, então é possível ver diretamente que:

$$u(2.500) * 0,33 > u(2.400) * 0,34.]$$

Note que o problema 2 é obtido a partir do problema 1 eliminando a chance de 66% de ganhar 2.400 de ambos os prospectos sob consideração.

[De acordo com o axioma da substituição esse fato não deveria mudar as preferências de acordo com a teoria. Essa mudança ocorre justamente porque ao fazer isso retira-se também a característica da certeza de ganho que a opção B apresentava. E essa alternativa, pelo viés do efeito certeza sobre as preferências, se torna menos atraente.]

Evidentemente, essa mudança produz uma grande redução na desejabilidade quando altera a característica do prospecto [B] de um ganho certo para um ganho que é apenas provável (...)" (Kahneman, 1979, p. 266, nossa tradução)¹⁰.

¹⁰ Problem1: Choose between

A: 2,500 with probability .33 and 2,400 with probability .66 and 0 with probability .01; or
B: 2,400 with certainty.

Enquanto uma das opções tem 100% de chance de ganho o agente, em detrimento da opção que tem um maior valor esperado, passa a optar pela cesta com ganho seguro. Quando é retirada essa certeza, ainda que mantidas as proporções nas probabilidades, os indivíduos passam a optar em massa (83%) pela alternativa de maior valor esperado. Tudo pode ser resumido no seguinte fenômeno: em geral, os indivíduos apresentam preferência pela cesta que contém maior valor esperado, ainda que ela seja mais arriscada, porém quando uma das cestas oferece certeza, essa certeza é sobrevalorizada de tal forma que o indivíduo abre mão do maior valor esperado violando o axioma da substituição e apresentando preferências que não são bem comportadas.

2.3.1.1 Aversão a Perdas e a Tendência de Encurtar os Ganhos

Possivelmente, o ponto principal deste trabalho seja justamente interpretar o efeito desses vieses nas decisões de aplicações financeiras dos agentes, ou seja, nas operações feitas em bolsa de valores. Para isso, suponha uma negociação em bolsa, por exemplo, a compra de um ativo. Imagine que o agente econômico ache que esse ativo tem chances “p” de se valorizar até 5%. Certamente o agente econômico, de acordo com suas estratégias, estima um valor para “p”. Pelo fato de o agente ter escolhido entrar na operação, podemos supor um valor relativamente alto para “p”, caso contrário, o agente se reservaria o direito de não realizar aquela negociação em bolsa naquele momento.

Agora imagine que, instantes após a compra, o ativo já esteja se valorizando 2,5%. Nesse exato momento, o agente econômico pode ter duas escolhas para fazer: fechar a operação, ou seja, vender o ativo, e garantir os 2,5% de ganho com certeza, ou continuar nessa operação e

NA= [18] NB= [82]

Problem2: Choose between

C:2,500 with probability .33 and 0 with probability .67; or

D:2,400 with probability .34 and 0 with probability .66.

NC= [82] ND= [17]

The data show that 82 per cent of the subjects chose B in Problem 1, and 83 per cent of the subjects chose C in Problem 2 (...) This pattern of preferences violates expected utility theory (...) According to that theory, with $u(0) = 0$, the first preference implies while the second preference implies the reverse inequality. Note that Problem 2 is obtained from Problem 1 by eliminating a .66 chance of winning 2400 from both prospects. under consideration. Evidently, this change produces a greater reduction in desirability when it alters the character of the prospect from a sure gain to a probable one, than when both the original and the reduced prospects are uncertain.

ter uma probabilidade “p” de ganho de “x” = 5%. Ou seja, as duas opções seriam A: (2,5%, 100%), B: (5%, p). Para atingir o alvo de 5% que o agente inicialmente traçou, ele precisa continuar na operação e, conseqüentemente, arriscar os 2,5% já ganhos após a compra. Pelo efeito certeza, o agente tende a dar mais valor para ganhos certos do que para ganhos prováveis, ainda que estes tenham grandes chances de acontecer, e ainda que o valor esperado destes sejam maiores. De acordo com o viés cognitivo descrito pelo efeito certeza, o agente econômico representativo tenderá a ter preferência por limitar seus ganhos aos garantidos 2,5% e encerrar precocemente a operação, ainda que estivesse certa a alta probabilidade que o próprio agente atribuíra à valorização de até 5% daquele ativo.

Pelas aplicações do efeito certeza em um contexto de negociação de ativos financeiros em bolsa de valores, podemos deduzir que os indivíduos têm a tendência natural de limitar seus ganhos. Como vimos nos experimentos acima, ainda que o valor esperado seja alto, o agente tem a tendência de abrir mão desse valor esperado maior quando há uma opção que apresenta um ganho certo de valor menor. No caso das aplicações financeiras, essa certeza de ganho se dá pela possibilidade de encerrar a operação a qualquer momento que ela apresente qualquer variação positiva.

2.3.1.2 Aversão a Perdas e a Tendência de Alongar as Perdas

Como dito, o viés de aversão a perdas é o fenômeno que está relacionado aos agentes econômicos terem um desprazer na perda que supera a satisfação no ganho, para mesmo valor. Por um lado, esse sentimento mais fraco em relação ao ganho fará com que os agentes econômicos sobrevalorizem a alternativa de ganho menor, porém certo, e não busquem alternativas que envolvam probabilidades de ganhos maiores, o que foi chamado de efeito certeza. Assim, encurtam seus ganhos potenciais.

Pelo outro lado, o sentimento negativo mais intenso em relação à perda fará com que o agente tente evitá-la. E assim, rejeite a alternativa que contiver uma perda com certeza (-x, 100%) e busque por alternativas mais arriscadas onde o valor da perda é incerto, por exemplo, (-2x, p; 0, (1-p)). Assim, os agentes tendem a recusar uma perda certa em troca de alongar suas perdas potenciais. Esse desdobramento foi chamado por Kahneman de efeito reflexo. Este efeito funcionará de forma oposta ao efeito certeza quando as escolhas envolverem perdas ao invés de ganhos, como é visto na figura abaixo, onde Kahneman resumiu alguns resultados dos seus experimentos:

“A seção anterior discutiu preferências entre prospectos positivos, isto é, prospectos que não envolvem perda. O que acontece quando os valores dos resultados presentes das escolhas forem invertidos e os ganhos substituídos por perdas. Abaixo, nas colunas da esquerda estão os experimentos com problemas de escolha feitos na seção anterior, e nas colunas da direita estão os problemas de escolha nos quais os sinais dos resultados estão invertidos [todas alternativas necessariamente contém alguma perda ou probabilidade de perda]. Usamos $-x$ para denotar a perda de um valor x , e usamos $>$ para denotar a preferência, isto é, a escolha feita pela maioria dos indivíduos [note: i) que a porcentagem de indivíduos que preferiu cada opção está escrita entre colchetes, ii) $(-4,000, .80) > (-3,000)$ significa que a maioria dos indivíduos escolheu a opção com a chance de 80% de perder quatro mil unidades monetárias do que perder três mil unidades monetárias com 100% de certeza]” (Kahneman, 1979, p. 2688).

Figura 1 – Preferências entre prospectos positivos e negativos

Positive prospects		Negative prospects	
Problem 3: N = 95	(4,000, .80) < (3,000). [20] [80]*	Problem 3': N = 95	(-4,000, .80) > (-3,000). [92]* [8]
Problem 4: N = 95	(4,000, .20) > (3,000, .25). [65]* [35]	Problem 4': N = 95	(-4,000, .20) < (-3,000, .25). [42] [58]
Problem 7: N = 66	(3,000, .90) > (6,000, .45). [86]* [14]	Problem 7': N = 66	(-3,000, .90) < (-6,000, .45). [8] [92]*
Problem 8: N = 66	(3,000, .002) < (6,000, .001). [27] [73]*	Problem 8': N = 66	(-3,000, .002) > (-6,000, .001). [70]* [30]

Fonte: Kahneman (1979), p. 2688.

O efeito reflexo, notado nos dados acima, implica que a aversão ao risco no domínio positivo é acompanhada por uma busca pelo risco no domínio negativo, coluna da direita. Pegando como exemplo o problema 3', a maioria dos indivíduos do experimento estão desejando aceitar o risco de 80% de perder 4.000 ao invés de uma perda certa de 3.000, apesar da opção aposta ter um menor valor esperado (-3.200) do que a opção certeza (-3.000). A ocorrência da busca pelo risco entre escolhas feitas dentro de prospectos negativos já tinha sido notada anos atrás (Markowitz, H. 1952). Williams (1966) reportou dados nos quais a mudança de sinais dos resultados das escolhas produziu uma mudança dramática da aversão ao risco para a busca pelo risco nos indivíduos. (Kahneman, 1979, p. 268).

Considerando só o domínio positivo, os problemas de escolha 3 e 4, que são relacionados entre si ($\text{Problema4}=\text{Problema3}\cdot 0,25$), foram os primeiros problemas apresentados nesse trabalho. As diferentes escolhas dos indivíduos para esses dois problemas implicam em uma inconsistência com a teoria da utilidade, isso já foi mostrado. Agora, da mesma maneira, considerando só o domínio negativo, seus pares análogos negativos, os problemas 3' e 4', também apresentam, entre si, a mesma inconsistência.

E é possível ainda observar uma segunda inconsistência comparando os problemas 3 e 3'. Se a escolha pela alternativa (3.000) foi feita no problema 3, então a escolha (-3.000) deveria ter sido feita no problema 3'. Supondo que no problema 3, a escolha em favor da alternativa (3000) foi somente devido a sua menor variância, a despeito do seu menor valor esperado. Então como (-3.000) possui tanto menor variância como o maior valor esperado, racionalmente essa deveria ter sido a escolha feita pelos indivíduos, mas isso não foi verifica-se no estudo. Os dados dos estudos são incompatíveis com a noção que a certeza é sempre a opção mais desejável. Ao contrário, na perda, incerteza, o maior risco global e maior variância são os preferidos nas respostas dos indivíduos.

Note o problema 6 e 6', enquanto no domínio positivo o agente econômico não quer arriscar ganhar 6.000 e prefere deter seus ganhos a 3.000 com 90% de chance; já quando se trata do domínio negativo, o agente passa a aceitar perder os 6.000. No Capítulo III veremos se essa tendência de arriscar mais na perda buscar resultados menores nos ganhos, na média, trará prejuízo para as negociações dos agentes econômicos na prática.

2.3.2 Viés de Custos Afundados

Esse viés, comumente chamado de *sunk cost bias*, descreve a forte tendência de um agente econômico de continuar um empreendimento, ou empreitada de qualquer sorte, uma vez que ele já tenha realizado um investimento em dinheiro, feito algum esforço ou dedicado algum tempo para isso. Mesmo que o pensamento racional claramente aponte que se está no caminho errado, essa insistência, esse impulso ao apego àquele projeto, ocorrem em geral para todos os agentes econômicos. (Arkes; Blumer, 1985).

Isso ocorre, pois é gerado um desprazer adicional, emocional, em concretizar as perdas que virão da desistência daquele projeto ou empreendimento, sejam essas perdas de dinheiro, tempo ou esforço que não irão ser compensados como se pretendia. Note que enquanto se

mantém o empreendimento, investimento ou projeto em continuidade retarda-se essa perda, ainda que ela venha a ser maior no futuro por causa disso. Adicionalmente, enquanto o projeto não é abandonado, ainda poderá restar alguma mínima probabilidade de que ele dê certo conforme o esperado, quando o agente encerra o empreendimento, mata qualquer chance, qualquer esperança que ele tinha. Muitas vezes os agentes podem estar dispostos a continuar a investir nesse empreendimento só para manter viva essa esperança.

Quanto mais tempo o agente permanece no projeto, mais investimentos ele fará, mais o agente estará arriscando perder caso o projeto não dê certo, e mais difícil será de se desapegar emocionalmente dele. Note também que esse viés está muito relacionado com o viés de aversão a perdas, já explicado. Esse é mais um viés que confirma que, no caso de perdas em aplicações financeiras, os agentes estão propensos a aumentar seus riscos. (Holcomb; Evans, 1987).

2.3.3 Efeito Dotação e o Viés do Status Quo

Richard Thaler foi o autor que propôs a classificação desse efeito em um artigo escrito em 1980, "*Toward a Positive Theory of Consumer Choice*". Já tratamos desse artigo anteriormente, no subcapítulo de economia comportamental deste trabalho (2.1). Thaler chama atenção para o fato de as pessoas, em geral, demandarem muito mais para abrir mão de um objeto do que estariam dispostas a pagar para adquiri-lo. Thaler chamou esse viés cognitivo de efeito dotação. É um efeito no qual um bem, quando entra para a cesta de dotação de um indivíduo, passa a ser sobre valorizado em relação a quando esse indivíduo não o possuía, *coeteris paribus*, a única alteração foi relativa à posse desse bem.

Em 1984, Knetsch e Sinden ofereceram para a comunidade uma demonstração de laboratório desse efeito. Os participantes dessa demonstração foram empossados ou de um bilhete de loteria, ou de dois dólares. E algum tempo depois os participantes que ganharam o bilhete de loteria foram perguntados se gostariam de trocar por dinheiro. E para os participantes que ganharam o dinheiro, foi perguntado se eles gostariam de comprar com aquele dinheiro um bilhete de loteria. Muitos poucos participantes se dispuseram à troca. Os participantes que ganharam o bilhete de loteria pareciam gostar mais dele do que os participantes que não ganharam. (Knetsch; Sinden, 1984).

