UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

UM ESTUDO EXPERIMENTAL SOBRE O COMPORTAMENTO DE AGENTES EM JOGOS ESTRATÉGICOS 2X2

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À UFPE

PARA OBTENÇÃO DE GRAU DE MESTRE

POR

JOANA KAROLYNI CABRAL PEIXOTO

Orientador: Prof. Dr. Leandro Chaves Rêgo

RECIFE, FEVEREIRO/2012

Catalogação na fonte
Bibliotecária: Rosineide Mesquita Gonçalves Luz / CRB4-1361 (BCTG)

P379e Peixoto, Joana Karolyni Cabral.
Um estudo experimental sobre o comportamento de agentes em jogos estratégicos 2X2 / Joana Karolyni Cabral Peixoto – Recife: O Autor, 2012.
ix, 59f., il., figs., gráfs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Leandro Chaves Rêgo.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2012.
Inclui Referências e Apêndice.

1. Engenharia de Produção. 2.Teoria dos Jogos. *3.* Equilíbrio de Nash. 4. Estratégia Colaborativamente Dominante. 5. Experimento I. Rêgo, Leandro Chaves (Orientador). II. Título.

658.5 CDD (22.ed) UFPE/BCTG-2012 / 115

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA
DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE
MESTRADO ACADÊMICO DE

JOANA KAROLYNI CABRAL PEIXOTO

"UM ESTUDO EXPERIMENTAL SOBRE O COMPORTAMENTO DE AGENTES EM JOGOS ESTRATÉGICOS 2X2"

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PESQUISA OPERACIONAL

A comissão examinadora, composta pelos professores abaixo, sob a presidência do(a) primeiro(a), considera a candidata **JOANA KAROLYNI CABRAL PEIXOTO APROVADA.**

Recife, 27 de fevereiro de 2012.

Prof. LEANDRO CHAVES RÊGO, PhD (UFPE)

Profa. ANA PAULA CABRAL SEIXAS COSTA, Doutor (UFPE)

Prof. ANDRÉ LEITE WANDERLEY, Doutor (UFPE)

A meus pais Gilberto e Walquiria Peixoto e a minha avó Maria Isabel Cabral, pelo apoio em todos os momentos e por sempre incentivarem meu crescimento pessoal e profissional.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Leandro Chaves Rêgo, pela orientação, pelos ensinamentos, pelo apoio e incentivo durante todo o mestrado.

A FACEPE pelo incentivo a pesquisa concretizado pela concessão da bolsa de mestrado.

Aos meus familiares, por acreditarem no meu trabalho e torcerem pelo meu sucesso.

A Thomas Gonçalo, pelo carinho, pela paciência e pelo apoio constante, essencial para que eu concluísse este trabalho.

Aos amigos que, mesmo na distância, me incentivaram a seguir em frente nessa caminhada.

Aos colegas do mestrado, pelo companheirismo no processo de aprendizagem. Em particular, a Annielli Rangel, Gisele Matias, Ricardo Ferreira e Daniela Nóbrega.

A Filipe Costa, pela contribuição com suas opiniões.

Aos alunos que participaram voluntariamente do experimento e aos professores que autorizaram a aplicação dos questionários em seus horários de aula.

A todos aqueles que de alguma forma colaboraram para a conclusão deste trabalho, minha gratidão.

RESUMO

Nesta dissertação testamos experimentalmente o comportamento de agentes em jogos estratégicos 2X2, onde havia um par de estratégias colaborativamente dominantes, que era estável apenas para um dos agentes. Os jogos escolhidos possuíam um único equilíbrio de Nash misto e nenhum equilíbrio em estratégias puras. Nosso objetivo foi verificar se os jogadores se comportariam conforme a teoria do equilíbrio de Nash misto. Este conceito de solução, por ser bastante utilizado para a determinação de soluções de problemas que podem ser modelados através da teoria dos jogos, é alvo de diversas análises sobre se seus resultados são condizentes com o observado na prática. O experimento foi realizado com estudantes universitários através da aplicação de questionários que perguntavam como eles se comportariam diante de três jogos. Com uma análise estatística das respostas dada aos questionários, concluímos que os jogadores não se comportam conforme a probabilidade prescrita pelo equilíbrio de Nash misto e que os indivíduos adotam a estratégia colaborativa com uma frequência maior do que a prevista pelo equilíbrio. Além disso, quanto à crença dos jogadores sobre a ação dos seus adversários, chegamos à conclusão de que os jogadores superestimaram a frequência média de colaboração de seu adversário. Verificamos também que a decisão sobre quanto os indivíduos estão dispostos a abrir mão, para obter algum ganho, não é consistente com o valor esperado do jogo calculado de acordo com o equilíbrio misto de Nash.

Palavras chaves: Teoria dos Jogos, Equilíbrio de Nash, Estratégia Colaborativamente Dominante, Experimento.

ABSTRACT

In this master thesis we tested experimentally the behavior of agents in strategic 2X2 games, where there was a pair of collaboratively dominant strategies that was stable for only one of the agents. These chosen games had a single mixed Nash equilibrium and none pure Nash equilibrium. Our main objective was to test if players behave according to the mixed Nash equilibrium. This solution concept, as widely used for determining solutions to problems that can be modeled by game theory, is subject to many analyzes of whether their results are consistent with that observed in practice. The experiment was conducted with college students through questionnaires that asked how they would behave in front of three games. With a statistical analysis of the responses given to the questionnaires, we conclude that the players do not behave with the probability prescribed by the mixed Nash equilibrium and that individuals adopt a collaborative approach with a frequency higher than that predicted by the equilibrium. Moreover, about the belief of the players on the action of his opponent, we came to the conclusion that players overestimated the average frequency of cooperation of their opponent. We also observed that the decision about how much they are willing to give up, in order to achieve some gain, is not consistent with the expected value of the game according to the mixed Nash equilibrium.

Keywords: Game theory, Nash equilibrium, Collaboratively Dominant Strategy, Experiment.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

1 INTRODUÇÃO

A teoria dos jogos é um ramo da matemática aplicada, no qual modelos e ferramentas matemáticas são utilizados para representação formal e para a análise de situações que envolvem agentes racionais interagindo entre si e se comportando estrategicamente. Fiani (2006) expõe que: um jogo é um modelo formal, ou seja, existem regras preestabelecidas para se apresentar e estudar um jogo; a interação implica que as ações de cada agente, consideradas individuais, afetam os demais; agentes racionais consistem em qualquer individuo, ou grupo de indivíduos, com capacidade de decisão que empregam os meios mais adequados de modo a maximizar sua utilidade; comportar-se estrategicamente relaciona-se ao fato de que ao tomar suas decisões cada agente leva em consideração a interação estratégica existente entre as suas decisões e as dos demais agentes envolvidos.

Isso, assumindo como princípio básico a ideia de que os agentes tomam suas decisões de acordo com a Teoria da Escolha Racional sobre incerteza de Anscombe e Aumann. De acordo com esta teoria, segundo Kreps (1988), as preferências dos indivíduos serão racionais se obedecerem aos axiomas de Assimetria, Transitividade Negativa, Independência, Continuidade, Não-Trivialidade e Independência entre preferências e estados da natureza. Tais axiomas são as condições necessárias e suficientes para que o agente se comporte de acordo com a regra da maximização da utilidade esperada, que é comumente empregada em problemas de Teoria dos Jogos.

Segundo Osborne (2004), o objetivo da teoria dos jogos consiste em ajudar o entendimento das situações em que os decisores interagem. É utilizada em áreas diversas como, por exemplo, se observa nas aplicações da teoria que o autor discute envolvendo fenômenos econômicos, políticos e biológicos. Desse modo, os modelos em jogos tornam-se úteis ao permitir a análise racional de tais situações. Para Fiani (2006), a teoria dos jogos ajuda a entender teoricamente o processo de decisão de agentes que interagem entre si, a partir da compreensão da lógica em que estão envolvidos.

Segundo Bhatt & Camerer (2005), a teoria dos jogos tornou-se um paradigma de base em economia e está se espalhando rapidamente nas demais ciências, tais como na política, na biologia e na antropologia. Para eles, é essencial o fato dos jogadores em um jogo poderem adotar o pensamento estratégico, ou seja, formar crenças sobre o que outros jogadores possam fazer com base nas informações que podem ser extraídas da própria estrutura do jogo sobre os possíveis movimentos dos jogadores e dos consequentes resultados. Diante de um conjunto de decisões a serem tomadas e, por consequência, de um conjunto de estratégias a serem adotadas, os jogadores têm de se basear nas suas preferências pelas consequências de cada combinação das possíveis estratégias dos jogadores envolvidos, o que seria o perfil de estratégia do jogo.

No que se referem às estratégias, os jogadores pode empregar estratégias puras ou mistas. O jogador faz uso da estratégia mista quando, segundo Fiani (2006), em vez de escolher entre suas estratégias uma dada estratégia para jogá-la com certeza, o que consistiria em usar uma estratégia pura, um jogador decide escolher entre suas estratégias aleatoriamente, atribuindo uma probabilidade a cada estratégia a ser escolhida. A estratégia mista envolve a atribuição de probabilidade as ações dos jogadores, de modo que a solução é obtida através do ganho esperado de um dos jogadores dado que o outro randomize suas ações. Diz-se que uma estratégia pura está no suporte de uma estratégia mista, se esta escolhe a primeira com probabilidade positiva.

Dentre as formas de se apresentar um jogo, a forma estratégica ou normal consiste na forma mais simples. Na forma normal, têm-se jogos simultâneos representados por uma matriz onde se encontram expostos os jogadores, as estratégias e os ganhos de cada jogador. Um exemplo de jogo em forma normal, extraído de Fiani (2006) é encontrado na Figura 1.1, que representa o famoso jogo conhecido como dilema dos prisioneiros. Nesse jogo, os prisioneiros correspondem aos jogadores, confessar e não confessar são as estratégias que eles podem adotar, e os valores entre parentes são os ganhos decorrentes da combinação dessas estratégias, onde o primeiro número em cada célula representa o ganho do prisioneiro 1 e o segundo número o ganho do prisioneiro 2.

		Prisioneiro 2	
		Confessar	**Não Confessar**
Prisioneiro 1	**Confessar**	**(-2, -2)**	**(0, -4)**
	Não Confessar	**(-4, 0)**	**(-1, -1)**

Figura 1.1 – Exemplo de jogo em forma normal: Dilema dos prisioneiros.
Fonte: Adaptado de Fiani (2006).

Diante de um jogo, a teoria visa identificar a solução deste, ou seja, uma prescrição ou previsão sobre o resultado do jogo. Existem vários conceitos diferentes de soluções. Este trabalho se restringe a dois conceitos: dominância e equilíbrio de Nash, sendo este último tido como o mais importante. Para Fiani (2006), "Diz-se que uma combinação de estratégias constitui um equilíbrio de Nash quando cada estratégia é a melhor resposta possível às estratégias dos demais jogadores, e isso é verdade para todos os jogadores.” No exemplo da Figura 1.1, temos que (Confessar, Confessar) é o único equilíbrio de Nash do jogo.

Entretanto, nem todo jogo há uma combinação de estratégias que atenda ao equilíbrio puro de Nash, pois há situações que, segundo Gibbons (1992), sempre se têm jogadores tentando surpreender os outros. Isso porque a solução do jogo envolve necessariamente a incerteza sobre o que o outro jogador irá fazer. E, uma maneira de se considerar e interpretar essa incerteza na solução de um jogo é através do conceito de estratégia mista, o qual quando usado em um equilíbrio de Nash resulta no chamado equilíbrio de Nash em estratégias mistas ou simplesmente equilíbrio misto.

O equilíbrio de Nash em estratégias mistas é tratado por Heap & Varoufakis (1995) como a ferramenta mais poderosa, popular e controvérsia da teoria dos jogos. Harsanyi & Selten (1988) criticam este perfil de solução em estratégias mistas ao considerar a instabilidade do equilíbrio. Isso, no sentido de que se os demais jogadores agem de acordo com o equilíbrio misto, cada jogador se torna indiferente entre as várias estratégias puras e não possui nenhum incentivo direto a agir de acordo com a distribuição de probabilidade proposta pelo conceito de equilíbrio de Nash.

Nesse contexto, Souza & Rêgo (2010) apresentam alguns exemplos de jogos em forma normal 2X2 (dois jogadores e duas estratégias cada um) nos quais, apesar da existência de equilíbrios de Nash mistos, ambos os jogadores tinham preferência estrita que seu adversário jogasse uma ação específica. Os autores argumentam não ser plausível que os jogadores utilizem a estratégia de escolher suas estratégias através de atribuição de probabilidade de modo a tornar seu adversário indiferente entre suas estratégias. Tendo em vista este problema, Souza & Rêgo (2010) propuseram um novo conceito de solução, chamado de dominância colaborativa estável, o qual, segundo os autores, quando este existir, deve ser o escolhido no lugar do equilíbrio misto.

Na literatura observa-se um esforço considerável em verificar como de fato os jogadores se comportam diante de situações de conflitos que podem ser modeladas através da teoria dos jogos, se de acordo com previsto pela teoria ou de acordo com algum outro critério. Diante dessa exposição e das considerações feitas sobre o equilíbrio misto de Nash, utilizando-se de jogos com estratégias colaborativamente dominantes, é neste contexto que se encaixa este trabalho, cujos objetivos são descritos a seguir.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo estudar experimentalmente, através de questionários, o comportamento de agentes em jogos em forma normal 2X2. Em particular, analisa-se o comportamento de agentes em jogos que possuem apenas um equilíbrio de Nash misto, nenhum equilíbrio puro, e, ainda, onde os jogadores têm uma preferência estrita por uma das estratégias de seus adversários. Propõe-se investigar se os agentes se comportam de acordo com o esperado pelo equilíbrio misto ou se agem de acordo com algum outro critério.

1.1.2 Objetivos Específicos

De forma específica, o presente trabalho busca atingir os seguintes objetivos:

- ✓ Revisar trabalhos da literatura envolvendo experimentos em teoria dos jogos;
- ✓ Elaborar um questionário baseado em um jogo em forma normal 2X2 com um único equilíbrio de Nash que pergunte como as pessoas o jogariam;
- ✓ Aplicar o questionário a alunos de graduação e pós-graduação;
- ✓ Analisar estatisticamente as respostas dos questionários.

1.2 Organização da dissertação

Além deste Capítulo, onde se buscou introduzir o problema a ser trabalhado e os objetivos que se pretendem alcançar, esta dissertação encontra-se dividida em outros cinco Capítulos. No capítulo a seguir, serão apresentados em mais detalhes os principais referenciais teóricos necessários a execução e compreensão deste trabalho, dentre eles, conceitos da teoria de jogos, teoria da escolha racional (subseção 2.1.1), formas de apresentação e tipo de jogos (subseção 2.1.2), estratégias mistas e puras (subseção 2.1.3), equilíbrio de Nash (subseção 2.1.4) e ainda o conceito de dominância colaborativa estável (subseção 2.1.5). No capítulo 3, tem-se a revisão de trabalhos envolvendo experimentos em jogos encontrados na literatura. O desenho do experimento é apresentado no Capítulo 4. A análise dos dados obtidos com o estudo experimental e os resultados encontram-se no Capítulo 5, subdividida em análise do perfil dos participantes e em análise do comportamento dos participantes. Por fim, considerações acerca do trabalho e dos resultados são expostas no capítulo 6.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Teoria dos jogos

A teoria dos jogos, segundo Rao (2005), pode ser vista como uma ferramenta útil para modelar a interação entre os tomadores de decisão. Ele expõe que muito da teoria dos jogos está preocupado com a forma como as entidades individuais escolhem suas ações, levando em conta o modo como os outros participantes irão fazer o mesmo de modo a maximizar o seu ganho esperado. Em outras palavras, a teoria dos jogos está preocupada com a especificação das ações para todos os jogadores, assegurando que para cada jogador, suas ações escolhidas são ótimas, dadas as ações dos outros jogadores, o que implica que a otimalidade é relativa já que, diante disso, geralmente é difícil definir o melhor resultado na visão de todos os jogadores.

Assim sendo, o valor da teoria dos jogos reside na sua capacidade para modelar a interação entre os jogadores. E, daí, ajudar a explicar as especificações das situações em que várias pessoas estão envolvidas em uma tomada de decisão, bem como pode ajudar a excluir certos resultados que não poderiam ser contemplados.

Osborne (2004) define um jogo estratégico como um modelo de interação entre tomadores de decisão, o qual captura a interação entre as entidades tidas como jogadores permitindo que cada jogador seja afetado pelas ações de todos os jogadores envolvidos, não apenas as suas próprias ações.

2.1.1 Teoria da Escolha Racional

De modo a entender a dinâmica de um jogo, ou seja, estudar o modo como os jogadores tomam suas decisões num contexto de interação estratégica, Fiani (2006) expõe que a teoria dos jogos tem de considerar as preferências desses jogadores. E isso, de acordo com o autor, é feito utilizando-se da teoria da escolha racional, cuja premissa básica é a de que os jogadores são racionais e que as relações de preferência que norteiam suas escolhas possam ser ordenadas de forma coerente e consistente, ou seja, que suas preferências são representáveis por uma função utilidade.

Para isso, devem obedecer a um conjunto de axiomas propostos por Von Neumann e Morgenstern que postulam de forma concisa que haja pelo menos completude e transitividade das preferências, segundo Bianchi & Silva Filho (2001). Assim, afirmar que uma relação de preferência é racional significa, de acordo com Fiani (2006), afirmar que ela é uma relação binária de preferência é completa e transitiva, conforme definido a seguir:

- completa: para qualquer f, $g \in F$, tem-se que f é preferível a g, g é preferível a f, o que implica que, entre duas escolhas factíveis, sempre é possível dizer se a primeira é ao menos tão boa quanto a segunda, se a segunda é ao menos tão boa quanto a primeira, ou se as duas coisas ocorrem ao mesmo tempo, o que significa dizer que há indiferença entre as duas.

- transitiva: para quaisquer f, g e $h \in F$, tem-se que se f é preferível a g e g é preferível a h, então f é preferível a h.

Assim, de acordo com Fiani (2006), observa-se um comportamento racional se os agentes possuem uma relação de preferência racional, o que corresponde a dizer que os agentes são capazes de expressar uma preferência estrita a qualquer escolha possível e que há uma consistência nas escolhas dos agentes.

Nesse sentido, o conceito de utilidade reflete uma preferência frente a várias alternativas de resultado de um jogo, através de uma associação de valores às elas. E, conforme aponta Bianchi & Silva Filho (2001), ela permite a comparação das utilidades de diferentes pessoas como medidas intervalares de escalas diferentes ou mesmo desconhecidas.

A teoria de Von Neumann e Morgenstern toma as probabilidades como algo objetivo, entretanto, tem-se a teoria de Anscombe e Aumann, que admite que algumas probabilidades são objetivas enquanto algumas são essencialmente subjetivas. Esta última teoria, de acordo com Kreps (1988), considera os seguintes axiomas:

Axioma 1. $\succ$ em F é uma relação de preferência, ou seja, assimétrica e transitiva negativa.

Axioma 2. $f \succ g$ e $a \in (0, 1]$ implica que $af + (1 - a)h \succ ag + (1 - a)h$, para todo $h \in$F. Este é conhecido como axioma da substituição ou da independência.

Axioma 3. $f \succ f' \succ f''$ implica que existem a, $b \in (0, 1)$ tal que $af + (1 - a)f'' \succ f' \succ bf + (1-b)f''$. Este é chamado de axioma arquimediano ou axioma da continuidade. Ele implica que não existe nenhuma ação f tão boa tal que para $f' \succ f''$, não importa quão pequena seja a probabilidade b, uma probabilidade b de f e uma probabilidade $1 - b$ de f'' é sempre melhor que f'. Similarmente, não existe nenhuma ação f'' tão ruim tal que para $f \succ f'$, não importa quão grande seja a probabilidade a, uma probabilidade a de f e $1-a$ de f'' é sempre pior que f'.

Axioma 4. Existem f, $g \in F$ tais que $f \succ g$. Este axioma elimina a trivialidade, pois implica que o agente prefere alguma coisa entre as opções disponíveis, caso contrário todas as consequências teriam a mesma utilidade para o agente.

Axioma 5. Se $f \in F$, p, $q \in \Delta(Z)$, e $f_{-s}p \succ f_{-s}q$, então para todo estado não-nulo s' tem-se $f_{-s'}p \succ f_{-s'}q$. Este axioma assegura que as preferências são independentes do verdadeiro estado da natureza.

Estes axiomas são necessários e suficientes para tratarmos os jogadores como racionais, ou seja, assumir que eles tomam suas decisões baseadas em preferências racionais segundo o critério de maximizar sua utilidade, conforme provado pelo teorema a seguir, ainda segundo Kreps (1988):

Teorema 1: Axiomas 1–5 são necessários e suficientes para que exista uma função não constante $u: Z \rightarrow IR$ e uma distribuição de probabilidade π em S tal que $f \succ g$ se, e somente se, $\sum_{s \in S} \pi(s)[\sum_{z \in Z} u(z)f(s)(z)] > \sum_{s \in S} \pi(s)[\sum_{z \in Z} u(z)g(s)(z)]$. Além disso, a distribuição de probabilidade π é única, e u é única exceto por uma transformação positiva afim nesta representação.

2.1.2 Formas de apresentação e tipos de jogos

Um jogo denotado por G pode ser definido, de acordo com Rao (2005), como consistindo de 3 elementos: jogadores, indexados por i (i = 1, 2, ..., N), uma ação ou estratégia a_i escolhida pelo jogador i, de um conjunto A_i; e um *payoff* para o jogador i, $\pi_i(a_i, a_{-i})$ onde a_{-i} denota a ação de todos os outros jogadores exceto o jogador i. O *payoff* π_i deve ser pensado como o ganho para o jogador i quando ele escolhe a_i e os outros jogadores escolhem a_{-i}.

Um jogo definido dessa forma é conceituado como jogo na forma normal ou estratégica o que permite definir e expressar o jogo em uma forma mais simples e objetiva. Um jogo pode ser expresso em forma normal através de uma representação matricial onde são expostas apenas as estratégias disponíveis para cada jogador e os respectivos resultados associados a cada elemento do conjunto constituído do produto cartesiano dos conjuntos de estratégias individuais (ver Figura 1.1).

Uma representação alternativa de um jogo é chamada de forma extensiva, na qual a descrição do jogo se concentra na sequência de ações que nortearão o mesmo e permite um maior detalhamento do jogo e do movimento sequencial do mesmo, aponta Figueiredo (1994). Entretanto, para o autor, a representação na forma extensiva só deve ocorrer quando se faz necessário, para seu tratamento teórico, o conhecimento de certas propriedades que estão associadas ao movimento sequencial do processo de tomada de decisão. Ainda segundo Figueiredo (1994) um jogo é dito estar na forma normal quando toda a sequência de decisões que devem ser tomadas enquanto ele se processa na forma extensiva pode ser reunida em uma única e particular decisão para o jogador: a escolha de uma estratégia.