Em outro artigo escrito cinco anos depois, em 1989, Knetsch trouxe outras demonstrações similares e essa e apresentou evidências da não reversibilidade da curva de

indiferença dos consumidores (Knetsch, 1989). Outros economistas mencionaram que esse comportamento desapareceria se o indivíduo fosse exposto ao ambiente de mercado com amplas oportunidades de aprendizado. Na verdade, desde 1985 se instaurara o debate acerca das demonstrações do efeito dotação. Para esclarecer esse tema, Kahneman, Knetsch e Thaler executaram em 1990 uma nova série de experimentos para determinar se o efeito dotação sobreviveria quando os indivíduos se deparam com o mercado e têm a chance de aprender. Eis o que aconteceu nesse experimento, quando os indivíduos se encontram em um ambiente de mercado depois de algumas rodadas, e com liberdade de ação, eles começam a cobrar mais caro para vender os bens que estão dentro de sua dotação pessoal, e metade do volume de negociações previsto para aquele experimento não aconteceu pela diferença entre o preço de venda e de compra (Kahneman; Knetsch; Thaler, 1990).

O viés do *status quo* se relaciona com o efeito dotação. Ele representa a tendência do indivíduo em manter a situação atual, isto é, resistência à mudança. Samuelson e Zeckhauser, através de alguns experimentos, identificaram e batizaram essa tendência em 1998 (Samuelson e Zeckhauser, 1988).

Uma implicação do viés de aversão a perdas é que os indivíduos têm uma forte tendência de permanecerem no *status quo*, porque as desvantagens de deixá-lo parecem ser maiores do que as vantagens (Kahneman; Knetsch; Thaler, 1991).

Kahneman, Knetsch e Thaler ainda produziram mais acerca desses temas. Escreveram, em 1991, um artigo que relacionou esses três vieses: aversão a perdas, dotação e *status quo*. O indício é que todos eles girem em torno da aversão a perdas. Esses três vieses parecem reforçar a tendência de apego do agente econômico a uma posição, ainda que ela implique em perdas maiores e a negligência da mudança pareça irracional.

2.3.4 Efeito House Money e Efeito Break-Even

O efeito House Money e sua derivação, o efeito Break-Even, definem que o grau de aversão a perdas do investidor depende de seus ganhos e perdas anteriores. Em outras palavras, eventos ocorridos imediatamente antes são capazes de influenciar nossas decisões posteriores. Enquanto a teoria normativa postula que os tomadores de decisão consideram apenas os resultados incrementais, os tomadores de decisão da vida real são psicologicamente influenciados pelos resultados que antecedem suas decisões. (Thaler; Johnson, 1990).

O artigo de Thaler e Johnson é extenso e traz experimentos, exemplos práticos e análises onde é mostrado que até o enquadramento da proposta, ou seja, como uma mesma proposta é formulada e entendida pelo agente, pôde influenciar na decisão.

Para este trabalho vamos nos ater ao efeito *break-even*. Esse efeito nomeia o comportamento dos agentes onde, perdas anteriores, quando imediatamente acompanhadas por uma oportunidade de conseguir de volta o que foi perdido, aumentam dramaticamente a propensão ao risco dos agentes econômicos. De forma mais geral, pode-se dizer que, quando perdas anteriores estão presentes, é esperado que os agentes tratem de forma diferente as apostas que oferecem uma mudança de sinal de sua situação atual. (Thaler; Johnson, 1990, p. 658).

Esse efeito tem relação com outro viés já visto nesse trabalho, o viés da contabilidade mental. Ao longo do artigo de Thaler vemos que quando o indivíduo é induzido a aceitar a perda e tratá-la como pertencente à outra conta, o efeito *break-even* não é verificado. Por exemplo, quando os participantes do estudo foram induzidos a pensar que a perda na situação anterior aconteceu em outra moeda, diferente da unidade monetária usada na situação atual, os indivíduos não apresentaram o efeito *break-even*. Isso também aconteceu quando os enunciados das escolhas atuais apresentavam que a perda anterior fora contabilizada em um período distinto, separado do problema escolha que estava sendo apresentado naquele momento.

A razão para isso é que quando os agentes mentalmente consideram aquela perda anterior pertencente a outra contabilização mental, ela para de influenciar as decisões atuais. Ele aceita a perda e a tem como já concretizada, assim, o agente para de tentar reverter aquela perda e suas aversão ao risco volta às condições normais.

No caso das aplicações financeiras, oportunidades de reverter perdas anteriores estão sempre presentes em dezenas de novas possibilidades de investimento, ainda que de forma arriscada e com probabilidades pequenas. Portanto, tem-se mais um viés que, a todo o momento, tem a capacidade de influenciar os agentes econômicos em suas decisões de aplicações financeiras. Assim, o efeito *break-even* é mais um que faz com que, em cenários negativos, aos agentes aceitem perdas potenciais ainda maiores.

3. O IMPACTO DA AVERSÃO A PERDAS SOBRE O RESULTADO ESPERADO EM SITUAÇÕES DE INCERTEZA

O objetivo deste capítulo é simular e mensurar o impacto do viés de aversão a perdas nos resultados financeiros das decisões dos agentes econômicos. O desafio está em conseguir modelar esse viés cognitivo em números reais que possam ser objetivamente usados em um estudo estatístico. Uma vez que tal viés provém da heurística humana que, por sua vez, são processos cognitivos intrínsecos à mente humana, então, dissociá-lo da subjetividade dos pensamentos e trazê-lo para um plano objetivo e palpável, que possa ser objeto de um estudo, constitui um grande desafio para esse trabalho.

Antes disso, a própria procura por um ambiente adequado à coleta de dados para esse estudo constitui em si um desafio que deverá ser superado antes de qualquer outro. Não constitui uma tarefa trivial encontrar um ambiente, situação ou problema, com eventos reais, independentes e aleatórios, onde sejamos capazes de coletar os dados de julgamento e tomada de decisão dos agentes econômicos e medir seus resultados com precisão e em quantidade suficiente para satisfazer às exigências estatísticas. Os esforços para realizar tais objetivos estão concentrados neste capítulo.

Sendo assim, neste capítulo iremos, através da explicação do que é o efeito disposição, especificar exatamente o que estamos buscando medir. Em seguida explicaremos onde serão buscados os dados do estudo, ou seja, qual ambiente foi escolhido para simular o cenário de incertezas para a tomada de decisões. Adicionalmente será explicado porque esse ambiente específico foi escolhido e quais são suas peculiaridades que favorecem este estudo. E, em terceiro e último lugar, será explicado como esse estudo foi desenvolvido, ou seja, como o modelo elaborado neste trabalho irá mensurar e relacionar o viés cognitivo de aversão a perdas com o resultado esperado das decisões financeiras dos agentes.

Dentro do escopo desse trabalho, será chamado de “resultado esperado” a esperança matemática de ganho ou perda proveniente do conjunto de decisões tomadas em um ambiente de incerteza. Como foi visto na figura 1, elaborada por Kahneman, a preferência de escolha do “jogador” pode alterar o seu resultado esperado. Considerando um nível maior de proximidade com o mundo real, em um jogo dinâmico, com múltiplas rodadas de apostas e probabilidades

que variam de acordo com o risco e retorno aceitos, o padrão de comportamento do jogador impactaria consideravelmente no resultado esperado ao final do jogo. Nesse caso, a esperança matemática do resultado só poderá ser conhecida *ex-post*, mediante repetidas verificações empíricas analisando o jogador com um padrão fixo de comportamento.

3.1 Efeito Disposição

Os quatro primeiros vieses já vistos até agora: aversão a perdas, viés custos afundados, efeito dotação, e viés *status quo* corroboram para que o agente econômico, uma vez realizada uma aplicação financeira, permaneça nela por tempo demasiado quando está causando prejuízos, na esperança irracional de ela retornar para o positivo e o agente se provar certo no final. Apesar de essa atitude agravar a probabilidade da perda final ser muito maior.

Porém, esses quatro vieses foram observados de modo geral no comportamento dos indivíduos, não estando ligados exclusivamente aos investimentos ou aplicações financeiras. Em 1985 Shleifer e Statman foram os pioneiros a estudarem os desdobramentos desses comportamentos especificamente no mercado acionário. Os autores chamaram de “efeito disposição” a tendência de um investidor a liquidar rapidamente operações com ganhos e reter em carteira ativos “perdedores”, ou seja, com performance negativa, que sofreram desvalorização após a compra. Os autores observaram que a venda de ativos vem desproporcionalmente de ativos que obtiveram retornos bem-sucedidos, enquanto os não sucedidos permaneciam na carteira. Além disso, eles observaram que para fundos de investimento, maior quantidade de resgates são realizados em meses que os fundos tiverem melhores retornos.

Em 1998 esse estudo foi refinado por Odean, que analisou mais de 10.000 contas de pessoas físicas em corretoras na década de 80. Essa análise cabal revelou novamente que a propensão de um investidor vender uma ação vencedora em sua carteira é notavelmente maior que vender uma ação perdedora. Como agravante, sua análise também revelou que, no período após a venda, os ativos vencedores estavam performando melhor do que os ativos que permaneceram na carteira.

Dentre os motivos para ocorrer o efeito disposição, Shleifer e Statman (1985) citaram: o fenômeno da contabilidade mental (de Richard Thaler), o auto-controle (também citado por Thaler na comparação entre escolhas racionais envolvendo o curto e longo prazo), a teoria do

prospecto (de Kahneman) e o viés da aversão ao arrependimento. Destes quatro, os três primeiros motivos já foram explicados anteriormente neste trabalho. E, obviamente, tendo em mente todos os vieses e teorias detalhados no Capítulo II, fica fácil entender que o efeito disposição verificado no mercado acionário por Shleifer e Statman é, na verdade, uma aplicação específica do viés de aversão a perdas e desdobração dos demais vieses vistos no capítulo anterior.

3.2 A escolha do ambiente de incertezas adequado para fins do modelo econométrico

Como visto no subtópico 3.1, o efeito disposição pode ser verificado de forma quantitativa e cartesiana no mercado acionário, assim como fizeram Shleifer, Statman e principalmente Odean em seus estudos. Através do mercado acionário, Odean conseguiu quantitativamente indícios de que esse efeito na prática poderia prejudicar o resultado esperado das decisões tomadas pelos agentes. Isso foi feito usando o mercado financeiro como ambiente de incertezas dos quais colheram os dados. Uma vez que o efeito disposição é uma aplicação específica de um viés mais abrangente que é a aversão a perdas, então, seguindo os passos desses autores, poderíamos assim como eles, usar também o ambiente do mercado financeiro para modelar e relacionar a aversão a perdas com o seu impacto causado no resultado esperado das decisões tomadas pelos agentes.

Talvez seja interessante explicitar novamente aqui e enfatizar o que se deve entender por “resultado esperado das decisões tomadas pelos agentes”. Por exemplo, uma aposta de dados tem um resultado esperado. Isso porque temos o conhecimento da probabilidade e um valor financeiro hipotético da aposta. Para exemplificar, se nosso jogador hipotético ganhar se o dado cair em um número par e perder se o número do dado for ímpar, a probabilidade de ganho dessa aposta é de 50%. Se o nosso jogador fizer uma aposta de onde, quando ele ganha, recebe R\$1,00 e paga R\$1,00 quando perde, o valor esperado do resultado dessa aposta é zero.

Agora, suponhamos um comportamento particular a um jogador. Suponhamos que tenda a apostar receber R\$1,00 quando ganha, e pagar R\$5,00 quando perde, em troca de uma maior probabilidade de acerto, digamos agora que o jogador só perca quando o dado cair com o número 1 virado para cima. Esse comportamento particular do jogador tem o poder de mudar o resultado esperado dessa aposta.

A propósito, virtualmente, é exatamente isso que a aversão a perdas faz com o comportamento dos jogadores. Eles tendem a aceitar pagar mais quando perdem em troca de uma maior probabilidade de acerto. Essa relação mencionada acima de R\$1,00 de ganho para R\$5,00 de perda, chamaremos de *payoff*. Nesse caso, $payoff = R\$1,00 / R\$5,00 < 1$. Então dizemos que os jogadores, afetados pelo viés da aversão a perdas, aceitam *payoffs* desfavoráveis, menores que 1, em troca de uma maior probabilidade de acerto.

No nosso exemplo fictício com dados só existe uma contraparte da aposta, mas em ambientes reais como em jogos de azar ou, principalmente, no mercado financeiro é muito comum a possibilidade de alterar a probabilidade de acerto se alterarmos o *payoff* da operação financeira ou da aposta. O objetivo deste capítulo como um todo é investigar se essa prática tende a influenciar negativamente no resultado esperado dos jogadores ou investidores.

Para mais de investigar se essa influência existe, objetivamos ir além neste capítulo e medir o tamanho desse impacto. Para isso, usaremos as devidas ferramentas econométricas para estabelecer um modelo onde a variável aleatória a ser explicada são os resultados financeiros das escolhas dos agentes, e a variável explicativa é o grau ou a intensidade da aversão a perdas demonstrada pelo agente na hora da escolha, como em:

$$Y = \beta_2 X + \beta_1 + \mu.$$

Na equação acima, Y é a variável aleatória que conterà os resultados esperados. A variável X deverá conseguir capturar o grau de aversão a perdas do agente. E β_2 é o parâmetro que relaciona esse grau de aversão a perdas X com o impacto que ele gera nos resultados Y.

Como mencionado na introdução deste capítulo, conseguir encontrar um ambiente ou “situação problema” para modelar quantitativamente a aversão a perdas e seus resultados financeiros era um desafio a ser superado. Com o mercado financeiro, entretanto, é possível encontrar algumas vantagens em utilizá-lo para auxiliar nessa tarefa.

Com também foi dito na introdução deste capítulo, o nosso primeiro desafio foi a identificação de um ambiente onde seja possível a coleta de dados sólidos, ou seja, reais ou que mimetizem a realidade, e em quantidade suficiente para que seja possível a elaboração de um modelo econométrico. O mercado financeiro possibilita a coleta de um número praticamente irrestrito de informações. Através do histórico de preços publicamente disponível ele permite a

simulação de qualquer número de operações ou aplicações. Com poderosos *softwares*, através de seus algoritmos podemos modelar, simular e verificar infinitas operações no mercado acionário verossímil à realidade. Assim, essas duas necessidades para o ambiente de incertezas já estão satisfeitas com o mercado financeiro: conter dados sólidos, ou seja, reais ou que reproduzam a realidade fielmente; e conter dados em quantidade suficiente para que seja possível rodar um modelo econométrico robusto.