Um jogo também pode se diferenciar de acordo com o conjunto de informações que os jogadores possuem. Um jogo é de informação completa ou de informação incompleta se cada jogador conhece ou não as seguintes informações: (a) o conjunto de jogadores; (b) as estratégias disponíveis para cada jogador; e (c) todos possíveis resultados para todos os jogadores. Um jogo é de informação completa quando cada jogador conhece (a), (b) e (c) e é informação de incompleta quando um ou mais jogadores desconhecem alguma das informações citadas. (Figueiredo, 1994)

Outra base importante para a classificação dos jogos é a informação que os jogadores têm na hora de fazer uma jogada. Nesse sentido, um jogo pode ser de informação perfeita e de informação imperfeita. Um jogo é de informação perfeita se a cada movimento todos os jogadores conhecem as escolhas feitas nos movimentos anteriores. Caso esta condição não ocorra, o jogo é de informação imperfeita, o que ocorre quando os jogadores tomam decisões simultaneamente durante o jogo.

Um jogo pode ainda ser tido como jogo cooperativo ou não cooperativo. Figueiredo (1994) apresenta o jogo não–cooperativo ocorrendo quando as regras do mesmo não permitem a formação de coalizões que possam determinar o resultado do jogo. Em um jogo cooperativo, segundo Rao (2005), os jogadores podem fazer compromissos vinculativos no que diz respeito às suas estratégias.

2.1.3 Estratégias mistas e puras

Até agora, as estratégias têm sido vistas como ações ou normas de ação, em cada conjunto de informações de um jogador. A definição de estratégias pode ser ampliada, especificando uma estratégia como uma função de probabilidade sobre as ações $a_i \in A_i$.

Segundo Gardner (1947), uma estratégia é dita pura quando ela é completamente determinística. Às vezes, entretanto, um equilíbrio envolve jogadores usando estratégias que não são completamente determinísticas, mas que envolvem chances/probabilidades. Tais estratégias são assim denominadas estratégias mistas. Formalmente, uma estratégia mista para um jogador pode ser definida como sendo uma distribuição de probabilidade sobre as suas estratégias puras. Define-se ainda, um perfil de estratégias como uma coleção de estratégias, sendo uma para cada jogador que participa do jogo.

Se algum jogador utiliza uma estratégia mista, os jogadores avaliam perfis de estratégia de acordo com o valor esperado, assumindo que as escolhas dos jogadores são feitas de modo independente. Por exemplo, no jogo de combinar moedas (Figura 2.1) – jogo que só possui equilíbrio em estratégias mistas –, onde dois jogadores cada um com uma moeda exibem simultaneamente a sua moeda e, se ambas as moedas forem exibidas com a face cara ou coroa, o jogador II dá sua moeda para o jogador I, caso contrário, o jogador I é que perde a moeda para o jogador II.

		Jogador II	
		Cara	**Coroa**
Jogador I	**Cara**	**(1, -1)**	**(-1, 1)**
	Coroa	**(-1, 1)**	**(1, -1)**

Figura 2.1 – Jogo de Combinar Moedas (matching pennies).
Fonte: Adaptado de Fiani (2006).

Nesse caso, vê-se que o jogo tem de ser analisado do ponto de vista probabilístico, onde se atribuem probabilidades às estratégias dos jogadores. Assim, assumindo que o jogador 1 joga cara com probabilidade p e joga coroa com probabilidade $(1 - p)$ e que o jogador 2 joga cara com probabilidade q e joga coroa com probabilidade $(1 - q)$, a avaliação do perfil de estratégia mista a ser adotado pelos jogadores se dá através da utilidade esperada para cada jogador i (U_i) dada por:

$$U_1 = pq - p(1-q) - (1-p)q + (1-p)(1-q),$$

$$U_2 = -pq + p(1-q) + (1-p)q - (1-p)(1-q).$$

2.1.4 Equilíbrio de Nash

De modo a tornar compreensível o conceito de equilíbrio, Rao (2005) sugere inicialmente a compreensão do conceito de melhor resposta.

Considere a escolha do jogador i em resposta às ações dos outros jogadores. Denote $b_i(a_i)$ como a melhor resposta a a_{-i}. É então definida como

$$b_i(a_{-i}) = \arg_{\mathrm{a_i} \in \mathrm{A_i}} \max \pi_i \ (a_i, a_{-i}).$$

Pode-se estender esta noção de melhor resposta para permitir o uso de estratégias mistas. Neste caso, seja $\Delta(A_i)$ o conjunto de estratégias mistas para o jogador i e seja s_{-i} um perfil de estratégias mistas para os jogadores exceto o jogador i, define-se

$$b_i(s_{-i}) = \arg_{\mathrm{s_i} \in \Delta(\mathrm{A_i})} \max \pi_i \ (s_i, s_{-i}).$$

Um equilíbrio s^* de um jogo é definido como as estratégias de todos os jogadores de tal forma que seus componentes (s_i^*, s_{-i}^*) satisfazem a seguinte relação:

$$s_i^* = b_i(s_{-i}^*), \forall i.$$

Em outras palavras, no equilíbrio, cada jogador escolhe uma melhor resposta às escolhas dos restantes jogadores. Nesse sentido, a escolha de cada jogador é a solução para um problema de otimização. Como cada jogador está em sua melhor resposta, o jogador está satisfeito com sua escolha. Por esta razão, este é chamado de equilíbrio. Outra maneira equivalente para definir o equilíbrio s* escolhas é impor as seguintes desigualdades no equilíbrio:

$$\pi_i(s_i^*, s_{-i}^*) \geq \pi_i(s_i, s_{-i}^*), s_i \in \Delta(A_i), \forall\ i.$$

Este modelo de equilíbrio é conhecido como equilíbrio de Nash, cuja propriedade essencial é que quando os jogadores chegam a esse equilíbrio, nenhum jogador pode ganhar ao se desviar de forma unilateral a partir dele.

O equilíbrio de Nash como solução em estratégia mista, segundo Osborne (2004), em resumo tem dois componentes, a saber: Primeiro, cada jogador escolhe sua ação de acordo com o modelo de escolha racional, dado que ele possui uma crença sobre as ações dos outros jogadores; Segundo, a crença de cada jogador sobre as ações dos outros é correta. De modo que esses dois componentes encontram-se interligados na definição do equilíbrio de Nash. Onde, um equilíbrio de Nash é um perfil de estratégias s^* com a propriedade que nenhum jogador i pode fazer melhor ao escolher uma ação diferente de s_i^*, dado que todo jogador j adere a s_j^*. Ou seja, um perfil de estratégia é um equilíbrio de Nash se mesmo que um jogador saiba as estratégias que estão sendo usadas pelos demais, ele não tem incentivo a mudar sua estratégia porque acredita que sua estratégia é uma melhor resposta as estratégias dos demais jogadores.

Assim, um equilíbrio de Nash em estratégias mistas é um perfil de estratégias mistas tal que nenhum jogador tem um incentivo de utilizar outra estratégia mista quando os demais jogam de acordo com o perfil de estratégias do equilíbrio, ou seja, qualquer jogador ao trocar unilateralmente sua estratégia de equilíbrio por outra obterá uma utilidade esperada menor ou igual a que é obtida no equilíbrio. De fato, como os jogadores são indiferentes entre essas estratégias puras, qualquer distribuição de probabilidade sobre elas dará ao jogador a mesma utilidade esperada. Em um equilíbrio misto, a escolha da distribuição de probabilidade, ou melhor, da estratégia mista é feita com o intuito de que os demais jogadores fiquem indiferentes entre as estratégias puras deles no suporte do equilíbrio. (Souza & Rêgo, 2010)

De modo a facilitar o entendimento do que seria um equilíbrio em um jogo, segue agora alguns exemplos de tipos de jogos que são utilizados como padrões em determinados tipos de interações estratégicas.

Jogo da Caça ao Cervo

O Jogo da Caça ao Cervo, formulado inicialmente através de um problema apresentado por Jean-Jacques Rousseau (1712-1778), consiste em um jogo que, segundo Fisher (2008), representa uma situação onde a cooperação entre os jogadores daria uma boa chance de sucesso em um empreendimento arriscado de alto retorno, mas em que um jogador ao romper a cooperação e agir sozinho pode ganhar uma recompensa garantida, porém de menos valor.

O cenário do jogo, como descrito em Fiani (2006), consiste basicamente em: Dois caçadores se reúnem para uma caçada. Antes de começar, eles têm que decidir se vão tentar caçar um cervo ou uma lebre. A caça ao cervo, um animal de grande porte, muito rápido e ágil é mais difícil e requer a cooperação dos dois caçadores, de modo que os dois só terão êxito se ambos se comprometerem a caçar um cervo. Entretanto, cada caçador pode aproveitar para caçar uma lebre, a qual é uma caça mais fácil, porém de menor valor já que possui uma quantidade de carne menor do que a metade de um cervo. Se um dos caçadores opta por perseguir lebres, ele abandona seu posto e o cervo escapa, mas o caçador que capturou a lebre não é obrigado a dividi-la com o outro. A representação do jogo na Figura 2.2, com o ganho de cada caçador em cada uma das situações, se dá com a suposição de que metade de um cervo possui três vezes mais valor para os caçadores do que uma lebre. A questão é será que os caçadores vão decidir cooperar e ambos caçarem um cervo.

		Caçador II	
		Cervo	**Lebre**
Caçador I	**Cervo**	**(3,3)**	**(0,1)**
	Lebre	**(1,0)**	**(1,1)**

Figura 2.2 – O jogo Caça ao Cervo.
Fonte: Adaptado de Fiani (2006).

No jogo da caça ao cervo, percebe-se que se o caçador I decide caçar um cervo, a melhor opção para o caçador II é também caçar um cervo e se o caçador I decide caçar uma lebre, a melhor opção para o caçador II é também caçar uma lebre. Estes constituem os 2 equilíbrios de Nash em estratégias puras. Vamos agora encontrar o equilíbrio misto. Seja s_p a estratégia mista do jogador 1 que escolhe caçar o cervo com probabilidade p e s_q a estratégia mista do jogador 2 que escolhe caçar o cervo com probabilidade q, temos a seguinte situação: O valor de p tem que ser tal que torne o caçador II indiferente entre caçar cervo ou lebre, ou seja, $U_{II}(s_p, Cervo) = U_{II}(s_p,\ Lebre) \leftrightarrow 3p = p + (1-p) \leftrightarrow p = {}^1\!/_3$. Analogamente, para se saber o valor de q tem-se $U_I(Cervo, s_q) = U_I(Lebre, s_q) \leftrightarrow 3q = q + (1-q) \leftrightarrow q = {}^1\!/_3$. De modo que o equilíbrio de Nash em estratégia mista é $E = (M, N)$, com $M = N = ({}^1\!/_3, {}^2\!/_3)$. Sendo nesse caso a utilidade do equilíbrio misto igual a 1, a qual é menor do que se ambos cooperassem em caçar o cervo, obtendo uma utilidade igual a 3, e igual a utilidade caso ambos decidissem caçar lebres.

Duopólio de Cournot

O duopólio de Cournot parte da análise do comportamento de duas empresas que decidem simultaneamente o nível de produção q_i, feito por Antoine Augustin Cournot (1801-1877). No jogo, segundo Fiani (2006), duas empresas distintas fabricantes de produtos homogêneos, cujo critério utilizado pelo cliente para compra é apenas o preço, buscam maximizar seu lucro, o qual é a diferença entre receita e custo. Para o estudo da situação, utiliza-se de funções de recompensa π_i, para cada empresa, a qual é resultante da subtração da receita total RT_i de cada empresa *i* pelo custo total C_i de cada empresa.

Ainda como descrito em Fiani (2006), assume-se que o preço de mercado é dado por uma função de demanda linear, do tipo $p(q) = A - b(q_1 + q_2)$, onde p é o preço de mercado como função da quantidade, q é a quantidade total produzida e vendida no mercado, A e b são constantes, q_i é a quantidade produzida e vendida pela empresa *i*. Assume-se também que a receita total de uma empresa é o produto do preço de mercado pela quantidade produzida e vendida, de modo que $RT_1 = p(q)q_1 = Aq_1 - bq_1^2 - bq_1 q_2$ e $RT_2 = p(q)q_2 = Aq_2 - bq_2^2 - bq_1 q_2$. Para simplificar, supõe-se que as funções custos das duas empresas são idênticas e dadas por $C_i = cq_i$, com *i* pertencente a {1,2} e *c* é uma constante estritamente maior que zero. Daí chega-se a função de recompensa de cada empresa π_i, como sendo:

$$\pi_1(q_1, q_2) = Aq_1 - bq_1^2 - bq_1 q_2 - cq_1,$$

$$\pi_2(q_1, q_2) = Aq_2 - bq_2^2 - bq_1 q_2 - cq_2.$$

Tratando-se de um caso de maximização, aplica-se a condição de primeira ordem, ou seja, toma-se a primeira derivada de cada uma das funções de recompensas e iguala as derivadas à zero. Feito isso e colocando em evidência q_1 e q_2, têm-se então duas novas equações:

$$q_1 = \frac{A - bq_2^e - c}{2b},$$

$$q_2 = \frac{A - bq_1^e - c}{2b}.$$

Essas equações descrevem a quantidade que cada empresa deve produzir para maximizar seus lucros, dada a produção q_i^e esperada da empresa concorrente, ou seja, a melhor resposta à decisão que a cada empresa espera que sua concorrente tome. Entretanto para que isso satisfaça ao equilíbrio de Nash temos que q_i^e tem que ser igual a q_i, o que nos leva, resolvendo o sistema composto pelas duas equações, a

$$q_i^* = \frac{A - c}{3b},$$

que correspondem ao equilíbrio de Nash, valores em que nenhuma das duas empresas tem qualquer incentivo para alterar suas estratégias porque uma é a melhor resposta à outra e vice-versa, conforme ratifica Fiani (2006).

2.1.5 Dominância Colaborativa Estável

Souza & Rêgo (2010) buscaram discutir a validade geral do equilíbrio misto de Nash, em particular, analisar em que situações tornar os demais jogadores indiferentes entre que estratégia escolher é racional. Nesse sentido, discutem as criticas existentes ao equilíbrio misto, tais como a argumentação de instabilidade presente em Harsanyi & Selten (1988). Nesta, o equilíbrio em estratégia mista é classificado como instável quando existem infinitas estratégias que agem como melhor resposta a estratégia mista do adversário.

Dado um jogo 2X2 na forma normal $G = (K, (A_i)_{i \in K}, (U_i)_{i \in K})$, onde K={I, II} é o conjunto de jogadores e A_i é o conjunto de estratégias puras e U_i: A_I x $A_{II} \rightarrow R$ é a função utilidade, ambas para o jogador $i \in K$, diz-se que a estratégia $a_j^* \in A_j$ do jogador j é:

- estritamente colaborativamente dominante em relação à estratégia $a_j \in A_j$ para o jogador i se $U_i(a_{i,} a_j^*) > U_i(a_{i,} a_j)$, $\forall\, a_i \in A_i$.

- não-estritamente colaborativamente dominante em relação à estratégia $a_j \in A_j$para o jogador i se $U_i(a_{i,} a_j^*) \geq U_i(a_{i,} a_j)$, $\forall\, a_i \in A_i$, com pelo menos uma desigualdade estrita.

Souza & Rêgo (2010) ilustram estes conceitos através dos jogos abaixo (Figura 2.3 a Figura 2.6), nos quais ambos os jogadores têm estratégia colaborativamente dominante. Em todos os jogos, os jogadores têm uma preferência sobre determinada ação do outro jogador.

	Jogador II		
		W	**Z**
Jogador I	**X**	**(3, 3)**	**(0, 2)**
	Y	**(2, 0)**	**(1, 1)**

Figura 2.3 – Jogo da Caça ao Cervo.
Fonte Souza & Rêgo (2010).

	Jogador II		
		W	**Z**
Jogador I	**X**	**(1, 3)**	**(2, 3)**
	Y	**(1, 1)**	**(2, 1)**

Figura 2.4 – Jogo com múltiplos equilíbrios puros.
Fonte: Souza & Rêgo (2010).

	Jogador II		
		W	**Z**
Jogador I	**X**	**(0,0)**	**(3, 1)**
	Y	**(1, 3)**	**(2, 2)**

Figura 2.5 – Jogo da Galinha.
Fonte: Souza & Rêgo (2010).

	Jogador II		
		W	**Z**
Jogador I	**X**	**(3, 0)**	**(0, 1)**
	Y	**(2, 3)**	**(1, 2)**

Figura 2.6 – Jogo sem equilíbrio puro.
Fonte: Souza & Rêgo (2010).

No jogo da caça ao cervo (Figura 2.3), vê-se, por exemplo, que para o jogador 1 sempre será preferível que o jogador 2 adote a estratégia W, a qual implica em um ganho maior para o jogador 1 quando comparado a adoção da estratégia Z, independente da escolha que o jogador 1 fizer. Essa mesma lógica é observada quando se analisa o jogador 2, que tem preferência pela estratégia Y do jogador 1.

Analisando ainda o que ocorreria se os jogadores agissem colaborativamente, Souza & Rêgo (2010) expõem que nem sempre os jogadores chegariam a um equilíbrio *eficiente de pareto*, onde os ganhos dos jogadores seriam o maior possível. Essa eficiência é observada nos jogos das Figuras 2.3 e 2.4, cujos equilíbrios colaborativamente dominantes seriam respectivamente (X,W) e (X, Z). Entretanto, considerando os jogos das Figuras 2.5 e 2.6, observa-se que o perfil de estratégias formado pelas estratégias colaborativamente dominantes não corresponde a equilíbrios de Nash o que o torna instável ao ponto de que os jogadores teriam interesse de se desviar unilateralmente. Diante disso, Souza & Rêgo (2010) argumentam que com base simplesmente no conceito de dominância colaborativa, o jogador i não deveria ter incentivo a jogar o equilíbrio misto. Para eles, uma possível justificativa para se jogar o equilíbrio misto se fundamenta na ideia de estabilidade. De tal modo que consideram a necessidade de se classificar as estratégias colaborativamente dominantes de acordo com o critério de estabilidade. Assim, tem-se:

Para o jogo G, seja $a_j^* \in A_j$ uma estratégia colaborativamente dominante (estrita ou não-estrita) para o jogador i, e seja $a_i^* \in A_i$ uma estratégia colaborativamente dominante para o jogador j. Então, diz-se que o par de estratégias (a_i^*, a_j^*) é colaborativamente estável se

$U_i(a_i^*, a_j^*) \geq U_i(a_{i,} a_j^*)$, $\forall\, a_i \in A_i$ e $U_j(a_i^*, a_j^*) \geq U_j(a_i^*, a_j)$, $\forall\, a_j \in A_j$, ou seja, se ele for um equilíbrio puro de Nash.

Logo, segundo Souza & Rêgo (2010), em um jogo 2X2, uma vez que os jogadores tiverem estratégias colaborativamente dominantes, eles apenas devem optar pela escolha de outras estratégias (sejam elas puras ou mistas) quando o par de estratégias colaborativamente dominantes não for estável ao menos para um deles. Além disso, os autores expõem situações em que, mesmo instável, os *payoffs* proveniente do par de estratégias colaborativamente dominantes são eficientes quando comparados com as utilidades esperadas proveniente do equilíbrio misto para cada um dos jogadores. E, por isso, os indivíduos teriam incentivos de transformar os pontos de colaboração instáveis em estáveis, sempre que houvesse a possibilidade de se estabelecer um contrato do tipo auto-penalização que fosse capaz de satisfazer a restrição de racionalidade individual dos participantes.

Nesse sentido, em jogos que não possuem um par de estratégias que seja colaborativamente dominante e estável, Souza & Rêgo (2010), estudaram condições segundo as quais o jogo pode ser transformado através de contratos de auto-penalização de modo a tornar o par de estratégias colaborativamente dominantes estável.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Proposições centrais da teoria dos jogos têm sido sistematicamente testadas através de experimentos em laboratórios. Neste tópico buscar-se-á apresentar o que existe na literatura sobre alguns dos experimentos que já foram realizados.

Roth (1988) credita a realização do primeiro experimento econômico de que se tem notícia ao apresentado por Daniel Bernoulli, que buscou a solução para o Paradoxo de São Petersburgo. Esse paradoxo trata do uso do valor esperado como uma medida de risco de um determinado jogo e parte de uma situação como a seguinte: Um apostador 1 com uma moeda honesta propõe a outro apostador 2 a jogá-la. Se sair cara, o apostador 1 dá R$1,00 ao apostador 2. Se sair cara de novo, o apostador 1 paga R$ 2,00 e se o resultado se repetir novamente, o valor é dobrado para R$4,00, depois R$8,00 e assim por diante. O fim do jogo acontece quando o resultado do lançamento da moeda é coroa. A questão é quanto o apostador 2 estaria disposto a pagar para entrar no jogo. Partindo do conceito de valor esperado, e considerando que as jogadas são independentes umas das outras, teríamos que o ganho esperado do jogador seria de

$$\lim_{t\to\infty}\sum_{n=1}^{t} 2^n\left(\frac{1}{2^n}\right) = \infty$$

Entretanto, qualquer pessoa racional não pagaria mais do que uma quantidade finita, e possivelmente pequena, de reais para participar desse jogo. Assim, o paradoxo desaparece quando se leva em conta a utilidade do dinheiro como critério de decisão ao invés do seu valor monetário. A diferença entre esses dois conceitos (utilidade e valor monetário) pode ser observada quando se pensa, por exemplo, no impacto que tem o ganho de uma pequena quantidade de dinheiro para uma pessoa rica que já possui muito dinheiro e para uma pessoa pobre que possui pouco dinheiro. A partir disso, Bernoulli introduz o conceito de utilidade partindo de dois axiomas: Qualquer aumento na riqueza de um indivíduo, não importando o quão pequeno ele seja, resultará num aumento de utilidade; A utilidade resultante de qualquer pequeno aumento na riqueza do individuo é inversamente proporcional a quantidade de bens que o indivíduo já possuía antes. A noção de utilidade, assim concebida, a define como um valor de incremento inversamente proporcional à quantidade inicial. Ou seja, tendo em vista o comportamento dos jogadores, haveria uma medida subjetiva de satisfação que explicaria a reação das pessoas em situações de risco, nos termos de maximização de sua utilidade. Para solucionar o problema do paradoxo, o Bernoulli utilizou-se de consultas a acadêmicos famosos dando impulso à prática de formular problemas de escolha hipotéticos para gerar hipóteses sobre o comportamento individual, a qual se tornaria corriqueira nas pesquisas experimentais. (Bianchi & Silva Filho, 2001; Migon & Lopes, 2002; Roth, 1995; Rocha, 2009)

Bianchi & Silva Filho (2001) divide os estudos na área de economia experimental em três grandes correntes. Na primeira, os estudos eram focados na teoria de escolha individual, onde através de experimentos buscou-se determinar as curvas de indiferenças; na segunda, o foco recaiu sobre testar experimentalmente as hipóteses da teoria dos jogos; na terceira, os estudos eram desenvolvidos no campo da organização industrial, onde experimentos foram desenvolvidos para testar condições de mercado e situações de oligopólios.