Existiria ainda, uma terceira característica a ser verificada nesse ambiente de incertezas. As informações obtidas devem ser amostras aleatórias independentes. Isso é mais uma vantagem dos dados do mercado financeiro, nele os retornos dos preços das ações são variáveis aleatórias com distribuição log-normal.

Adicionalmente, os resultados provenientes das escolhas dos agentes devem ser passíveis de aferição. Ou seja, uma escolha do agente seria, por exemplo, a compra de um determinado ativo a um determinado preço. E o resultado desta escolha é basicamente o retorno que se teve ao final dessa operação, lucro ou prejuízo em unidades monetárias. Tal retorno pode ser facilmente identificado através da diferença entre o preço de compra e o preço de venda do ativo negociado, vezes a quantidade negociada. No mercado financeiro todas essas informações podem ser aferidas para nosso estudo.

O ambiente base para o estudo do viés de aversão a perdas deve ainda dispor de características particulares que viabilizem uma mensuração objetiva do julgamento e tomada de decisão dos agentes. Em outras palavras, deve possibilitar que o grau de aversão a perdas do agente econômico seja mensurável, para que seja possível traduzir a aversão a perdas para dentro da variável aleatória do referido modelo. Esse ponto será detalhado no próximo subtópico. Entretanto, é possível antecipar como será feita essa captura do grau de aversão a perdas do agente econômico. Como foi detalhado no Capítulo II, os estudos de Kahneman demonstraram que, em prospectos negativos (escolhas entre apostas que envolvem perdas), a aversão ao risco dos indivíduos tende a ser substituída por uma busca pelo risco (*risk seeking*). Ou seja, como também visto em 3.1, na possibilidade da perda, o agente tende a buscar mais risco – em uma tentativa de reverter seu prejuízo – tente a alongar suas perdas potenciais em troca da chance de recuperar o que foi perdido até o presente momento. Consequentemente, isso aumenta o valor esperado de seu prejuízo (como já mostramos através dos estudos empíricos de Kahneman, ver figura1).

Já na possibilidade do ganho, o agente econômico é avesso ao risco, tende a encurtar seus ganhos potenciais em troca de pequenos ganhos mais seguros e, conseqüentemente diminui o valor esperado de seus rendimentos (ver figura1). Para representar esse comportamento devemos simular na prática exatamente o que fora descrito acima: Em operações que estejam apresentando lucro, devemos garanti-lo encerrando rapidamente a operação a fim de realizar o lucro antes que a ele se transforme em prejuízo devido à flutuação de preços do mercado. E, ao contrário, em operações que estejam apresentando prejuízo, devemos evitar realizá-lo, deixando a operação aberta por mais tempo na expectativa de que esse prejuízo possa se transformar em lucro devido à flutuação de preços do mercado.

É claro que tal comportamento implica em uma aceitação maior de risco (que são alongados na tentativa de evitá-los) e um menor retorno (que são encurtados na tentativa de garanti-los). Contudo, é exatamente esse o perfil de comportamento verificado nos estudos de Kahneman, Tversky, Thaler e tantos outros autores e trabalhos mencionados no Capítulo II. Para simular esse comportamento viesado dos agentes econômicos iremos utilizar um poderoso software chamado MT5® que nos permitirá utilizar modelagem algorítmica para verificar qual o resultado desse comportamento humano repetido dezenas de milhares de vezes frente às flutuações de preços de ativos reais do mercado financeiro. Portanto, o que faremos daqui para frente é: Através de uma linguagem de programação com sintaxe muito próxima ao vastamente utilizado C++, construir uma rigorosa metodologia que replique o comportamento que estamos estudando – dedicou-se os dois próximos subtópicos para tratarmos dessa metodologia – e aferir qual seria o resultado de um indivíduo com tal comportamento operando durante anos no mercado financeiro, mediante um histórico de flutuação de preços real.

Note que nosso ponto de largada é a conclusão dos estudos mencionados no Capítulo II. Não estamos mais inferindo qual seria o comportamento dos indivíduos em situação de incertezas. Já estamos assumindo que o indivíduo tem esse comportamento – aversão a perdas. Estamos, através de algoritmos, modelando quais seriam suas implicações práticas nas decisões dos agentes: alongar perdas e encurtar ganhos. E, por fim, estamos objetivando medir qual será o resultado financeiro deste comportamento quando ele ocorre perante as flutuações de preços que realmente são verificadas no mercado financeiro – histórico real de preços.

Em seguida iremos comparar o resultado financeiro desse comportamento com o resultado do comportamento oposto. O comportamento oposto à aversão a perdas seria: i)

aceitar prejuízos facilmente (encerrar a operação perdedora com apenas uma pequena flutuação contrária de preços), conseqüentemente realizar rapidamente um prejuízo; ii) quanto às operações que iniciam com lucro, não realizar lucros pequenos, continuando a apostar em uma maior valorização e, portanto, permanecendo mais tempo no risco quando se está ganhando. A metodologia dessa modelagem será apresentada no subtópico Metodologia e Algoritmo de Simulação, onde serão rigorosamente matematizados o que iremos considerar por “encurtar ganhos” e “alongar perdas”.

Retomando que foi explicado nessa secção, das quatro exigências básicas mencionadas referentes ao ambiente escolhido para realizar este estudo, todas são atingidas pelo uso do mercado acionário: 1) possibilitar a coleta um grande número de amostras aleatórias; 2) amostras independentes; 3) conter dados sólidos, ou seja, reais ou que reproduzam a realidade fielmente; 4) e dispor de características particulares que viabilizem uma mensuração objetiva do julgamento e tomada de decisão dos agentes, bem como os resultados provenientes dessas decisões.

3.3 Modelagem dos Dados

No mercado financeiro existe uma “nomenclatura” muito usada pelos operadores e investidores quando estão definindo as regras de suas operações. Chama-se de “ponto de entrada” o preço no qual será feita uma posição em um ativo, ou seja, o preço de entrada em uma operação. O *stop gain* é o alvo daquela operação, ou seja, o preço que aquele ativo precisa atingir para que estejamos satisfeitos com o ganho obtido e decidamos encerrar a operação. O *stop gain* é o preço final para onde esperamos que o preço atual do ativo irá se deslocar de forma a nos gerar lucro. O *stop gain* é o preço no qual iremos encerrar a operação no lucro, onde iremos realizar esse lucro, tirar esse dinheiro ganho de risco. Antes de encerrar a operação, esse lucro é apenas um deslocamento favorável momentâneo do preço de um ativo que permanece flutuando, após encerrar a operação esse lucro passar a ser dinheiro em caixa.

Outro termo comum utilizado é o *stop loss*. É o oposto do *stop gain*. O *stop loss* é o preço no qual iremos encerrar a operação no prejuízo, onde iremos realizar esse prejuízo e cortar chances de perdas maiores. É o máximo de flutuação de preços contrária à nossa posição que decidimos suportar e permanecer dentro dessa operação. Quando o preço de mercado do ativo atingir o preço de *stop loss* predeterminado, a operação deve ser desfeita e o prejuízo aceito.

Note que o preço de *stop loss* escolhido irá determinar o tamanho do prejuízo no qual incorreremos se a operação der errado, se o que foi anteriormente previsto para aquele ativo, não ocorrer de fato. Do mesmo modo, o *stop gain* escolhido determina o tamanho do lucro que será auferido se a operação der certo, ou seja, se nossas expectativas estiverem corretas acerca daquele ativo que operamos.

Acontece que, quanto mais curto for esse *stop gain*, maiores e mais rápidas são as chances de acertos. Por exemplo, esperar uma valorização de 0,5% em um ativo é muito mais provável de ocorrer que uma valorização de 25%. A distribuição de retornos de um ativo obedece a distribuição log-normal, onde retornos percentuais mais elásticos são menos prováveis de acontecer do que retornos menos elásticos, em iguais períodos.

Já vimos isso no nosso exemplo com o jogo de dados, no efeito disposição, também nas situações-problema dos estudos de Kahneman, e no mercado financeiro não é diferente: também é possível aumentar a probabilidade de acertos se encurtarmos o ganho obtido com esse acerto. Observe na figura2 abaixo:

Figura 2 – Gráfico Ibovespa



Fonte: <www.b3.com.br/pt_br/market-data-e-indices/servicos-de-dados/market-data/cotacoes/indices.htm>
Acesso em: 29/01/2021.

Nela temos o gráfico de flutuação intra-diária do Ibovespa, no dia 29 de janeiro de 2021. Imagine uma operação de compra onde o ponto de entrada ocorreu no círculo pontilhado amarelo. O *stop gain* é definido pela semirreta horizontal acima do ponto de entrada, em verde. E o *stop loss* é definido pela semirreta horizontal abaixo do ponto de entrada, em vermelho. Observe que a probabilidade de acerto aumenta conforme aproximamos a semirreta verde, o *stop gain*, do nosso ponto de entrada. Da mesma forma, a probabilidade de erro diminui conforme afastamos a semirreta vermelha, o *stop loss*, no nosso ponto de entrada.

A seta verde apontando para cima, representa o ponto de saída da operação com lucro após o mercado atingir o *stop gain*. Note que, mesmo com os preços em forte queda nesse dia, foi possível obter lucro com uma operação de compra, dado o tanto que aproximamos o *stop gain* do ponto de entrada, deixando o *payoff* muito inferior a 1, e assim, aumentando a probabilidade de lucro.

Entretanto, se o distanciamento entre o *stop gain* e o ponto de entrada fosse igual ao distanciamento entre o *stop loss* e o ponto de entrada, teríamos diminuído a probabilidade de acerto e essa mesma operação teria incorrido em prejuízo, atingindo primeiro o *stop loss*. Isto é, se *stop gain* e *stop loss* estão dispostos de forma simétrica em relação ao ponto de entrada, a probabilidade de acerto diminui em relação ao visto na figura 1. Nosso exemplo ilustra tal fato com a figura3 abaixo:

Figura 3 – Gráfico Ibovespa



Fonte: <www.b3.com.br/pt_br/market-data-e-indices/servicos-de-dados/market-data/cotacoes/indices.htm>
Acesso em: 29/01/2021.

Com tudo o que já foi visto até agora, deve estar claro que um comportamento influenciado pelo viés de aversão a perdas é melhor representado pela figura 2. Um comportamento oposto a esse é o que está representado abaixo, na figura 4. Nesse exemplo há incorrência em prejuízo na operação. Porém, o prejuízo é minimizado e consideravelmente menor do que o visto na figura 3.

Figura 4 – Gráfico Ibovespa



Fonte: <www.b3.com.br/pt_br/market-data-e-indices/servicos-de-dados/market-data/cotacoes/indices.htm>
Acesso em: 29/01/2021.

Na figura 4 as perdas são cortadas rapidamente, a operação é encerrada não obedecendo à tendência comportamental do efeito disposição, que seria permanecer na operação por mais tempo já que ela está em terreno negativo. Aqui, foi suprimida a possibilidade de prejuízos muito maiores. Note que após a linha branca dos preços tocar na linha vermelha do *stop loss* os preços continuam caindo, mas o prejuízo com a operação não aumenta pois ela já havia sido encerrada no ponto indicado pela seta vermelha apontando para baixo.

Como foi colocado na introdução deste capítulo, é necessário matematizar o grau de aversão a perdas a fim de capturá-lo com a variável aleatória explicativa X do nosso modelo econométrico. O grau de aversão a perdas é configurado pelo tamanho da distância entre o *stop loss* e o ponto de entrada, característica inerente ao efeito disposição. Quanto mais distante o *stop loss* estiver do ponto de entrada, maior será o grau de aversão a perdas. Contudo, a distância entre *stop loss* e o ponto de entrada não é a única consequência do efeito disposição, essa distância é sempre vista de forma relativa em relação à distância entre o *stop*

gain e o ponto de entrada. Assim, o grau de aversão a perdas será medido pela proporção entre *stop gain / stop loss*, ou seja, pelo *payoff*. Quanto menor for o *payoff*, maior o grau de aversão a perdas ali representado. Assim, usando o exemplo da aposta com dados, uma aposta que envolve R\$1,00 de ganho para R\$5,00 de perda apresenta o *payoff* de 1/5, ou seja, um *payoff* de 0,2.

No âmbito geral, independente do ponto de entrada, o comportamento típico de qual figura dá um maior resultado esperado? Ou seja, se repetidas inúmeras vezes entradas em operações em momentos aleatórios, qual comportamento se apresenta lucrativo e qual se apresenta prejudicial no longo prazo? O comportamento da figura 1 (de aversão a perdas, com *payoff* menor que 1) ou o comportamento da figura 4 (oposto à aversão a perdas, com *payoff* maior que 1)?

A única forma de responder essa pergunta é utilizando a Lei dos Grandes Números, ou seja, colhendo inúmeras amostras aleatórias a fim de que o parâmetro amostral aferido se aproxime o suficiente do parâmetro real populacional. Para isso deve-se colher essas inúmeras mostras, padronizar as distâncias de *payoff*, escolher pontos de entrada aleatórios, colher e armazenar os diversos resultados para cada entrada aleatória relacionando o resultado de cada operação com o *payoff* usado nela, usando uma base de dados de preços reais, em um período de tempo amostral estatisticamente significativo de mais de um ano. Depois de obtidos esses dados deve-se aplicar o modelo econométrico relacionando os diferentes *payoffs* com o resultado obtido para cada um deles na média. E deve-se ainda testar esse modelo, ou seja, verificar se β_2 é estatisticamente significativo. A única forma viável encontrada para simular e colher essa massa de dados é programar e usar um algoritmo que faça isso por nós.

Portanto, para colher a base de dados que será usada no modelo econométrico desenvolvemos um algoritmo na linguagem de programação MQL5®. Esse algoritmo foi responsável por gerar entradas aleatórias em operações no mercado financeiro em um mesmo ativo durante o período de 18/09/2017 até 18/09/2020, usando a base histórica de preços reais. Centenas de operações foram simuladas para cada *payoff* diferente e armazenado o resultado de cada uma delas.

Certamente essa parte foi a mais trabalhosa para a realização deste estudo, foram seis páginas de código de programação para configurar todos os parâmetros que se fizeram necessários, 84.129 operações simuladas, 25 *payoffs* diferentes testados e mais de 100 horas

de processamento de dados computacional. O código do algoritmo na íntegra está disponível no Anexo 1. Os detalhes técnicos e as simplificações usadas no algoritmo são tratadas no próximo subtópico (3.4). A frente para novos estudos aberta com a utilização desse algoritmo é vasta e excede o escopo deste trabalho, para exemplificar, novos trabalhos utilizando o algoritmo aqui desenvolvido podem estudar: i) assimetrias no comportamento do investidores entre momentos de alta e momentos de queda nos preços acionários; ii) a diferença no comportamento dinâmico dos preços para diferentes ativos do mercado brasileiro e para diferentes bolsas e mercados mundiais; iii) a performance de diferentes relações risco/retorno assumidas pelo investidor (*payoff*) em diferentes períodos de conjuntura política e econômica; iv) a relação risco/retorno que maximiza a utilidade esperada, ou sejam o resultado esperado; dentre diversas outras possibilidades.

3.4 Metodologia e Algoritmo de Simulação

O primeiro ponto a esclarecer é o porquê de programar um algoritmo que gerasse entradas aleatórias. Isso foi necessário para isolar o efeito discricionário de qualquer análise de investidores. Se as entradas em operações fossem feitas de acordo com algum critério matemático ou até mesmo gráfico, o resultado esperado ficaria poluído. Não seriam amostras de fato independentes, uma vez que o resultado esperado de determinado *payoff* poderia ser sistematicamente favorecido ou prejudicado pelo critério de análise de entrada em uma operação. Portanto, entradas aleatórias é o método utilizado para isolar qualquer efeito externo, possibilitando a captura apenas do efeito da variação do *payoff* sobre o resultado esperado.

O algoritmo foi programado para gerar caminhos aleatórios. Inicialmente, um primeiro *payoff* é escolhido para ser simulado. Um caminho aleatório aponta seus próprios momentos aleatórios para entrada em operações dentro da linha de tempo usada no estudo, que iniciou em 18/09/2017 e terminou em 17/09/2020. Após uma entrada ser indicada pelo algoritmo a operações é realizada e permanece aberta até que o preço de mercado do ativo atinja o *stop loss* ou o *stop gain*, de fato, como é verificado em operações reais realizadas por investidores. Após a operação ser encerrada, seu resultado é aferido, armazenado e uma nova entrada aleatória será indicada no futuro, gerando uma nova operação e mais um resultado pertinente a ela. Assim segue até terminar a linha de tempo. Cada simulação em um caminho aleatório,

gera centenas de operações ao longo do período simulado. A média dos resultados dessas operações nos dará o resultado obtido do *payoff* simulado para aquele caminho aleatório.

Foram gerados pelo algoritmo quatro caminhos aleatórios diferentes. Aquele primeiro *payoff* escolhido foi simulado na mesma linha de tempo quatro vezes, uma em cada caminho aleatório diferente. A média dos quatro resultados obtido em cada caminho foi atribuído com o resultado esperado do *payoff* simulado

Cada *payoff* representa um posicionamento diferente do *stop loss* e do *stop gain*. Foram utilizados 25 *payoffs* diferentes como disposto na tabela abaixo. E esse processo de simulação descrito foi repetido para cada um dos 25 *payoffs*.

Tabela 1 – Payoffs Simulados

Payoff: Retorno vs. Risco	Payoff: Razão(Risco x Retorno)	Payoff: Logaritmo(Razão)
1 vs. 4	0,25	-4,00
1 vs. 3,75	0,27	-3,81
1 vs. 3,5	0,29	-3,61
1 vs. 3,25	0,31	-3,40
1 vs. 3	0,33	-3,17
1 vs. 2,75	0,36	-2,92
1 vs. 2,5	0,40	-2,64
1 vs. 2,25	0,44	-2,34
1 vs. 2	0,50	-2,00
1 vs. 1,75	0,57	-1,61
1 vs. 1,5	0,67	-1,17
1 vs. 1,25	0,80	-0,64
1 vs. 1	1,00	0,00
1,25 vs. 1	1,25	0,64
1,5 vs. 1	1,50	1,17
1,75 vs. 1	1,75	1,61
2 vs. 1	2,00	2,00
2,25 vs. 1	2,25	2,34
2,5 vs. 1	2,50	2,64
2,75 vs. 1	2,75	2,92
3 vs. 1	3,00	3,17
3,25 vs. 1	3,25	3,40
3,5 vs. 1	3,50	3,61
3,75 vs. 1	3,75	3,81
4 vs. 1	4,00	4,00

Quando fazemos a disposição da razão dos *payoffs* (*stop gain* / *stop loss*), como está representado na segunda coluna da tabela 1, vemos que metade dos *payoffs* se concentram

entre 0 e 1, e a outra metade de distribui entre 1 e 4. Ou seja, todos os *payoffs* que apresentam *stop gain* menor que *stop loss* estarão concentrados entre 0 e 1. Os demais, portanto, estarão assimetricamente distribuídos entre 1 e 4. Para resolver esse problema e deixar a distribuição simétrica entre *payoffs* menores e maiores que 1, utilizamos o recurso logarítmico. Quando fazemos o logaritmo na base 4 dos *payoffs*, o *payoff* “1 vs.4” passa a ser -4, o *payoff* “4 vs. 1” passa a ser +4, e os demais ficam simetricamente distribuídos entre esses dois extremos, como está representado na terceira coluna da tabela 1. Isso é fundamental para nossa modelagem no cálculo do parâmetro econométrico β_2 .

Como dito, cada *payoff* representa um posicionamento diferente do *stop loss* e do *stop gain*. Usando como exemplo a primeira linha da tabela, ali teríamos (1 vs. 4) um *stop gain* de R\$1,00, ou seja, lucro potencial de R\$1,00 (diferença em reais entre o preço do *stop gain* e o preço do ponto de entrada). Ainda no mesmo exemplo, teríamos um *stop loss* de R\$4,00 (que, do mesmo modo, representa a distância do preço de entrada para o preço do *stop loss*, constituindo assim R\$4,00 de prejuízo em potencial). Porém, como a volatilidade da flutuação dos preços de mercado muda de um dia para o outro, a movimentação de R\$1,00 pode ser considerada grande alguns dias ou algumas semanas, mas pode ser uma movimentação pequena para outras semanas onde notícias políticas ou econômicas façam os preços oscilarem com maior amplitude. Para resolver esse problema, iremos escrever o *payoff* em termos de desvio padrão. Nosso algoritmo foi programado para, antes do momento de entrada em uma operação, calcular o desvio padrão do preço do ativo naquele momento. Sendo assim, o *payoff* de 1/4 em uma operação de compra representará que o *stop gain* está localizado a 1 desvio padrão acima do preço de entrada e o *stop loss* está localizado a 4 desvios padrão abaixo do preço de entrada. Esse artifício foi usado para que as diferentes volatilidades encontradas em diferentes ciclos de mercado não influenciem no resultado esperado para os *payoffs*. A partir de agora devemos entender *stop gain e loss* como múltiplos de desvio padrão, por exemplo, em uma operação de compra com o preço de entrada a R\$10,00, desvio padrão dos preços de R\$1,75, *stop gain* de 2 e *stop loss* de 1, teremos o preço alvo de saída com lucro em R\$13,50, um preço limite para prejuízos em R\$8,25 e um *payoff* de 2/1.

O ativo escolhido para o estudo foi o Ibovespa Futuro, contrato negociado na BM&F (Bolsa de Mercadorias e Futuros), atual B3. Foi usada sua série contínua por liquidez e sem ajustes, com base histórica completa, ou sejam contendo um registro para cada pequena oscilação de preço verificada entre 18/09/2017 e 17/09/2020. O horário de início diário das

operações configurado no algoritmo foi às 9:00h e o término às 17:54h. Optou-se por encerrar todas as operações abertas no final do dia para evitar que a diferença entre o preço de fechamento do mercado e o preço de reabertura no dia seguinte eventualmente alterassem os *payoffs* programados em operações abertas por mais de um dia. Para calcular o desvio padrão dos preços do ativo foram usados os últimos 21 registros colhidos com intervalo de 60 minutos entre eles imediatamente antes da entrada em cada operação. O algoritmo foi programado para ajustar a quantidade de contratos futuros por operação de forma que cada desvio padrão represente uma variação patrimonial de R\$1.000,00. Sendo assim, em uma operação com *payoff* de 0,25 (1/4), a quantidade de contratos apostada é ajustada para que haja um prejuízo de R\$4.000,00 em caso de perda e um lucro de R\$1.000,00 em caso de ganho. Analogamente, em uma operação com *payoff* de 2/1, há um lucro de R\$2.000,00 em caso de ganho e um prejuízo de R\$1.000,00 em caso de perda. Esse ajuste foi necessário para que todas as operações realizadas dentro de um mesmo *payoff* colocassem sempre os mesmos valores financeiros em risco/retorno, independente da volatilidade do mercado verificada no momento da operação. Isto é, independentemente do tamanho do desvio padrão, em um mesmo *payoff* os valores apostados nas operações são sempre os mesmos.

3.5 O Método Econométrico

A metodologia que usaremos para medir o tamanho do impacto da aversão a perdas no valor médio do resultado será a regressão linear simples pelo método dos mínimos quadrados. Esse método foi escolhido pela sua simplicidade e robustez. Como foi tratado, a parte chave para o sucesso desse trabalho não será o método matemático em si, mas sim a própria escolha do ambiente objeto do estudo, a obtenção e modelagem desses dados antes de aplicar o método da regressão linear.

A equação padrão de uma regressão linear simples estimada é dada por: $Y = \hat{\beta}_2 X + \hat{\beta}_1 + \mu$. Para os fins do nosso estudo, Y, a variável a ser explicada, será o resultado esperado. Enquanto X, a variável explicativa, serão as diferentes tomadas de decisão dos agentes econômicos observadas no nosso ambiente de incertezas. A variável aleatória X tem o papel de representar os diferentes graus de aversão a perdas onde, quanto maior for X, menor a aversão a perdas do agente econômico representativo. Desse modo, o modelo poderá medir o que acontece com o resultado esperado (Y) conforme X aumenta e a aversão a perdas diminui.

O parâmetro estimado $\hat{\beta}_2$ é o impacto que as tomadas de decisão X têm no resultado esperado Y . Esse impacto pode ser positivo ou negativo, alto ou pequeno. O parâmetro $\hat{\beta}_2$ é, de fato, o que queremos medir ou estimar, é o ponto central deste estudo. Poderíamos não rodar esse modelo econométrico e apenas comparar as variáveis X e Y ponto a ponto e ver sua relação. Porém, estamos rodando esse modelo apenas para poder extrair dessa relação um parâmetro ($\hat{\beta}_2$) que possamos testar e verificar se há significância estatística nele. O seu sinal ($\hat{\beta}_2$), caso positivo, ditará que a diminuição da aversão a perdas resulta em um aumento do resultado esperado. Isso porque, quanto maior for X , menor será a aversão a perdas, e maior será o resultado esperado. Em outras palavras, caso positivo, o sinal de β_2 informará que a tendência comportamental de aversão a perdas sabota o resultado esperado dos próprios agentes. Caso negativo, ditará que a diminuição da aversão a perdas resulta também em uma diminuição do resultado esperado. Isso porque, quanto maior for X , menor será a aversão a perdas, e menor será o resultado esperado. Em outras palavras, caso negativo, o sinal de β_2 informará que a tendência comportamental de aversão a perdas, na verdade, estaria trabalhando a favor dos agentes econômicos, supostamente impactando de forma positiva e ocasionando um aumento do resultado esperado.

Caso, em módulo, o coeficiente β_2 seja muito pequeno, informará que a aversão a perdas tem pouca ou quase nenhuma influência no resultado esperado. Analogamente, se o valor absoluto de β_2 for elevado, isso indicará que o resultado esperado Y tem uma alta sensibilidade ao grau de aversão a perdas que o agente econômico apresenta. Essa medição, se $\hat{\beta}_2$ é um valor elevado ou não, será feita através do teste T , é a verificação da relevância estatística do parâmetro, onde iremos verificar a quantos desvios padrão o parâmetro se encontra de distância do zero, usando a distribuição normal. Nesse teste, quanto menor a variância do parâmetro β_2 em relação ao seu tamanho, mais relevante seria o próprio parâmetro dentro do modelo. E através do P -valor, onde $1 - P$ -valor ditará com quantos por cento de certeza podemos dizer que $\hat{\beta}_2$ é estatisticamente diferente de zero, ou seja, que é de fato relevante para o modelo. E deverá também ser direcionado um olhar para o R^2 a fim de verificar o poder explicativo do modelo.

O teste F não se aplica uma vez que o modelo possui apenas uma variável explicativa. Não adicionamos outras variáveis uma vez que na modelagem algorítmica construímos uma simulação isolando outras influências: usamos entradas aleatórias (isolando a influência do ponto de entrada); distribuimos aleatoriamente operações “compradas” e “vendidas” (que apostam tanto na alta como na baixa do preço de mercado, isolando a influência dos ciclos de

mercado); calculamos tamanho de *stop loss* e *stop gain* em função do desvio padrão dos preços de mercado (isolando a influência da volatilidade apresentada pelo mercado na hora da operação); usamos uma base de dados extremamente extensa de três anos abrangendo inúmeras fases de mercado: períodos de estagnação econômica como em 2017, períodos de alta dos preços como em 2019, períodos de crise como no início de 2020, período de retomada dos preços como no segundo semestre de 2020.