A primeira corrente de estudos experimental, conforme cita Bianchi & Silva Filho (2001), propôs-se a testar experimentalmente a representação das preferências individuais na curva de indiferença, bem como a forma de obter dados consistentes para estimar tal curva. Estimulados pela publicação, em 1944, do livro *The Theory of Games and Economics Behavior* de Von Neumann e Morgenstern sobre teoria dos jogos, vários estudiosos, aponta Bianchi & Silva Filho (2001), debruçaram-se sobre a teoria da utilidade, durante a década seguinte, dando inicio a um estreito relacionamento entre a economia experimental e a teoria dos jogos que têm caminhado por linhas paralelas.

Tais estudos estimularam contraexemplos à teoria da utilidade esperada, relata Bianchi & Silva Filho (2001) citando Starmer (1999). Um deles consiste no projeto de Allais sobre decisões em situações de risco, onde, nos primeiros experimentos, as escolhas individuais sistematicamente violavam o axioma de independência da teoria da utilidade. O experimento, que ficou conhecido como paradoxo de Allais, reside em observar a escolha feita pelos indivíduos dada duas situações, a saber:

Situação 1:

Opção A: certeza de receber 100 milhões ou a

Opção B: probabilidade de 10% de ganhar 500 milhões e 89% de ganhar 100 milhões e 1% de nada obter;

Situação 2:

Opção C: ganhar 100 milhões a 11% e 89% de nada ganhar ou

Opção D: probabilidade de 10% de ganhar 500 milhões e 90% de obter zero.

O resultado observado foi de que, na situação 1, para a maioria das pessoas a opção A é preferível a opção B. Contudo, na situação 2, a maioria prefere a opção C à opção D. Isso embora quando comparado o valor esperado de cada alternativa tenha-se, 100 milhões para a opção A; 139 milhões para a opção B; 11 milhões para a opção C e 50 milhões para a opção D, o que resultaria numa ordenação de preferência do tipo $B > A$ e $D > C$. O resultado mostra que o que levou as pessoas a escolherem a opção A foi a certeza do ganho, comportamento esse que não se repete na situação 2, ainda que a diferença entre A e B e a diferença entre C e D seja a mesma (39 milhões). O que significa que a relação de preferências entre esses resultados não preserva os mesmos valores em circunstâncias objetivamente semelhantes.

Em sua pesquisa, Allais constatou assim que, diante do risco e ou incerteza, os agentes racionais assumiam uma perspectiva subjetiva da probabilidade de um evento acontecer, sem atentar para estatísticas objetivas. Além do mais, não preservavam a independência de suas escolhas, quando na substituição de alternativas irrelevantes. Fatores psicológicos que influenciavam decisivamente os processos deliberativos, virtualmente, impediam qualquer tentativa de formalização. Allais argumentou que indivíduos, em geral, não consideram as probabilidades objetivas em suas decisões, mas adotam probabilidades subjetivas, representações psicológicas, quando defrontados a situações de risco.

Os primeiros testes experimentais das hipóteses da teoria dos jogos ocorreram com a pesquisa de Merrill Flood e Melvin Dresher, em 1950. Tal pesquisa seria a base para o conhecido e já citado Dilema dos Prisioneiros. O modelo de jogo criado por eles tinha por objetivo gerar uma situação paradoxal para a ideia de que havia um ponto de equilíbrio em jogos não-cooperativos. Na pesquisa deles, o jogo foi repetido por cem rodadas sucessivas entre duas pessoas racionais, sem conhecimento sobre conceitos de pontos de equilíbrio. Os resultados publicados por eles, conforme aponta Bianchi & Silva Filho (2001), desviaram-se do resultado de equilíbrio bem como, de outro lado, do resultado esperado na hipótese de uma perfeita cooperação, já que o que se observou foi a emergência da cooperação entre os agentes, que repartiam igualmente os prejuízos, contrariando a previsão de que deveriam aplicar suas respectivas estratégias dominantes. Os autores interpretaram esse resultado como evidência contrária à hipótese de que os jogadores adotariam estratégias de equilíbrio de Nash.

Na linha de Organização industrial, o primeiro experimento, relatado por Roth (1995) citado em Bianchi & Silva Filho (2001), deve-se a Chamberlaim que em 1948 simulou experimentalmente em laboratório condições de mercado. O experimento realizado por Chamberlain consistiu na criação de um mercado descentralizado onde os participantes assumiam o papel de comprador ou vendedor e eram informados sobre o preço reserva de uma mercadoria indivisível e realizaram transações de compra e venda com moeda hipotética. O resultado do experimento foi que dentre os quarenta e seis mercados envolvidos no experimento, a quantidade transacionada em quarenta e dois mercados foi maior do que a quantidade em um mercado competitivo, enquanto em trinta e nove mercados o preço se situou abaixo do preço do mercado competitivo, conforme citado em Rezende (2004).

Ainda, segundo Roth (1995), seguindo essa linha, pesquisadores conduziram experimentos relacionados a duopólio e oligopólio, tendo Siegel e Fouraker se destacado ao relatar experimentos nos quais os indivíduos barganhavam em pares até que chegassem a um acordo quanto a preços e quantidades, que serviam para determinar seus lucros a partir de um quadro de resultados disponível. No experimento, também se verificou a influência das informações disponível para cada participante. Isso, através da comparação dos três casos: 1) onde o participante conhecia apenas o seu resultado; 2) onde apenas um participante conhecia os dois resultados, e 3) onde ambos os participantes conheciam os dois resultados. A conclusão desse experimento foi que quanto mais a informação aumentava, maior era o número de pessoas que escolhiam a quantidade ótima de pareto, assim como aumentava a quantidade de escolha de preços que propiciava igualdade de resultados entre os participantes. Neste experimento, os participantes foram remunerados em moeda real.

Assim, no final da década de 1960, as pesquisas econômicas realizadas em condições de laboratório tinham adquirido fundações mais sólidas e prestígio externo. Roth (1995) assinala que nessa época já estavam sedimentadas duas das principais características dessa linha de pesquisa, a saber: a) a preocupação em testar teorias de grande generalidade potencial – teorias de equilíbrio, por exemplo, e b) a preocupação com ambientes controlados, em que as regras do jogo eram claramente definidas. (Bianchi & Silva Filho, 2001)

Para citar alguns poucos exemplos de experimentos envolvendo jogos, Cooper et al.(1990), Van Huyck et al. (1990), Straub (1995) e Clark et al. (2001) estudam experimentos de jogos de coordenação, onde existem mais de um equilíbrio e os jogadores têm que coordenar para jogar o mesmo equilíbrio. Crawford (1998) tem uma ampla revisão sobre experimentos envolvendo conversas entre os jogadores tanto antes quanto durante o desenrolar do jogo. Cooper et al.(1996) também estudaram experimentalmente o famoso jogo do Dilema dos Prisioneiros. A seguir a descrição detalhada de alguns desses experimentos.

Clark et. al (2001) apresenta resultados experimentais sobre o efeito da comunicação em jogos de coordenação, concentrando-se em jogos cujo efeito seja sensível a estrutura de *payoffs*.

Isso, pois, segundo o argumento de Aumann (1990), a eficácia da comunicação na redução de falhas de coordenação depende crucialmente da estrutura de *payoff* do jogo, já que, para ele, “a comunicação não pode afetar o resultado do jogo se, como é o caso em alguns jogos de coordenação, cada jogador tem uma preferência estrita sobre a escolha de estratégia do outro” (Clark et. al., 2001). Assim, o que Clark et. al. (2001) objetivava era verificar se a comunicação faz com que os jogadores coordenem para jogar equilíbrios pareto-dominante. Para isso, utilizou-se de jogos 2X2 cujos resultados são relevantes para uma classe mais ampla de jogos, conforme Roth (1980) e Aumann (1985) citados por Clark et. al. (2001).

Clark et al. (2001) reproduziram os resultados de outros estudos como os de Cooper et al. (1990) nos quais o s resultados dos jogos convergem para um equilíbrio pareto-dominado, na ausência de comunicação, enquanto que, quando há comunicação, os resultados levam a equilíbrios pareto-dominante. Os autores chegaram ainda a resultados que suportam o argumento de Aumann (1990) sobre a eficácia da comunicação ser sensível à estrutura de *payoffs* já que acordos para jogar um equilíbrio de Nash são frágeis quando os jogadores têm uma preferência estrita sobre a estratégia que seu oponente deve escolher.

O experimento de Clark et. al. (2001) foi realizado com 160 indivíduos voluntários, cada um dos quais participou em uma dos oito sessões de até 75 minutos com o incentivo de que poderiam ganhar entre 3 e 10 unidades monetárias locais, dependendo das ações tomadas por eles e pelos demais jogadores. Foram realizados dois conjuntos de sessões em épocas diferentes de modo a avaliar a replicabilidade dos resultados. Cada conjunto de quatro sessões envolvia duas sessões usando o Jogo 1 (Figura 3.1), sendo que uma sessão com comunicação antes do jogo e outra sessão sem comunicação, e duas sessões usando o Jogo 2 (Figura 3.2), sendo uma sem comunicação antes do jogo e outra com comunicação. Nas sessões, os participantes respondiam a um questionário que, basicamente, extraia o comportamento deles nos jogos. No caso das sessões com pré-comunicação, eles tinham que preencher ainda com “vermelho” ou “azul” a questões do tipo “Eu pretendo jogar _____”, sendo que eles eram orientados de que eles não eram obrigados a cumprir com a escolha anunciada.

		Jogador II	
		Azul	**Vermelho**
Jogador I	**Azul**	**(800, 800)**	**(800, 0)**
	Vermelho	**(0, 800)**	**(1000, 1000)**

Figura 3.1 – Jogo 1.
Fonte: Clark et. al. (2001).

Jogador I		Jogador II	
		Azul	**Vermelho**
	Azul	**(700, 700)**	**(900, 0)**
	Vermelho	**(0, 900)**	**(1000, 1000)**

Figura 3.2 – Jogo 2.
Fonte: Clark et. al. (2001).

O uso desses dois jogos (Figura 3.1 e 3.2) foi com o intuito de comparar a eficácia da comunicação em jogos que não estão sujeitos ao argumento de Aumann (1990), Jogo 1, com jogos que estão sujeitos ao argumento dele, Jogo 2. Isso, pois, vê-se que, no jogo 1, os jogadores não têm incentivos em usar do artifício de falsa representação, deturpando suas reais intenções de quais estratégias pretende usar. Enquanto, no jogo 2, os jogadores têm preferência estrita sobre a escolha do oponente. No experimento, Clark et. al. (2001) chegou ao resultado de que no jogo 1, onde 148 jogadores anunciaram que tinham a intenção de jogar vermelho, o equilíbrio correspondente ao anunciado foi alcançado em 93% dos jogos. De modo que esse resultado suporta a hipótese de que o equilíbrio de Nash se auto-impôs no jogo 1. No caso do jogo 2, 130 jogadores anunciaram a intenção de jogar no vermelho, mas apenas em 25% dos jogos esse equilíbrio foi alcançado. O que levou Clark et. al. (2001) concluírem que o equilíbrio de Nash não se auto-impôs no jogo 2.