Entendemos também que o teste de autocorrelação não se aplica uma vez que não estamos trabalhando com séries temporais, mas sim com payoffs que são possuem necessariamente um ordenamento de “antes ou depois”. Entretanto, tal teste será realizado, pois ele poderia vir a indicar um problema de omissão de variável, uma vez que o modelo é uma regressão simples.

Juntamente com o teste de estatística T, a análise de R^2 , e o teste de autocorrelação, aplicaremos também o teste de heterocedasticidade. A partir deste, veremos se a variância dos resíduos se mantém constante ao longo de todo domínio da função de regressão. No teste de heterocedasticidade, a hipótese nula é de que as variâncias dos resíduos são constantes (homocedasticidade). E a hipótese alternativa é de que as variâncias dos resíduos são correlacionadas com uma ou mais variáveis.

O parâmetro β_1 , que tem menos importância nesse contexto, representa a parcela do resultado esperado que não depende da aversão a perdas, ou seja, autônomo em relação a X.

Como já explanado, é proposto por este trabalho que X traduza uma variável complexa e abrangente como o julgamento e a tomada de decisões dos agentes econômicos. Não se deve esperar que essa complexa tradução fosse feita sem as grandes simplificações e adaptações, que foram vistas aqui, para tornar possível o estudo. Além das simplificações, existe um segundo ponto a considerar na leitura deste trabalho. O impacto medido por β_2 é particular do objeto de análise deste trabalho e não deve ser generalizado. Por objeto de análise lê-se o ambiente de incertezas específico que foi escolhido para o desenvolvimento do proposto modelo. Isso significa reconhecer que β_2 pautará a relação entre o resultado esperado e o grau de aversão a perdas apenas para o ambiente de incertezas estudado nesse trabalho. Como foi visto, com o intuito de tornar este trabalho útil ao maior número possível de áreas do conhecimento, buscou-se escolher um ambiente de incertezas que fosse representativo do comportamento humano. Ainda assim, o β_2 que foi encontrado reflete todas as simplificações feitas que são particulares

a este trabalho, e reflete também o modo como decidimos tratar os dados, principalmente a variável X , no nosso modelo.

3.6 O Resultado do Modelo: O Parâmetro $\hat{\beta}_2$

Após a execução do algoritmo por completo todas as vezes necessárias, foram obtidos relatórios com dezenas de milhares de operações ao total (cada uma das operações contendo seu próprio *payoff* e seu resultado). Por motivos de ordem prática não faz sentido adicionar essa informação bruta aqui, pois isso representaria acrescentar centenas de páginas em anexo ao presente trabalho. A informação realmente proveitosa é a média dos resultados dessas operações para cada *payoff*.

Foram testados 25 *payoffs* (como disponibilizado na tabela1). Cada *payoff* foi simulado 4 vezes na linha do tempo com caminhos aleatórios diferentes, totalizando 100 vezes que o algoritmo foi executado (do início ao fim do período de teste). A média da rentabilidade dos 4 caminhos aleatórios constitui a rentabilidade média do *payoff*. Cada vez que o algoritmo foi executado em um caminho aleatório gerou-se em média 841 operações, totalizando aproximadamente 84.100 operações simuladas. O disponibilizado na tabela a seguir é a rentabilidade média para cada um dos 25 *payoff*. Já a tabela completa com os resultados abertos por cada caminho aleatório estão presentes no Anexo B.

Payoff: Retorno vs. Risco	Payoff: Logaritmo(Razão)*4	Probabilidade de Acerto Real	Rentabilidade em %	Prob. de Acerto para Breakeven
4 vs. 1	4,00	41%	17%	20%
3,75 vs. 1	3,81	41%	15%	21%
3,5 vs. 1	3,61	41%	13%	22%
3,25 vs. 1	3,40	41%	13%	23%
3 vs. 1	3,17	41%	14%	25%
2,75 vs. 1	2,92	41%	12%	26%
2,5 vs. 1	2,64	41%	12%	28%
2,25 vs. 1	2,34	42%	12%	30%
2 vs. 1	2,00	42%	9%	33%
1,75 vs. 1	1,61	43%	13%	36%
1,5 vs. 1	1,17	44%	13%	40%
1,25 vs. 1	0,64	45%	7%	44%
1 vs. 1	0,00	48%	3%	50%
1 vs. 1,25	-0,64	50%	2%	55%
1 vs. 1,5	-1,17	51%	-1%	60%
1 vs. 1,75	-1,61	52%	-3%	63%
1 vs. 2	-2,00	52%	-4%	66%
1 vs. 2,25	-2,34	52%	-9%	69%
1 vs. 2,5	-2,64	53%	-8%	71%
1 vs. 2,75	-2,92	53%	-7%	73%
1 vs. 3	-3,17	53%	-8%	75%
1 vs. 3,25	-3,40	53%	-6%	76%
1 vs. 3,5	-3,61	53%	-7%	77%
1 vs. 3,75	-3,81	53%	-7%	78%
1 vs. 4	-4,00	53%	-6%	80%

Disponibilizamos também na tabela acima a porcentagem de acerto para cada payoff na terceira coluna. Esta é uma probabilidade verificada empiricamente, constitui o percentual das operações que terminaram em lucro em cada payoff. Já na largada, essa informação revela que, como esperávamos, a probabilidade de acerto aumenta conforme o payoff diminui. Em outras palavras, a nossa suposição inicial foi verificada empiricamente: conforme distanciamos o stop loss do ponto de entrada o percentual de erro diminui. Com base nessa mesma informação, podemos dizer ainda que, conforme a aversão a perdas aumenta, o percentual de operações ganhadoras também aumenta. Essa informação está organizada visualmente no gráfico 4, na linha cinza, que sobe conforme o eixo horizontal de *payoff* diminui e se torna mais negativo.

Figura 5 – Gráfico de Probabilidade de Acerto¹¹

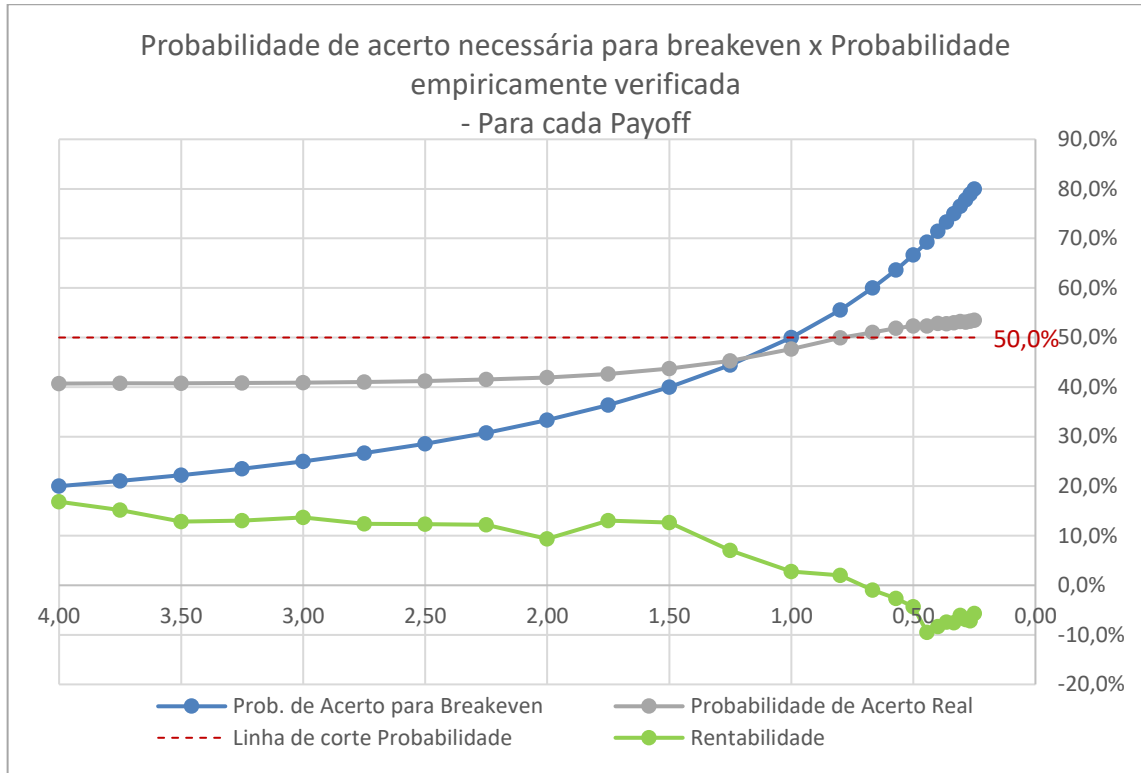
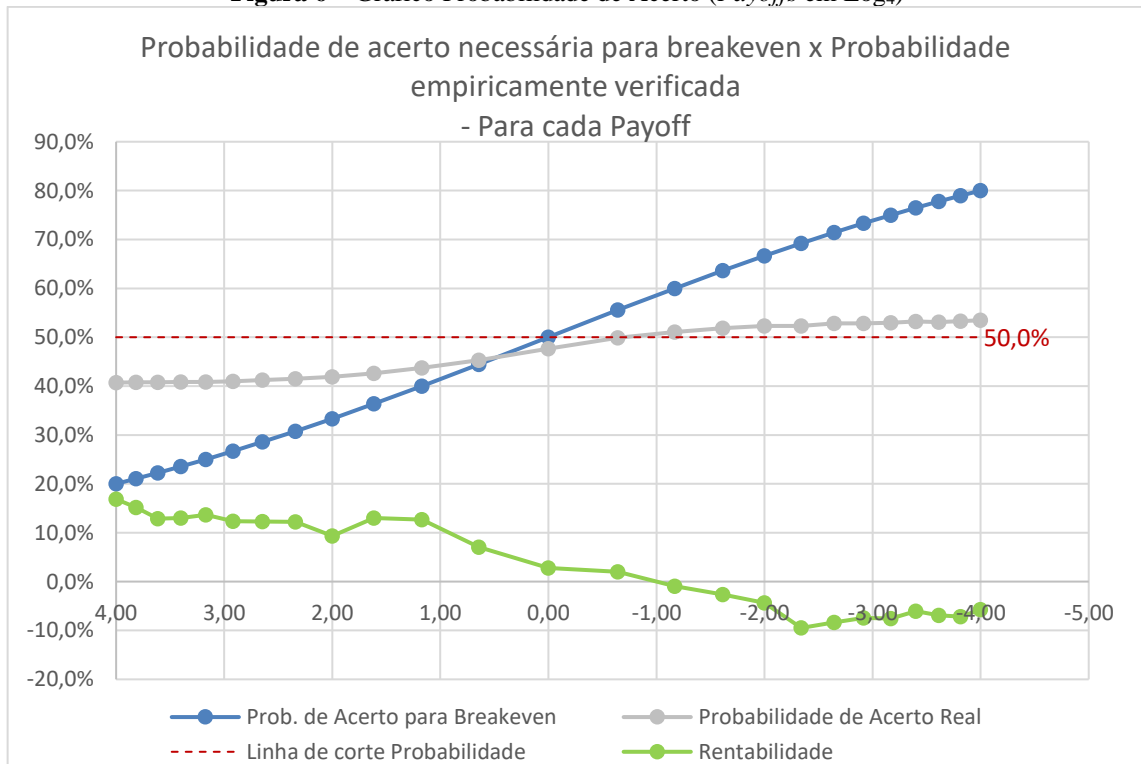


Figura 6 – Gráfico Probabilidade de Acerto (Payoffs em Log₄)¹²



¹¹ O já mencionado problema da assimetria no payoffs pode ser observado na Figura 5: Existem 12 pontos distribuídos no gráfico entre 4 e 1 (eixo X), e 12 pontos concentrados entre 1 e 0.

¹² Para resolver esse problema da assimetria colocamos os Payoffs em log base 4 e multiplicamos por 4, de forma que o payoff 1 vs. 4 será -4 e o payoff 4 vs. 1 será +4.

Entretanto, apesar da probabilidade de acerto aumentar conforme o *payoff* diminui, aumenta também o tamanho do prejuízo caso a operação resulte em perda. É necessário que a probabilidade de acerto aumente em um determinado ritmo para compensar esse maior prejuízo incorrido quando as perdas acontecem. Por exemplo, se em um conjunto de operações o investidor pode perder R\$1.000,00 ou ganhar R\$1.000,00 em cada operação, então a probabilidade de acerto mínima que ele precisa ter para não perder dinheiro no longo prazo é de 50%. Agora, se em um conjunto de operações o investidor vai perder R\$2.000,00 caso esteja errado ou ganhar R\$1.000,00 caso esteja certo, então a probabilidade de acerto mínima que o investidor precisa ter para que seu retorno esperado seja pelo menos igual a zero é de pelo menos 66%.