O experimento projetado por Cooper et al. (1996) parte de evidências experimentais de que, na busca da cooperação, os indivíduos frequentemente tomam decisões que aparentemente vão contra seu próprio interesse. Cooper et al. (1996) argumentam que embora seja vasta a literatura sobre jogos cooperativos o mesmo não ocorre com avaliação do poder preditivo das teorias propostas para explicar a cooperação. Assim, com o objetivo de testar duas teorias relacionas a esse assunto – a que leva em conta a reputação e a que considera o altruísmo – Cooper et al. (1996) utilizam-se do dilema do prisioneiro para investigar o jogo cooperativo. O uso do dilema do prisioneiro é justificado pois, nesse jogo, cada jogador tem uma estratégia dominante e, ainda, o resultado do jogo não é um ótimo de Pareto. E o que se observa na literatura, segundo Cooper et al. (1996), é que experimentalmente tanto em jogos de uma única rodada como em jogos repetidos finitas vezes, os jogadores agem cooperativamente. Assim, o experimento projetado por eles analisou tanto jogos de uma única rodada como jogos finitamente repetidos. O experimento foi realizado com universitários. O jogo utilizado no experimento encontra-se representado na Figura 3.3. No jogo, os *payoffs* representavam pontos que correspondiam a probabilidade do jogador ganhar um valor monetário, como incentivo a participação no jogo e que ratificava a tomada de decisões que levassem a maximização da utilidade.

	Jogador II		
Jogador I		**Fink**	**Cooperate**
	Fink	**(350, 350)**	**(1000, 0)**
	Cooperate	**(0, 1000)**	**(800, 800)**

Figura 3.3 – Dilema do prisioneiro.
Fonte: Adaptado de Cooper et al. (1996)

Para testar a teoria em jogos de uma única rodada, 40 jogadores participaram. Os participantes jogavam uma única vez contra outro participante – ou seja, houve 20 jogos de uma única rodada. A combinação dos pares dos jogadores foi feita através de computadores, de modo que eles não sabiam com quem estavam jogando e nem o histórico de decisões dos jogadores. Para analisar o efeito da repetição na cooperação, 30 jogadores foram separados em 3 grupos, onde cada participante jogou duas rodadas, onde o jogo era repetido por 10 vezes – cada jogador jogou com o mesmo oponente por 10 vezes. Em ambas as repetições, os participantes foram escolhidos aleatoriamente e anonimamente. Ao fim de cada repetição, os jogadores tomavam conhecimento sobre o jogo do seu adversário e, ao iniciar a próxima rodada de 10 repetições, eles tinham o papel invertido – os participantes que assumiram o papel do jogador I na primeira rodada passavam a assumir o papel do jogador II na segunda rodada.

Com os resultados obtidos experimentalmente, Cooper et al. (1996) chegaram a conclusão de que ao analisar as teorias que buscavam explicar a cooperação, as mesmas não foram auto-suficientes para explicar o observado experimentalmente. O modelo de reputação mostrou-se inconsistente nos dois tipos de jogos enquanto o modelo de altruísmo foi incapaz de explicar o observado nos jogos repetidos finitamente.

Na literatura, levanta-se a questão referente a possibilidade de se observar empiricamente um comportamento consistente com um equilíbrio de estratégia mista não degenerado, mesmo quando não há nenhum problema de seleção de equilíbrio. As dificuldades expostas remetem ao fato de que, em um equilíbrio em estratégia mista, os jogadores são indiferentes entre determinadas ações, não havendo um incentivo estrito para que se jogue a estratégia de equilíbrio.

A abordagem experimental da teoria dos jogos utiliza-se de análises empíricas e descritivas com base em dados obtidos dos experimentos em laboratórios e com base nos fatores psicológicos envolvidos. E o que se busca fundamentalmente é identificar qual é o comportamento real de indivíduos em jogos. Assim alguns dos principais motivos de se utilizar tal abordagem consistem na possibilidade de destacar empiricamente as regularidades do comportamento estratégico humano; caracterizar as condições favoráveis/desfavoráveis para a aplicação da teoria.

Para atingir o objetivo a que se propõe tal abordagem deve seguir uma metodologia tal que proporcione as melhores condições para que a teoria seja analisada por meio de experimentos. Deve assim, assegurar que cada indivíduo assumirá o papel de um jogador e terá de tomar as decisões como reais. Para isso, é necessário assegurar que os indivíduos compreendam a estrutura do jogo que está sendo analisado. E, como resultado de um experimento desse, tem-se as explicações do comportamento dos indivíduos através do uso métodos estatísticos.

Rao (2005) expõe um relato de que algumas previsões da teoria dos jogos descrevem bem o comportamento dos indivíduos em situações reais. Segundo ele, em especial, os jogos com um único equilíbrio de Nash são bem replicados em laboratório. Por outro lado, na presença de equilíbrios múltiplos, procedimentos teóricos para refiná-los não encontram apoio nos resultados dos experimentos feitos em laboratório.

A maioria dos experimentos é, tipicamente, organizada com base em um tipo particular de jogo e então o comportamento observado dos indivíduos e dos grupos é usado para testar as hipóteses levantadas.

4 DESENHO DO EXPERIMENTO

De inicio, utilizou-se de pesquisa bibliográfica de modo a obter informações sobre o tema no qual este trabalho está inserido; conhecer publicações já existentes e verificar opiniões a respeito do tema e permitir a fundamentação teórica dos resultados obtidos.

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos, de acordo com a classificação de Gil (1991), esta dissertação enquadra-se como uma pesquisa experimental a ser realizada através das etapas, a saber: elaboração do questionário, teste e aplicação do questionário (experimento em si), análise estatística dos dados e consequente interpretação dos mesmos.

A elaboração dos questionários (Apêndice 1 e 2) partiu da adequação de jogos em forma normal 2X2 com as características necessárias para se testar as hipóteses a serem detalhadas mais adiante, ou seja, com um perfil de estratégias colaborativamente dominante, mas estável apenas para um dos jogadores. O objetivo principal do questionário foi o de extrair dos participantes como eles se comportariam diante das situações apresentadas. Realizou-se um pré-teste com o intuito de avaliar a necessidade de se fazer alterações, bem como de estimar o tempo médio de resposta.

Assim, o questionário foi estruturado de modo que os participantes foram apresentados inicialmente aos jogos 1, 2 e 3 (Figura 4.1 a 4.3). Para cada um desses jogos, eles tiveram que escolher uma ação, dentre as duas possíveis, agindo como se estivessem jogando com um jogador do tipo contrario ao seu. De modo a obter uma probabilidade que pudesse ser comparada com a adoção de uma estratégia mista, as perguntas foram do tipo: a) Se você tivesse que jogar esse jogo 15 vezes, quantas vezes você adotaria determinada estratégia? e b) Quantas vezes você acredita que o jogador do tipo contrário ao seu adotaria determinada estratégia?

A seguir, analisando cada um desses jogos, serão apresentadas as hipóteses que serão testadas com base nas ações adotadas pelos participantes em cada questão.

		Jogador II	
		W	**Z**
Jogador I	**X**	**(400,0)**	**(0,100)**
	Y	**(200,400)**	**(100,200)**

Figura 4.1 – Jogo 1 do experimento.
Fonte: Esta pesquisa

No jogo 1 (Figura 4.1), vê-se que, para que o jogador II seja indiferente a adotar a estratégia W ou Z, o jogador I deve adotar a estratégia X com probabilidade 2/3. E, pra que o jogador I seja indiferente entre adotar a estratégia X ou Y, o jogador II deve adotar a estratégia W com probabilidade 1/3. Analisando o problema da colaboração, vê-se que a estratégia W é colaborativamente dominante para o jogador I, assim como, a estratégia Y é colaborativamente dominante para o jogador II. De modo que, considerando o experimento proposto (Apêndice 1 e 2), no jogo 1, a probabilidade de acordo com o equilíbrio misto de agir colaborativamente seria jogar Y e W com frequência de 5. E, ainda, o ganho esperado do jogador ao adotar tais probabilidades é de 133,33 para o jogador I e de 133,33 para o jogador II.

		Jogador II	
		W	**Z**
Jogador I	**X**	**(600,0)**	**(0,100)**
	Y	**(200,400)**	**(100,200)**

Figura 4.2 - Jogo 2 do experimento.
Fonte: Esta pesquisa.

No jogo 2 (Figura 4.2), a probabilidade com o que o jogador deve adotar a estratégia X permanece 2/3. Entretanto, o jogador 2 deve adotar a estratégia W com probabilidade 1/5. Nesse jogo, a estratégia colaborativamente dominante para o jogador I também é W, bem como a estratégia colaborativamente dominante para o jogador II é Y. De modo que, nesse caso, agir colaborativamente de acordo com tais probabilidades seria o jogador I escolher adotar a estratégia Y 5 vezes e o jogador II escolher adotar a estratégia W 3 vezes. Nesse jogo, o ganho esperado para o jogador I é de 120 e para o jogador II é de 133,33.

		Jogador II	
		W	**Z**
Jogador I	**X**	**(400,0)**	**(0,100)**
	Y	**(200,600)**	**(100,200)**

Figura 4.3 – Jogo 3 do experimento.
Fonte: Esta pesquisa.

No caso do jogo 3 (Figura 4.3), as estratégias colaborativamente dominantes continuam sendo W, para o jogador I, e Y, para o jogador II. E as estratégias mistas passam a ser o jogador

1 adotar a estratégia X com probabilidade 4/5 e o jogador 2 adotar a estratégia W com probabilidade 1/3, ou seja, no experimento, os jogadores deveriam escolher Y 3 vezes e W 5 vezes. Com isso, o ganho esperado para o jogador I é de 133,33 e para o jogador II é de 120.

Tais jogos onde se observam a existência de um único equilíbrio de Nash em estratégia mista e em que há estratégias colaborativamente dominantes para cada um dos jogadores foram usados para verificar se os jogadores se comportam de acordo com as predições do equilíbrio misto. Em todos os jogos tem-se que a estratégia W é colaborativamente dominante para o jogador I e a estratégia Y é colaborativamente dominante para o jogador II e que a estratégia colaborativa dominante para o jogador I não é estável.

Deste modo, as respostas dadas as questões de letra *a* dos jogos *1, 2* e *3* buscam testar a hipótese relativa à ação dos jogadores quanto a adoção da estratégia colaborativamente dominante com a probabilidade prescrita pelo equilíbrio misto (**Hipótese 1**). E as respostas dadas as questões de letra *b* dos jogos *1, 2* e *3* buscam testar hipóteses relativas à crença de um tipo de jogador sobre a ação do outro tipo de jogador sob dois aspectos: se a crença é baseada no equilíbrio misto (**Hipótese 2**) e se a crença coincide com a ação adotada pelo outro jogador (**Hipótese 3**).

Hipótese 1:

H_0: A média de vezes com que os indivíduos escolheram colaborar (adotar a estratégia Y, no caso do jogador I, e a estratégia W, no caso do jogador II) é igual a prescrita pelo equilíbrio misto, ou seja, não há evidência estatística de que os participantes não joguem de acordo com a teoria do equilíbrio misto.

H_1: A média de vezes com que os indivíduos escolheram colaborar (adotar a estratégia Y, no caso do jogador I, e a estratégia W, no caso do jogador II) é diferente daquela prescrita pelo equilíbrio misto, ou seja, há evidências de que os participantes não jogam de acordo com a teoria do equilíbrio misto.

Hipótese 2*:*

H_0: A crença de um tipo de jogador sobre a estratégia adotada pelo outro tipo de jogador condiz com a prescrita pelo equilíbrio misto, ou seja, não há evidência estatística de que os participantes não joguem de acordo com a teoria do equilíbrio misto.