O ritmo que a probabilidade de acerto precisa aumentar conforme diminuimos o *payoff* para que o lucro não seja menor que zero é matematicamente definível e regida pela seguinte inequação:

$$0 < (\text{Ganho} \cdot P_g) - (\text{Perda} \cdot P_p)$$

onde P_g é a probabilidade de ganho e P_p é a probabilidade de perda daquela aposta. P_p mais P_g é igual a 1. E zero é o resultado esperado mínimo, uma vez que queremos que o investidor não saia no prejuízo. Manipulando algebricamente essa equação, temos que, considerando:

$$P_{yf} = \text{Payoff} = \frac{\text{Ganho}}{\text{Perda}}$$

e

$$P_g + P_p = 1$$

então verificamos que:

$$P_g > \frac{1}{(P_{yf} + 1)}$$

A inequação acima dita a relação entre a probabilidade de acerto (P_g) e o *payoff* (P_{yf}) para que o investidor ou apostador não saiam no prejuízo. Plotamos essa curva de azul na figura 6. Como podemos observar, o ritmo que a probabilidade de acerto deveria que crescer para

compensar a diminuição do *payoff* (em azul) é consideravelmente maior do que o ritmo empiricamente verificado (em cinza). Em outras palavras, o investidor com aversão a perdas aceita perder uma quantidade maior em troca de acertar mais vezes, porém o aumento na quantidade de acertos não compensa o custo pago para poder acertar mais. Para que essa compensação ocorresse, a linha cinza deveria permanecer acima da linha azul e jamais cruzá-la conforme o gráfico corre para a direita. Quando elas se cruzam, isso significa que deveríamos estar acertando mais do que efetivamente estamos para estar em terreno positivo na performance das nossas operações. É por isso que quando as linhas se cruzam, empiricamente vemos que a rentabilidade (em verde) passa a se aproximar de zero e assumir valores negativos. Na própria tabela 2 pode-se verificar que para todos *payoffs* menores do que 1 vs.1 ($\text{Log}_4[\text{Payoff}] * 4 = 0$) a rentabilidade esperada é muito próxima de zero ou é negativa.

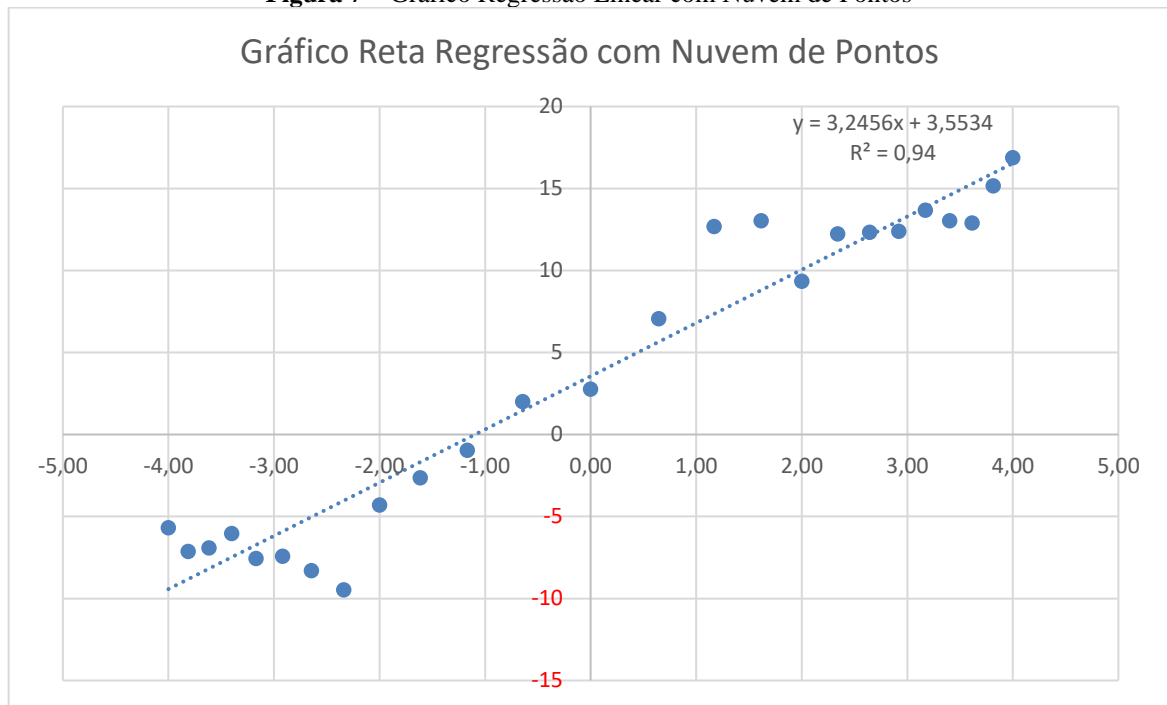
A conclusão que obtemos disso é que: i) a aversão a perdas faz com que queiramos evita-la e aumentar nosso percentual de acerto; ii) o custo para aumentar o percentual de acerto e diminuir o *payoff*, ganhar menos quando acertamos e perder mais quando erramos; iii) o custo não compensa o pequeno aumento no percentual de acertos, que sai de 40% quando o *payoff* é 4 desvios padrão de ganho para 1 de perda, e vai para 55% quando o *payoff* está no outro extremo, de 1 para 4.

Plotando a nuvem de pontos que relaciona *payoff* com rentabilidade percentual média (o resultado esperado) temos a figura 7, temos a rete de regressão linear na linha pontilhada. Aplicando o método dos mínimos quadrados chegamos no seguinte modelo:

$$Y = 3,2.X + 3,5$$

Ou seja, temos para o parâmetro estimado $\hat{\beta}_2$ o valor de 3,2. O desvio padrão do parâmetro $\hat{\beta}_2$, que é uma variável aleatória, é de 0,17. Assim a estatística T é de 18,9, o que na curva de distribuição normal dá um P-valor matematicamente igual a zero. Portanto podemos dizer que essa relação entre o *payoff* e os resultados obtidos é estatisticamente válida. Observando somente $\hat{\beta}_2$, não podemos dizer se ele é grande ou pequeno, mas olhando a estatística T vemos que ele está a quase 19 desvios padrão de distância do zero.

Figura 7 – Gráfico Regressão Linear com Nuvem de Pontos



O valor de $\hat{\beta}_2$ indica que a cada desvio padrão que aproximamos o *stop loss* do ponto de entrada, ou que distanciamos o *stop gain* do ponto de entrada, a rentabilidade média sobe 3,2%. Isso quer dizer que, se passarmos o padrão das nossas operações financeiras de 1 vs. 4 (1 desvio padrão de *stop gain* contra 4 desvios padrão de *stop loss*) para 1 vs. 3, é o suficiente para nosso resultado esperado aumentar em 3,2% independente da estratégia de entrada em operações que for adotada. Análogo ao *stop loss*, com o *stop gain* o mesmo acontece: se passarmos nosso padrão de operações de 2 vs. 1 para um padrão de 3 vs. 1, nossa rentabilidade esperada também aumentará em 3,2%.

É possível que o leitor a esse ponto esteja se questionando que esse aumento de rentabilidade significa pouco em um universo de três anos (base de dados ao longo da qual foram executadas as operações). Porém vale aqui lembrar que esse aumento de 3,2% é para entradas aleatórias. Isto é, com absolutamente nenhuma estratégia, sem aplicar nenhum conhecimento de mercado. Ainda é possível ir além: Um investidor sem nenhum conhecimento conseguiria ter uma rentabilidade esperada positiva apenas estabelecendo seus parâmetros de perda e ganho de forma vantajosa. Claramente isso é uma conjectura apenas teórica, é necessário conhecer os instrumentos financeiros operados e saber dos riscos nos quais as operações incorrem. Contudo, com esse modelo temos um forte indício que a aversão a perdas influencia no resultado esperado dos investidores mesmo com entradas aleatórias, e o tamanho

real dessa influência para cada investidor vai depender da sua estratégia particular de investimento.

Já vimos no teste T que $\hat{\beta}_2$ é significativo, pudemos ver no gráfico que o valor de R^2 é de 0,94, ou seja, dentro desse modelo, 94% das variações na rentabilidade são explicadas pela mudança nos *payoffs*, agora veremos em seguida que a variância dos resíduos é constante e que o modelo apresentado não está autocorrelacionado.

No teste de heterocedasticidade, como já escrito, a hipótese nula é de que as variâncias dos resíduos são constantes (homocedasticidade), e a hipótese alternativa é de que as variâncias dos resíduos são correlacionadas com uma ou mais variáveis (heterocedasticidade):

$$H_0 : \sigma_i^2 = \sigma^2 \text{ para todo } i.$$

$$H_1 : \text{Não } H_0$$

Usando Breush-Pagan, calculando a regressão entre μ^2 (o quadrado dos resíduos) e a variável explicativa do modelo, teremos que o R^2 dessa regressão é 0,255. Multiplicando esse valor pelo número de observações, temos a estatística de LM = 6,397. Para $R^2 \sim \chi^2(1)$, ou seja, uma qui-quadrado com um grau de liberdade:

$$P[\chi^2(1) > 6,397] = 1,1\%$$

Com esse P-Valor rejeita-se amplamente a hipótese alternativa (para 5% de significância) de ausência de homocedasticidade.

Já no que tange à autocorrelação, calculando os coeficientes de correlação *rho* (ρ_{t-s}) da matriz usando os resíduos respectivamente defasados em t-s, temos: $\rho_{(t-1)} = 0,113$; $\rho_{(t-2)} = 0,045$; $\rho_{(t-3)} = 0,008$. Aplicando esses coeficientes na fórmula abaixo do Ljung-Box, temos:

$$Q(k) = n(n+2) \sum_{j=1}^k \frac{\hat{r}_j^2}{(n-j)}$$

Para os termos dentro do somatório, temos: $L_{(t-1)} = 0,000535$; $L_{(t-2)} = 0,000090$; $L_{(t-3)} = 0,000003$. Para o somatório multiplicado pelo ajuste $n(n+2)$, temos: $Q(k) = 0,38209$. Olhando

a cauda direita da Chi-Quadrada para o valor de $Q(k)$ que encontramos acima: 94,39% é a probabilidade de NÃO haver autocorrelação (quanto maior a probabilidade, melhor seria). Usamos a Qui-quadrada com 3 graus de liberdade olhando a cauda direita para o valor de 0,38 encontrado para Q .

Assim, nas quatro verificações básicas que foram feitas: teste T de significância, análise do R^2 , teste de homecedasticidade e autocorrelação, verificamos validade no modelo proposto. Não no sentido de definir precisamente qual o impacto a aversão a perdas exerce na rentabilidade esperada. Mas no sentido de nos dar o indício de para qual direção essa relação aponta. Como já foi mencionado, as entradas aleatórias são tanto uma solução, como um problema na hora de podermos atribuir um significado prático ao tamanho desse impacto refletido por $\hat{\beta}_2$. Entretanto, podemos concluir que a influência da aversão a perdas é negativa para os rendimentos do investidor.

4. CONCLUSÃO

No primeiro capítulo foi feita uma revisão bibliográfica de diversos estudos de vieses cognitivos que seriam capazes de influenciar o comportamento dos agentes enquanto realizavam investimentos financeiros. Nesse primeiro capítulo buscou-se explicar de que forma os vieses estudados afetam o comportamento dos investidores. Foi destacado através dos artigos revisados que a alteração no comportamento dos investidores é capaz de alterar o resultado esperado de suas ações. Também foi diferenciada a aversão ao risco da aversão a perdas. No início do segundo capítulo o tema mercado financeiro foi abordado de forma mais direta e foram apresentados dois estudos que relacionaram e conseguiram indicar através do histórico de operações de centenas de investidores que aqueles que apresentavam maior aversão a perdas também apresentavam os piores resultados financeiros em suas aplicações.

A partir desses dois estudos foi desenhado um modo de sistematizar a aversão a perdas de forma a tornar possível sua verificação prática e teste estatístico. Foi apresentado um sistema de *payoffs* onde a razão entre o ganho máximo e a perda máxima que um investidor está disposto a esperar nos traz um sinal do tamanho de sua aversão a perdas. Foi apresentado com este trabalho iria sistematizar e modelar o comportamento de aversão a perdas.

Como exposto no último tópico do capítulo final, trouxemos com este estudo indícios de que a aversão a perdas prejudica a performance dos investidores no mercado financeiro.

Através da programação de um algoritmo exclusivamente para os fins deste trabalho, foram testadas mais de 84.100 operações de compra e venda no mercado financeiro em um período de três anos. Foram usados 25 tipos de aceitação de risco diferentes, cada um representando um grau diferente de aversão a perdas. Os resultados dessas operações foram colhidos e a relação entre aversão a perdas e o resulta esperado foi testada usando um modelo econométrico. Através desse modelo foi demonstrado que o parâmetro que relaciona grau de aversão a perdas com resultado esperado possui significância estatística. Esse parâmetro revelou que é possível aumentar a rentabilidade das operações de um investidor dentro de um período de tempo apenas diminuindo seu grau de aversão a perdas. Concluimos que, segundo o modelo desenvolvido, é possível, inclusive, que um investidor tenha uma perspectiva de ganhos positiva apenas apresentando um comportamento oposto ao de aversão a perdas.