H_1: A crença de um tipo de jogador sobre a estratégia adotada pelo outro tipo de jogador condiz com a prescrita pelo equilíbrio misto, ou seja, há evidências de que os participantes não jogam de acordo com a teoria do equilíbrio misto.

Hipótese 3:

H_0: A crença de um tipo de jogador sobre a estratégia adotada pelo outro tipo de jogador corresponde ao comportamento real desse outro jogador do equilíbrio misto.

H_1: A crença de um tipo de jogador sobre a estratégia adotada pelo outro tipo de jogador não corresponde ao comportamento real desse outro jogador do equilíbrio misto.

Ainda considerando as respostas dos participantes dadas às questões referentes ao jogo *1, 2* e *3,* outras questões a serem analisadas relacionam-se a verificação de qual seria melhor resposta dado o comportamento dos participantes no jogo e da existência de uma relação entre a estratégia utilizada por um participante do tipo I, por exemplo, com a sua crença na ação do jogador do tipo II. Nesse sentido, analisar-se-á também se os participantes que obtiveram o melhor desempenho no experimento jogaram de fato as melhores respostas.

Com o intuito de verificar se os jogadores avaliavam os jogos de acordo com o previsto pela Teoria do Equilíbrio Misto de Nash, os jogos 4, 5 e 6 foram criados através da incorporação da constante C aos jogos 1, 2 e 3 que era subtraída dos *payoffs* do tipo de jogador para o qual o questionário era destinado. Assim, a questão que os participantes tinham que responder era: "Suponha que você tem que escolher se participa ou não do jogo. Caso decida não participar, você receberá 0 pontos, e se decidir participar receberá o resultado do jogo. Supondo que você quer maximizar o seu ganho em pontos, qual seria o maior valor de C para o qual você aceitaria participar desse jogo?".

Em relação a esses jogos, as análises basearam-se na relação existente entre o ganho esperado de cada tipo de jogador em cada jogo. Assim, um comportamento consistente com a teoria seria o de os jogadores estarem dispostos a "pagar" mais em jogos que possuíssem um maior valor esperado de equilíbrio. De modo que, considerando que para o jogador I, o ganho esperado no jogo 4 é igual ao ganho esperado no jogo 6 que é maior do que o ganho esperado no jogo 5 e, para o jogador 2, essa relação é de que o ganho esperado no jogo 4 é igual ao ganho esperado no jogo 5 que é menor do que o ganho esperado no jogo 6, a hipótese a ser testada com base nos dados obtidos com as respostas dadas aos jogos 4, 5 e 6 consiste na hipótese 4, a saber:

Hipótese 4:

H_0: O maior valor que os jogadores estão dispostos a "pagar" (valor de C no experimento) para participar de um determinado jogo é igual nos jogos *i* e *j*, onde *i* e *j* pertencem a {4,5,6} e $i \neq j$.

H_1: O maior valor que os jogadores estão dispostos a "pagar" (valor de C no experimento) para participar de um determinado jogo é diferente nos jogos *i* e *j*, onde *i* e *j* pertencem a {4,5,6} e $i \neq j$.

Buscando abranger todas as proporções a serem testadas nos jogos utilizados no experimento e utilizando como erro aceitável a primeira casa decimal, ou seja, um erro de 0,1, calculou-se o tamanho n da amostra para uma proporção p, dado por $n = \frac{Z^2 p(1-p)}{e^2}$, obtendo-se o valor de n igual a 86. Isso, considerando o nível de confiança de 95%, de onde se tem Z=1,96 de acordo com a tabela Z de distribuição normal padronizada. Como será testado o comportamento de dois tipos de jogadores, buscou-se aplicar o questionário com um pouco mais do dobro desse valor.

Para a seleção da amostra, levou-se em consideração a escolha por cursos onde os alunos tivessem alguma base em estatística. Os questionários foram aplicados em sala de aula com o consentimento dos professores de cada turma. Os alunos foram divididos aleatoriamente em jogadores do tipo I e jogadores do tipo II.

De modo a obter as melhores respostas dos participantes, oriundas de uma análise real dos jogos apresentados a eles, a participação se deu de forma voluntária, onde eles foram estimulados com a possibilidade de um ganho monetário dependente do seu desempenho. Devido a limitação de recursos, para a remuneração dos participantes ficou definido que ganharia os jogadores que tivessem melhor desempenho por tipo de jogador. Entenda-se aqui como melhor desempenho, aquele cujas respostas as questões de letras *a* dos jogos *1, 2* e *3* levassem a um maior ganho esperado quando calculado o resultado dos jogos utilizando-se a média das respostas dos jogadores do tipo contrário, ou seja, considerando como cada jogador de um determinado tipo estivesse jogando contra a estratégia média dos jogadores do tipo contrário. O valor da remuneração foi de R$150,00 reais para o ganhador de cada tipo, sendo especificado que em caso de empate, o valor seria dividido igualmente. O que não foi necessário no experimento, pois houve apenas um ganhador para cada tipo.

O questionário contou ainda com questões para levantar o perfil dos jogadores com o intuito de verificar a existência de alguma correlação entre o perfil e as ações tomadas pelos jogadores.

5 RESULTADOS

Nesta seção, serão apresentadas as análises tanto descritivas quanto inferências dos dados obtidos com a realização do experimento. Conforme citado no capítulo anterior, o experimento foi realizado através da aplicação de questionários (Apêndice 1 e 2). 188 estudantes de graduação e pós-graduação das áreas de Engenharia e Economia foram divididos aleatoriamente em 95 jogadores do tipo I e 93 jogadores do tipo II. De modo a se ter uma visão mais ampla do perfil de todos os participantes, as análises partirão do perfil de todos os participantes do experimento (subseção 5.1) e, só então, iniciaremos a análise do comportamento deles (subseção 5.2).

5.1 Perfil dos Participantes

Nesta seção, têm-se as estatísticas descritivas das variáveis: sexo, grau de instrução, religião, renda familiar e nível de conhecimento em teoria dos jogos. Do total de 188 indivíduos, 126 são do sexo masculino, correspondendo a 67,02% do total (Figura 5.1). Tal percentual pode ser justificado pelo perfil característico dos cursos de engenharias.

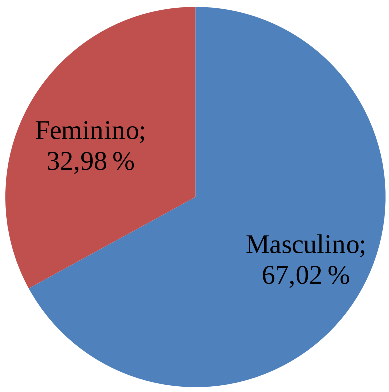

Figura 5.1 – Composição dos participantes por sexo.
Fonte: Esta pesquisa.

Como esperado, devido ao ambiente em que o experimento foi realizado, 89,89% do total dos participantes, o equivalente a 169 dentre os 188, ainda estão cursando o ensino superior, ou seja, enquadram-se na categoria de superior incompleto (Figura 5.2).

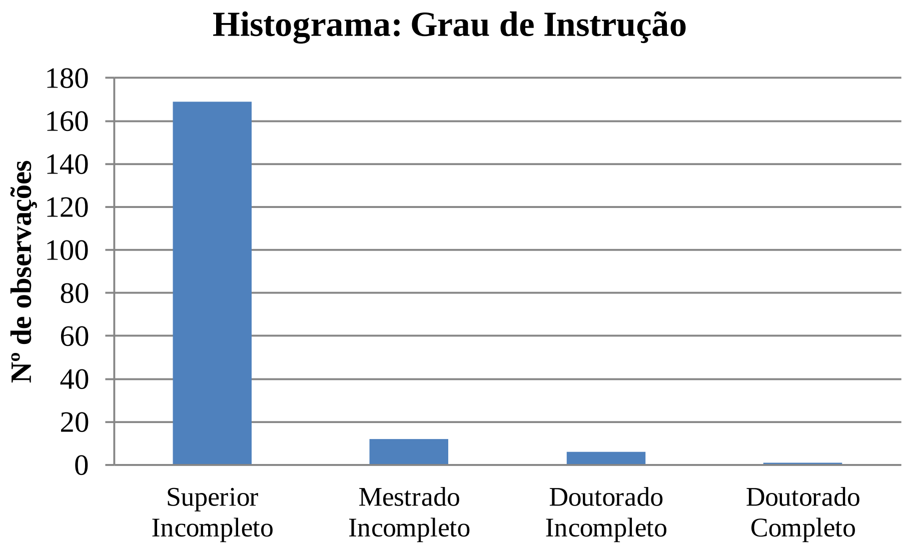

Figura 5.2 – Composição dos participantes por Grau de Instrução.
Fonte: Esta pesquisa.

A análise dos dados relativos à variável religião fornece a informação de que o experimento englobou em sua maioria indivíduos cuja religião é a católica. De modo que a variável religião foi recategorizada para Católicos e Outros, onde 62,23% dos entrevistados enquadram-se como católicos. Quatro indivíduos se recusaram a responder.

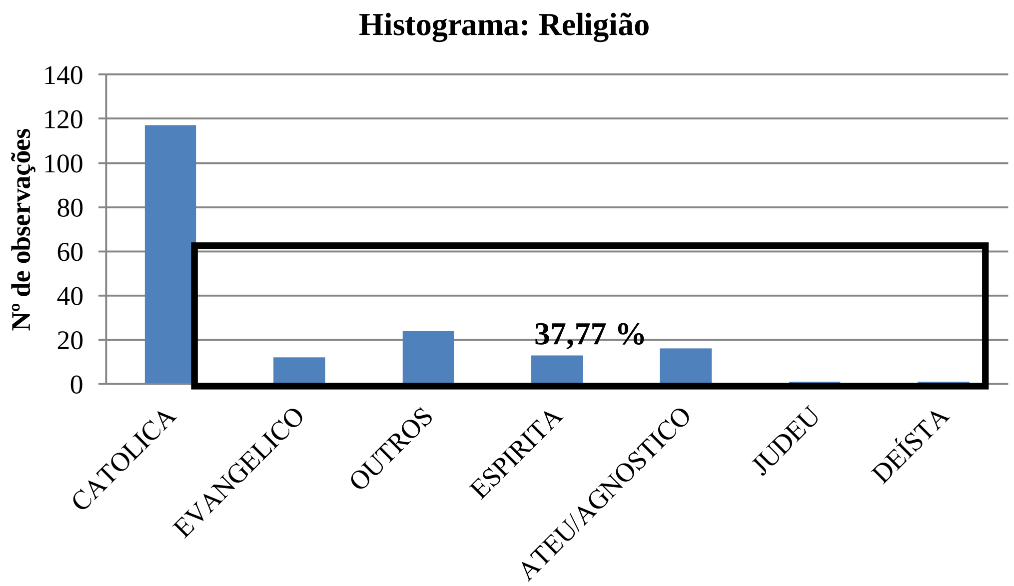

Figura 5.3 – Composição dos participantes por Religião.
Fonte: Esta pesquisa.

Quando questionados sobre a renda familiar, 14 indivíduos se recusaram a responder e observou-se (Tabela 5.1) que 59,04% da amostra foi composta por indivíduos de renda familiar entre 4 e 20 salários mínimos.

Tabela 5.1– Composição dos participantes por Renda Familiar.

	Quantidade	∑Quantidade	%	∑%
Até 4 SM	41	41	21,80851	21,8085
Entre 4 e 10 SM	66	107	35,10638	56,9149
Entre 10 e 20 SM	45	152	23,93617	80,8511
Mais de 20 SM	22	174	11,70213	92,5532
Não responderam	14	188	7,44681	100,0000

Fonte: Esta pesquisa.