Referências Bibliográficas

- SIMON, H. A. (1955). *A Behavioral Model of Rational Choice*. *Quarterly Journal of Economics*, vol. 69, no. 1, fevereiro, 99-118.
- SHILLER, R. (1984). *Stock prices and social dynamics*. *Brookings Papers on Economic Activity* 2, 457–510.
- SHILLER, R. (1981b). *The use of volatility measures in assessing market efficiency*. *Journal of Finance* 36(2), 291-304.
- KAHNEMAN, D.; TVERSKY, A. (1979). *Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk*. *Econometrica*, 47(2), 263-291.
- KAHNEMAN, D.; TVERSKY, A. (1974). *Judgment under uncertainty: Heuristics and biases*. *Science*, 185(4157), 1124–1131.
- KAHNEMAN, D. *Rápido e Devagar: Duas Formas de Pensar*. Rio de Janeiro: Objetiva, 2012
- KAHNEMAN, D. *Thinking, Fast and Slow*. Nova York: Farrar, Straus and Giroux, 2011.
- THALER, R. (1985). *Mental Accounting and Consumer Choice*. *Marketing Science* 4, 199-214.
- THALER, R. (1999). *Mental Accounting Matters*. *Journal of Behavioral Decision Making* 12, 183-206.
- THALER, R. (1981a). *Some Empirical Evidence on Dynamic Inconsistency*. *Economics Letters* 8, 201-207.
- THALER, R.; SHEFRIN, H. (1981b). *An Economic Theory of Self-Control*. *Journal of Political Economy* 89, 392-406.
- THALER, R. (1980). *Toward a Positive Theory of Consumer Choice*. *Journal of Economic Behavior and Organization* 1, 39-60.
- THALER, R. (1994). *Psychology and Savings Policies*. *American Economic Review* 84, 186- 192.
- SHEFRIN, H. *Behavioralizing Finance*. *Foundations and Trends in Finance* 4, 1–2, p. 1-184, 2009.
- STERNBERG, J.; MIO, J. (2009). *Cognitive psychology*. Wadsworth Publishing Company.
- VARIAN, H. *Microeconomia: Princípios Básicos*. 7ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.
- MARKOWITZ, H. (1952). *The Utility of Wealth*. *Journal of Political Economy*, 60, 151-158.
- WILLIAMS, A. (1966). *Attitudes toward Speculative Risks as an Indicator of Attitudes toward Pure Risks*. *Journal of Risk and Insurance*, 33, 577-586.
- KAHNEMAN, D.; KNETSCH, J.; THALER, R. (1991). *Anomalies: The endowment effect, loss aversion, and status quo bias*. *Journal of Economic Perspectives*, 5(1), 193–206.
- KAHNEMAN, D.; TVERSKY, A. (1991). *Loss aversion in riskless choice: A reference-dependent model*. *Quarterly Journal of Economics*, 106(4), 1039–1061.
- HOLCOMB, J.; EVANS, D. (1987). *The effect of sunk costs on uncertain decisions in experimental markets*. *Journal of Behavioral Economics*, 16(3), 59–66.
- ARKES, H.; BLUMER, C. (1985). *The psychology of sunk cost*. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 35(1), 124–140.

- KNETSCH, J.; SINDEN J. (1984). *Willingness to Pay and Compensation Demanded: Experimental Evidence of an Unexpected Disparity in Measures of Value*. *Quarterly Journal of Economics*, 99, 507-521.
- KNETSCH, J. (1989). *The Endowment Effect and Evidence of Nonreversible Indifference Curves*. *American Economic Review*, 79, 1277-1284.
- KAHNEMAN, D.; KNETSCH, J.; THALER, R. (1990). *Experimental Tests of the Endowment Effect and the Coase Theorem*. *Journal of Political Economy*, 98, 1325-1348.
- KAHNEMAN, D.; KNETSCH, J.; THALER, R. (1991). *Anomalies: The Endowment Effect, Loss Aversion, and Status Quo Bias*. *Journal of Economic Perspectives*, 5 (1), 193-206.
- SAMUELSON, W.; ZECKHAUSER, R. (1988). *Status Quo Bias in Decision Making*. *Journal of Risk and Uncertainty*, (1), 7-59.
- THALER, R.; JOHNSON, E. (1990). *Gambling with the house money and trying to break even: the effects of prior outcomes on risky choice*. *Management Science*, 36(6), 643-661.
- SHEFRIN, H; STATMAN, M (1985). *The disposition to sell winners too early and ride losers too long: Theory and evidence*. *Journal of Finance*, 40(3), 777-790.
- ODEAN, TERRANCE (1998). *Are investors reluctant to realize their losses?* *Journal of Finance*. Vol 53, No 5.

ANEXO A

```

1 //+-----+
2 //|                                     Robo_Monografia.mq5 |
3 //|                                     carlissson.correia@gmail.com |
4 //|                                     |
5 //+-----+
6 #property copyright "carlissson.correia@gmail.com"
7 #property link      ""
8 #property version   "1.00"
9 #define magic number 007
10 #include <Math\Stat\Stat.mqh>
11 //+-----+
12
13
14
15
16
17 //+-----+
18 //|                                     VARIÁVEIS GLOBAIS |
19 //+-----+
20
21
22
23
24 #input string s0; //-----CONFIGURAÇÕES BÁSICAS-----
25 #input string h_enc="17:54"; // Horário de encerramento das posições do dia
26 #input float perda_max_operacao=1000; // Perda máxima admitida por operação
27 #input float volume_max_mao; // Não utilizado
28 #input int periodo_dp=21; // Qtd. períodos cálculo Desvio Padrão para saídas
29 #input int caminho_aleatorio = 1; // Escolha de 1 a 30.000 para selecionar o caminho aleatório
30 //+-----+
31
32
33
34
35 #input string s1; //-----RISCO/RETORNO-----
36 #input float payoff_gain=1; // Payoff: Desvios Padrão de ganho
37 #input float payoff_loss=1; // Payoff: Desvios Padrão de perda
38 #input bool padronizar_risco=true; // Padronizar risco financeiro de todas operações?
39 #input string msl; // - - - - -
40 #input bool trailing_stop=false; // Payoff Memora: Risco constante e ganho não limitado
41 #input float estagio_memora=3; // Memora: Gatilho para diminuição do risco
42 #input float ajuste_memora=0.7; // Memora: Diminuição do risco
43 //+-----+
44
45
46
47
48 #input string s2; //-----OPÇÕES DE ENTRADA-----
49 enum direcoes
50 {
51     compra, //Somente subida
52     venda, //Somente queda
53     compra_e_venda, //Subida e queda
54 };
55
56 #input direcoes direcoes_entrada; // Direções das apostas
57 #input float probabilidade_de_entrada=3; // Probabilidade entrar aleatoriamente em uma operação (de 0 a 100)
58 //+-----+
59
60
61
62 MqlRates candle[];
63 MqlTick tick;
64
65 float preco_venda;
66 float preco_stop_venda;
67 float preco_gain_venda;
68
69 float preco_compra;
70 float preco_stop_compra;
71 float preco_gain_compra;
72
73 bool sinal_venda;
74 bool sinal_compra;
75 bool posicionado;
76 int contagem_bar_sinal;
77
78 //double valor_trailing_stop;
79
80
81 //+-----+
82 //|                                     ONINIT |
83 //+-----+
84 int OnInit()
85 {
86     EventSetTimer(60);
87 //---
88
89     MathSrand(caminho_aleatorio);
90
91 //---
92     return(INIT_SUCCEEDED);
93 }
94
95
96
97 //+-----+
98 //|                                     ONTICK |
99 //+-----+
100 void OnTick()
101 {
102     bool nc = (newcandle())? OnNewCandle() : false; //Configuração de chamada da função OnNewCandle
103 //---

```



```

103 //---
104
105
106 //---Fechando posições após horário determinado intradiário
107 if(h_enc!="")
108 {
109     fechar_pos_apos(h_enc);
110 }
111 //---
112
113
114 }
115
116
117
118 //-----+
119 //|                ONNEWCANDLE                |
120 //-----+
121 bool OnNewCandle()
122 {
123 //---
124
125
126 CopyRates( Symbol, _Period, 0, periodo_dp+1, candle);
127 ArraySetAsSeries(candle, true);
128
129
130
131 //---Verificando se o algoritmo está posicionado
132 int total_posicoes = PositionsTotal();
133 int ticket_posicao;
134
135 posicionado = false;
136 for(int i=0; i<total_posicoes; i++)
137 {
138     ticket_posicao = PositionGetTicket(i);
139     PositionSelectByTicket(ticket_posicao);
140
141     if(PositionGetInteger(POSITION_MAGIC) == magic_number && PositionGetString(POSITION_SYMBOL) == _Symbol)
142     {
143         posicionado = true;
144     }
145 }
146 //---
147
148
149
150 //---Gerando um número aleatório
151 int n_aleatorio = (StringToInteger(StringSubstr(IntegerToString(MathRand()*9999),3,2)));
152 //---
153
154
155
156 //---Definindo Desvio Padrão do preço
157 double dp;
158 double mean;
159 double vetorDP_fechamentos[];
160 ArrayResize(vetorDP_fechamentos, periodo_dp);
161
162 for(int i=0; i<=periodo_dp-1; i++)
163 {
164     vetorDP_fechamentos[i] = candle[i+1].close;
165 }
166
167 dp = MathStandardDeviation(vetorDP_fechamentos);
168 mean = MathMean(vetorDP_fechamentos);
169 ZeroMemory(vetorDP_fechamentos);
170
171
172 //---
173
174
175
176
177 //---Apostando aleatoriamente na alta ou na baixa, de acordo com especificações do usuário
178 if(n_aleatorio <= probabilidade_de_entrada && posicionado == false && dp!=0)
179 {
180     if(direcoes_entrada == compra)
181     {
182         CompraAMercado((padrozinar_risco? Lote(perda_max_operacao, dp*payoff_loss, 0):10), dp*payoff_loss, dp*payoff_gain);
183     }
184     else if(direcoes_entrada == venda)
185     {
186         VendaAMercado((padrozinar_risco? Lote(perda_max_operacao, dp*payoff_loss, 0):10), dp*payoff_loss, dp*payoff_gain);
187     }
188     else if(n_aleatorio % 2 == 0)
189     {
190         CompraAMercado((padrozinar_risco? Lote(perda_max_operacao, dp*payoff_loss, 0):10), dp*payoff_loss, dp*payoff_gain);
191     }
192     else
193     {
194         VendaAMercado((padrozinar_risco? Lote(perda_max_operacao, dp*payoff_loss, 0):10), dp*payoff_loss, dp*payoff_gain);
195     }
196 }
197 //---
198
199
200
201 //---Reposicionando trailing stop de venda
202 if(posicionado==true && trailing_stop==true && (PositionGetDouble(POSITION_PRICE_OPEN)-candle[1].close)>=(preco_stop_venda * estagio_memora))
203 {
204     reposiciona_trailing_stop_venda(candle[1].close + (PositionGetInteger(POSITION_TYPE)==POSITION_TYPE_SELL? (dp * ajuste_memora) : -(dp * ajuste_memora)));
205 }

```

```

205     }
206
207     else
208         if (posicionado==true && trailing_stop==true && PositionGetInteger(POSITION_TYPE)==POSITION_TYPE_SELL)
209             {
210                 reposiciona_trailing_stop_venda(candle[1].close + (PositionGetInteger(POSITION_TYPE)==POSITION_TYPE_SELL? (dp) : -(dp)));
211             }
212     //---
213
214
215
216
217     //---
218     return(true);
219     }
220
221
222
223     //+-----+
224     //|                                     ONTIMER                                     |
225     //+-----+
226     void OnTimer()
227     {
228     //---
229
230
231     }
232
233
234
235
236     //+-----+
237     //|                                     ONTRADE                                     |
238     //+-----+
239     void OnTrade()
240     {
241     //---
242
243
244
245     }
246
247
248
249     //+-----+
250     //|                                     ONDEINIT                                     |
251     //+-----+
252     void OnDeinit(const int reason)
253     {
254         EventKillTimer();
255     //---
256
257
258     }
259
260
261
262
263     //+-----+
264     //| Configuração condições de chamada de OnNewCandle                             |
265     //+-----+
266     bool newcandle()
267     {
268     //--- memoriza o tempo de abertura da ultima barra (vela) numa variável
269         static datetime last_time=0;
270     //--- tempo atual
271         datetime lastbar_time= (datetime) SeriesInfoInteger(Symbol(),Period(),SERIES_LASTBAR_DATE);
272
273     //--- se for a primeira chamada da função:
274         if (last_time==0)
275             {
276                 //--- atribuir valor temporal e sair
277                 last_time=lastbar_time;
278                 return(false);
279             }
280
281     //--- se o tempo estiver diferente:
282         if (last_time!=lastbar_time)
283             {
284                 //--- memorizar esse tempo e retornar true
285                 last_time=lastbar_time;
286                 return(true);
287             }
288     //--- se passarmos desta linha, então a barra não é nova; retornar false
289         return(false);
290     }
291     //+-----+
292
293
294
295
296     //+-----+
297     //|                                     AJUSTE DO LOTE DADO O RISCO MÁXIMO FINANCEIRO   |
298     //+-----+
299     int Lote(int perda_max, float stop_em_pts, float volume_max_mao)
300     {
301
302         int lote=0;
303
304
305         if (StringSubstr(SymbolInfoString(_Symbol,SYMBOL_ISIN),0,6) == "BRBMEF" && StringSubstr(_Symbol,0,3) == "DOL")
306             {
307                 lote = MathFloor((perda_max / (stop_em_pts*250))/5) * 5;

```

```

307     lote = MathFloor((perda_max / (stop_em_pts*250))/5) * 5;
308 }
309
310
311 else
312     if(StringSubstr(SymbolInfoString(_Symbol,SYMBOL_ISIN),0,6) == "BRBMEF" && StringSubstr(_Symbol,0,3) == "WDO")
313     {
314         lote = MathFloor(perda_max / (stop_em_pts*10));
315     }
316
317
318     else
319         if(StringSubstr(SymbolInfoString(_Symbol,SYMBOL_ISIN),0,6) == "BRBMEF" && StringSubstr(_Symbol,0,3) == "IND")
320         {
321             lote = MathFloor((perda_max / (stop_em_pts*5))/5)*5;
322         }
323
324
325     else
326         if(StringSubstr(SymbolInfoString(_Symbol,SYMBOL_ISIN),0,6) == "BRBMEF" && StringSubstr(_Symbol,0,3) == "WIN")
327         {
328             lote = MathFloor(perda_max / (stop_em_pts*0.2));
329         }
330
331     else
332         if(StringSubstr(SymbolInfoString(_Symbol,SYMBOL_ISIN),0,6) != "BRBMEF")
333         {
334             lote = MathFloor((perda_max / stop_em_pts)/100)*100;
335         }
336
337
338     else
339     {
340         Alert("Categoria do ativo não identificada. Impossível definir tamanho do lote.");
341         lote=0;
342     }
343
344
345
346 //if(lote * candle[0].close>volume_max_mao)
347 // {
348 //     lote = MathFloor((volume_max_mao / candle[0].close) / 100)*100;
349 // }
350
351
352 if(lote == 0)
353 {
354     Alert("A perda máxima é muito pequena para o ativo selecionado, ou o ativo selecionado não foi identificado pelo algoritmo.");
355     //ExpertRemove();
356 }
357
358
359 return(lote);
360 }
361 //+-----+
362
363
364
365
366 //+-----+
367 //| CONFIGURAÇÃO FUNÇÃO DE VENDA A MERCADO |
368 //+-----+
369 int VendaAMercado(int lote, float SL, float TK)
370 {
371
372     if(lote == 0)
373     {
374         return(0);
375     }
376
377     MqlTick tick; // variável armazena ticks
378     SymbolInfoTick(_Symbol,tick); // carregando informações dos ticks
379     MqlTradeRequest requisicao; // requisição
380     MqlTradeResult resposta; // resposta
381
382     ZeroMemory(requisicao);
383     ZeroMemory(resposta);
384
385     --- Características da ordem de Venda
386     requisicao.action = TRADE_ACTION_DEAL; // Executa ordem a mercado
387     requisicao.magic = magic_number; // Nº mágico da ordem
388     requisicao.symbol = _Symbol; // Símbolo do ativo
389     requisicao.volume = lote; // Nº de Lotes
390     requisicao.price = NormalizeDouble(tick.bid,_Digits); // Preço para Venda
391     requisicao.sl = MathFloor((NormalizeDouble(tick.bid + SL,_Digits))/5)*5; // Preço Stop Loss
392     if(trailing_stop==false)
393     {
394         requisicao.tp = MathFloor((NormalizeDouble(tick.bid - TK,_Digits))/5)*5; // Alvo de Ganho - Take Profit
395     }
396     requisicao.deviation = 0; // Desvio Permitido do preço
397     requisicao.type = ORDER_TYPE_SELL; // Tipo da Ordem
398     requisicao.type_filling = ORDER_FILLING_RETURN; // Tipo deo Preenchimento da ordem ORDER_FILLING_IOC
399     ---
400     OrderSend(requisicao, resposta);
401     ---
402     if(resposta.retcode == 10008 || resposta.retcode == 10009)
403     {
404         Print("Ordem de Venda executada com sucesso!");
405     }
406     else
407     {
408         Alert("Erro ao enviar Ordem Venda. Erro = ", GetLastError());
409         ResetLastError();

```

```

409     ResetLastError();
410 }
411 return(resposta.order);
412 }
413 //+-----+
414
415
416
417 //+-----+
418 //| CONFIGURAÇÃO FUNÇÃO DE COMPRA A MERCADO |
419 //+-----+
420 int CompraAMercado(int lote, float SL, float TK)
421 {
422 {
423     if(lote == 0)
424     {
425         return(0);
426     }
427
428     MqlTick tick; // variável armazena ticks
429     SymbolInfoTick(_Symbol, tick); // carregando informações dos ticks
430     MqlTradeRequest requisicao; // requisição
431     MqlTradeResult resposta; // resposta
432
433     ZeroMemory(requisicao);
434     ZeroMemory(resposta);
435
436     //--- Características da ordem de Compra
437     requisicao.action = TRADE_ACTION_DEAL; // Executa ordem a mercado
438     requisicao.magic = magic_number; // N° mágico da ordem
439     requisicao.symbol = _Symbol; // Simbolo do ativo
440     requisicao.volume = lote; // N° de Lotes
441     requisicao.price = NormalizeDouble(tick.ask, _Digits); // Preço para a compra
442     requisicao.sl = MathFloor((NormalizeDouble(tick.ask - SL, _Digits))/5)*5; // Preço Stop Loss
443     if(trailing_stop==false)
444     {
445         requisicao.tp = MathFloor((NormalizeDouble(tick.ask + TK, _Digits))/5)*5; // Alvo de Ganho - Take Profit
446     }
447     requisicao.deviation = 0; // Desvio Permitido do preço
448     requisicao.type = ORDER_TYPE_BUY; // Tipo da Ordem
449     requisicao.type_filling = ORDER_FILLING_RETURN; // Tipo deo Preenchimento da ordem ORDER_FILLING_IOC
450
451     //---
452     OrderSend(requisicao, resposta);
453     //---
454     if(resposta.retcode == 10008 || resposta.retcode == 10009)
455     {
456         Print("Ordem de Compra executada com sucesso!");
457     }
458     else
459     {
460         Alert("Erro ao enviar Ordem Compra. Erro = ", GetLastError());
461         ResetLastError();
462     }
463     return(resposta.order);
464 }
465 //+-----+
466
467
468
469 //+-----+
470 //| FECHA TODAS AS POSIÇÕES EM ABERTO PELO ROBÓ APÓS DETERMINADO HORÁRIO |
471 //+-----+
472 void fechar_pos_apos(string h_enc)
473 {
474 {
475
476     MqlTradeRequest requisicao; // requisição
477     MqlTradeResult resposta; // resposta
478
479     MqlTick tick; // variável armazena ticks
480     SymbolInfoTick(_Symbol, tick); // carregando informações dos ticks
481
482
483     ZeroMemory(requisicao);
484     ZeroMemory(resposta);
485
486
487     int total_posicoes = PositionsTotal();
488     int ticket_posicao;
489
490
491     datetime h_enc_estr;
492     h_enc_estr = StringToTime(h_enc);
493
494
495     if(h_enc_estr < TimeCurrent())
496     {
497
498         for(int i=0; i<total_posicoes; i++)
499         {
500             ticket_posicao = PositionGetTicket(i);
501             PositionSelectByTicket(ticket_posicao);
502
503             if(PositionGetInteger(POSITION_MAGIC) == magic_number && PositionGetString(POSITION_SYMBOL) == _Symbol)
504             {
505                 Print("----> Fim do Tempo Operacional: encerrando posições abertas!");
506
507                 //--- Características da ordem de Compra
508                 requisicao.action = TRADE_ACTION_DEAL; // Executa ordem a mercado
509                 requisicao.magic = magic_number; // N° mágico da ordem
510                 requisicao.symbol = _Symbol; // Simbolo do ativo
511                 requisicao.volume = PositionGetDouble(POSITION_VOLUME); // N° de Lotes

```

```

511     requisicao.volume      = PositionGetDouble(POSITION_VOLUME);           // Nº de Lotes
512     requisicao.price       = NormalizeDouble(tick.ask, _Digits);           // Preço para a compra
513     requisicao.deviation   = 5;                                           // Desvio Permitido do preço
514     requisicao.type        = (PositionGetInteger(POSITION_TYPE)==POSITION_TYPE_SELL)? ORDER_TYPE_BUY : ORDER_TYPE_SELL; // Tipo da Ordem
515     requisicao.type_filling = ORDER_FILLING_RETURN;                        // Tipo de Preenchimento da ordem
516
517     //---
518     OrderSend(requisicao, resposta);
519     //---
520     if(resposta.retcode == 10008 || resposta.retcode == 10009)
521     {
522         Print("Posição do robô ", magic_number, " encerrada com sucesso!");
523     }
524     else
525     {
526         Alert("ERRO AO FECHAR A POSIÇÃO DO ROBÔ ", magic_number, " APÓS ENCERRAMENTO DO TEMPO OPERACIONAL!", GetLastError());
527         ResetLastError();
528     }
529 }
530 }
531 }
532 }
533 //+-----+
534
535
536
537
538 //+-----+
539 //| REPOSICIONA O TRAILING STOP DE TODAS POSIÇÕES PARA O VALOR PASSADO COMO PARÂMETRO |
540 //+-----+
541 void reposiciona_trailing_stop_venda(double valor_trailing_stop)
542 {
543     MqlTradeRequest  requisicao;    // requisição
544     MqlTradeResult   venda;        // resposta
545
546     ZeroMemory(requisicao);
547     ZeroMemory(venda);
548
549     //valor_trailing_stop = MathFloor(valor_trailing_stop*100)/100;
550
551     int total_posicoes = PositionsTotal();
552     int ticket_posicao;
553
554     for(int i=0; i<total_posicoes; i++)
555     {
556         ticket_posicao = PositionGetTicket(i);
557         PositionSelectByTicket(ticket_posicao);
558
559         if(PositionGetInteger(POSITION_MAGIC) == magic_number && PositionGetString(POSITION_SYMBOL) == _Symbol && PositionGetDouble(POSITION_SL) > valor_trailing_stop)
560         {
561             requisicao.action      = TRADE_ACTION_SLTP;
562             requisicao.order        = ticket_posicao;
563             requisicao.sl           = MathFloor((NormalizeDouble(valor_trailing_stop, _Digits))/5)*5;
564             OrderSend(requisicao, venda);
565         }
566     }
567 }
568 //+-----+
569 //+-----+
570

```

ANEXO B

Payoff: Retorno vs. Risco	Payoff: Logaritmo(Razão)*4	Caminho de Entradas Aleatórias	Rentabilidade
1 vs. 4	-4,00	1	-8%
1 vs. 3,75	-3,81	1	-12%
1 vs. 3,5	-3,61	1	-13%
1 vs. 3,25	-3,40	1	-12%
1 vs. 3	-3,17	1	-17%
1 vs. 2,75	-2,92	1	-19%
1 vs. 2,5	-2,64	1	-20%
1 vs. 2,25	-2,34	1	-20%
1 vs. 2	-2,00	1	-20%
1 vs. 1,75	-1,61	1	-20%
1 vs. 1,5	-1,17	1	-21%
1 vs. 1,25	-0,64	1	-11%
1 vs. 1	0,00	1	-22%
1,25 vs. 1	0,64	1	-31%
1,5 vs. 1	1,17	1	-11%
1,75 vs. 1	1,61	1	-15%
2 vs. 1	2,00	1	-21%
2,25 vs. 1	2,34	1	-12%
2,5 vs. 1	2,64	1	-2%
2,75 vs. 1	2,92	1	-4%
3 vs. 1	3,17	1	4%
3,25 vs. 1	3,40	1	4%
3,5 vs. 1	3,61	1	-3%
3,75 vs. 1	3,81	1	2%
4 vs. 1	4,00	1	5%
1 vs. 4	-4,00	2	5%
1 vs. 3,75	-3,81	2	6%
1 vs. 3,5	-3,61	2	8%
1 vs. 3,25	-3,40	2	9%
1 vs. 3	-3,17	2	12%
1 vs. 2,75	-2,92	2	14%
1 vs. 2,5	-2,64	2	15%
1 vs. 2,25	-2,34	2	16%
1 vs. 2	-2,00	2	20%
1 vs. 1,75	-1,61	2	28%
1 vs. 1,5	-1,17	2	34%
1 vs. 1,25	-0,64	2	38%
1 vs. 1	0,00	2	35%
1,25 vs. 1	0,64	2	53%
1,5 vs. 1	1,17	2	47%

Payoff: Retorno vs. Risco	Payoff: Logaritmo(Razão)*4	Caminho de Entradas Aleatórias	Rentabilidade
1,75 vs. 1	1,61	2	40%
2 vs. 1	2,00	2	23%
2,25 vs. 1	2,34	2	28%
2,5 vs. 1	2,64	2	30%
2,75 vs. 1	2,92	2	26%
3 vs. 1	3,17	2	27%
3,25 vs. 1	3,40	2	23%
3,5 vs. 1	3,61	2	22%
3,75 vs. 1	3,81	2	19%
4 vs. 1	4,00	2	18%
1 vs. 4	-4,00	3	-19%
1 vs. 3,75	-3,81	3	-21%
1 vs. 3,5	-3,61	3	-24%
1 vs. 3,25	-3,40	3	-23%
1 vs. 3	-3,17	3	-24%
1 vs. 2,75	-2,92	3	-24%
1 vs. 2,5	-2,64	3	-27%
1 vs. 2,25	-2,34	3	-28%
1 vs. 2	-2,00	3	-21%
1 vs. 1,75	-1,61	3	-22%
1 vs. 1,5	-1,17	3	-20%
1 vs. 1,25	-0,64	3	-20%
1 vs. 1	0,00	3	-5%
1,25 vs. 1	0,64	3	6%
1,5 vs. 1	1,17	3	14%
1,75 vs. 1	1,61	3	20%
2 vs. 1	2,00	3	17%
2,25 vs. 1	2,34	3	13%
2,5 vs. 1	2,64	3	10%
2,75 vs. 1	2,92	3	12%
3 vs. 1	3,17	3	17%
3,25 vs. 1	3,40	3	13%
3,5 vs. 1	3,61	3	15%
3,75 vs. 1	3,81	3	20%
4 vs. 1	4,00	3	23%
1 vs. 4	-4,00	4	0%
1 vs. 3,75	-3,81	4	-2%
1 vs. 3,5	-3,61	4	0%
1 vs. 3,25	-3,40	4	2%
1 vs. 3	-3,17	4	-1%
1 vs. 2,75	-2,92	4	-1%
1 vs. 2,5	-2,64	4	-1%
1 vs. 2,25	-2,34	4	-6%

Payoff: Retorno vs. Risco	Payoff: Logaritmo(Razão)*4	Caminho de Entradas Aleatórias	Rentabilidade
1 vs. 2	-2,00	4	4%
1 vs. 1,75	-1,61	4	3%
1 vs. 1,5	-1,17	4	2%
1 vs. 1,25	-0,64	4	1%
1 vs. 1	0,00	4	3%
1,25 vs. 1	0,64	4	0%
1,5 vs. 1	1,17	4	1%
1,75 vs. 1	1,61	4	7%
2 vs. 1	2,00	4	18%
2,25 vs. 1	2,34	4	21%
2,5 vs. 1	2,64	4	11%
2,75 vs. 1	2,92	4	16%
3 vs. 1	3,17	4	7%
3,25 vs. 1	3,40	4	12%
3,5 vs. 1	3,61	4	17%
3,75 vs. 1	3,81	4	19%
4 vs. 1	4,00	4	22%