O nível de conhecimento em teoria de jogos foi medido pelo contato que os indivíduos já haviam tido com o tema. E, dos 186 indivíduos que responderam a essa questão, a grande maioria afirmou nunca ter lido nada a respeito e 56 afirmaram já terem lido ou estudado sobre o assunto.

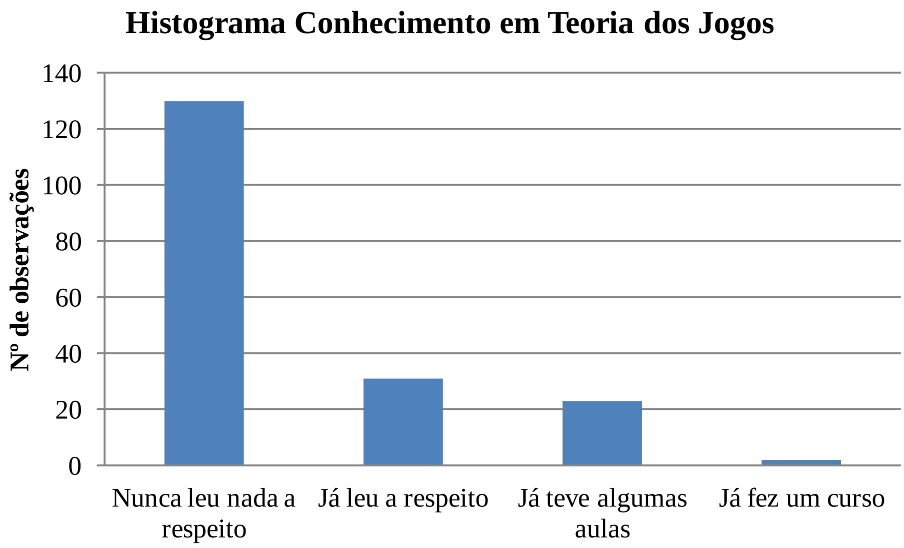

Figura 5.4 – Composição dos participantes por Conhecimento em Teoria dos Jogos.
Fonte: Esta pesquisa.

Realizou-se uma análise de correlação entre essas variáveis e as ações adotadas pelos jogadores, através da qual se verificou a inexistência de correlação significativa.

5.2 Análise do comportamento dos participantes

Nesta seção, partir-se-á do resumo da análise descritiva dos dados obtidos com as respostas dadas as questões referentes aos jogos 1 a 6 (ver Apêndice 1 e 2) para, posteriormente, realizarmos os testes de hipóteses baseados nas hipóteses gerais propostas no desenho do experimento bem como a análise de outros aspectos adicionais. A análise descritiva de todos os dados encontra-se na Tabela 5.2 e 5.3.

Os dados das variáveis "*Colaborar no Jogo*" foram baseados nas respostas dos jogos 1, 2 e 3. No caso do jogador I, o valor da variável corresponde ao valor complementar, considerando o jogo sendo jogado 15 vezes, a resposta as questões de letra *a* dos jogos 1, 2 e 3, já que a pergunta era a quantidade de vezes que se jogaria X e a estratégia colaborativa é Y. E, no caso do jogador II, os valores equivalem a própria resposta dada as questões de letra *a*. O mesmo raciocínio foi utilizado para os valores da variável "*Espera que o outro colabore*", onde no caso do jogador I, os valores indicam a quantidade de vezes que I acredita que II iria jogar W e, no caso do jogador II, a quantidade de vezes que II acredita que I irá jogar Y. Assim, o valor de 0 indica a não colaboração ou crença na não colaboração em todas as vezes e o valor de 15 indica a colaboração ou crença na colaboração sempre.

Tabela 5.2 – Estatística descritiva do Jogador I.

Variável	Média	Qtd	Mediana	Moda	Frequência da moda	Min.	Max.	Desvio Padrão
Colaborar no jogo 1	7,17	95	7	5	15	0	15	4,156
Espera que o outro colabore no jogo 1	6,91	95	7	5	19	0	15	4,437
Colaborar no jogo 2	6,39	95	7	0	19	0	15	4,426
Espera que o outro colabore no jogo 2	6,54	94	6	0 e 5	13	0	15	4,649
Colaborar no jogo 3	7,41	95	7,5	0	13	0	15	4,539
Espera que o outro colabore no jogo 3	7,82	91	7	7	15	0	15	4,296
C4	86,90	91	30	0	31	-100	700	146,083
C5	116,46	91	50	0	26	0	800	177,127
C6	159,76	93	20	0	33	-400	7000	735,251

Fonte: Esta pesquisa.

Tabela 5.3 – Estatística descritiva do Jogador II.

Variável	Média	Qtd	Mediana	Moda	Frequência da moda	Min.	Max.	Desvio Padrão
Colaborar no jogo 1	5,23	93	5	0	28	0	15	4,728
Espera que o outro colabore no jogo 1	7,04	93	7	0	18	0	15	4,632
Colaborar no jogo 2	3,90	93	4	0	33	0	15	3,887
Espera que o outro colabore no jogo 2	6,25	93	7	0	24	0	15	4,838
Colaborar no jogo 3	6,10	93	7	0	19	0	15	4,506
Espera que o outro colabore no jogo 3	4,22	93	7	0	19	-185	15	20,311
C4	83,87	93	50	0	24	-400	600	130,141
C5	89,72	93	30	0	27	-600	800	189,045
C6	98,97	93	67	100	25	-400	600	157,306

Fonte: Esta pesquisa.

Com base nos dados de valores mínimos e máximos observamos uma inconsistência nas respostas de alguns indivíduos a determinadas questões. Por exemplo, as variáveis “colaborar no jogo” e “espera que o outro colabore” correspondem à quantidade de vezes em que o jogador adotará ou espera que o outro adote determinada estratégia caso ele jogasse 15 vezes. Assim, a presença de valores maiores do que 15 ou negativos indicam que o indivíduo não compreendeu o jogo. E, portanto, as respostas desses indivíduos serão excluídas da análise.

Do mesmo modo, quando observamos os valores relativos às variáveis C4, C5 e C6, correspondentes ao maior valor de C para o qual os indivíduos participariam do jogo 4, 5 e 6, temos valores que resultam, com certeza, em um ganho esperado zero ou negativo para os indivíduos. Nesse caso, assumimos que tais indivíduos não entenderam o significado da constante C incorporada aos jogos e excluímos esses pontos apenas das análises e testes relativos aos jogos 4, 5 e 6.

Outra consideração a ser feita sobre os dados utilizados para análise faz-se necessário quando na realização dos testes de amostras dependentes. Nesses testes, serão considerados apenas os indivíduos que responderam a todas as questões relacionadas às hipóteses que estarão sendo testadas.

5.2.1 Jogos 1, 2 e 3

De modo a se ter uma visão inicial sobre o comportamento dos participantes em cada jogo, a análise partirá das estatísticas descritivas (Tabela 5.4 e 5.5) das variáveis a serem analisadas. A partir dessas estatísticas observa-se que a moda em todos os jogos foi a de sempre não colaborar, ou seja, jogar Y e W com frequência zero, exceto no caso do jogador I no jogo 1, onde, entretanto, não colaborar obteve uma frequência significativa para ser considerada como moda. Isso, considerando que a frequência da moda foi 15 e a frequência de não colaborar foi 14. Uma melhor visualização da frequência de colaboração de cada jogador em cada jogo é obtida através da distribuição de colaboração de cada tipo de jogador em cada jogo (Figuras 5.5 a 5.10).

Tabela 5.4 – Estatísticas descritivas sem os outliers: Jogador I.

Variável	Média	Qtd.	Mediana	Moda	Frequência da moda	Min.	Max.	Desvio Padrão
Colaborar no jogo 1	7,17	94	7	5	15	0	15	4,178
Espera que o outro colabore no jogo 1	6,90	94	7	5	19	0	15	4,460
Colaborar no jogo 2	6,38	94	7	0	19	0	15	4,448
Espera que o outro colabore no jogo 2	6,53	93	6	5 e 0	13	0	15	4,673
Colaborar no jogo 3	7,40	94	8	0	13	0	15	4,563
Espera que o outro colabore no jogo 3	7,82	90	7	7	15	0	15	4,320

Fonte: Esta pesquisa.

Tabela 5.5 – Estatísticas descritivas sem os outliers: Jogador II.

Variável	Média	Qtd.	Mediana	Moda	Frequência da moda	Min.	Max.	Desvio Padrão
Colaborar no jogo 1	5,28	92	5	0	27	0	15	4,722
Espera que o outro colabore no jogo 1	6,96	92	7	0	18	0	15	4,581
Colaborar no jogo 2	3,95	92	4	0	32	0	15	3,887
Espera que o outro colabore no jogo 2	6,15	92	7	0	24	0	15	4,776
Colaborar no jogo 3	6,16	92	7	0	18	0	15	4,485
Espera que o outro colabore no jogo 3	6,27	92	7	0	19	0	15	4,401

Fonte: Esta pesquisa.

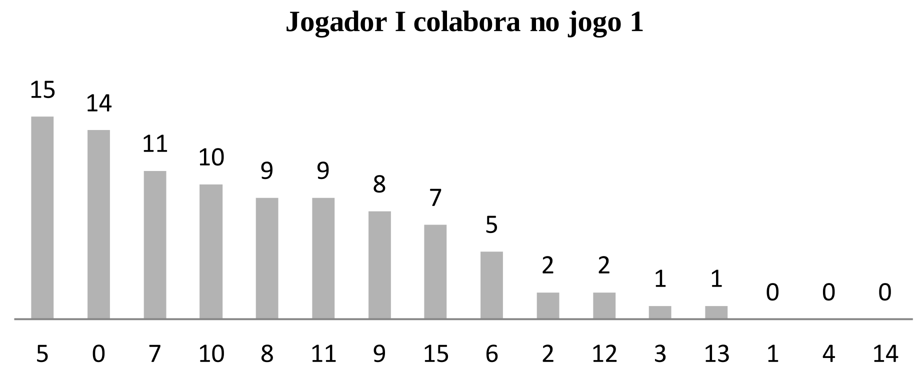

Figura 5.5 – Frequência de colaboração do jogador I no jogo 1.
Fonte: Esta pesquisa.

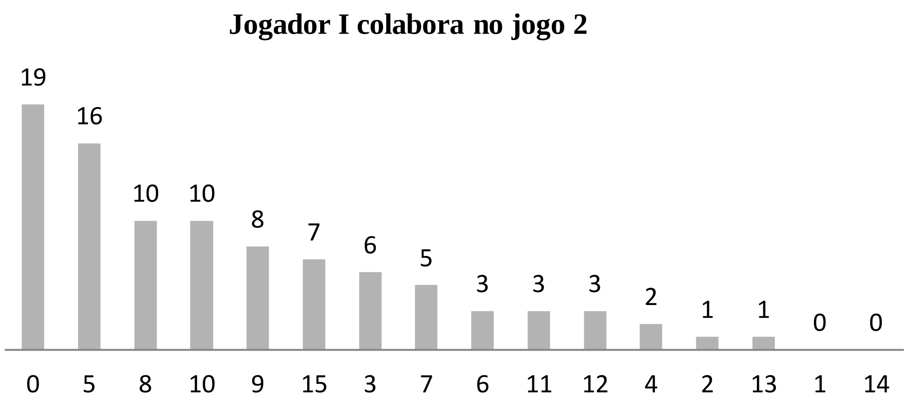

Figura 5.6 – Frequência de colaboração do jogador I no jogo 2.
Fonte: Esta pesquisa

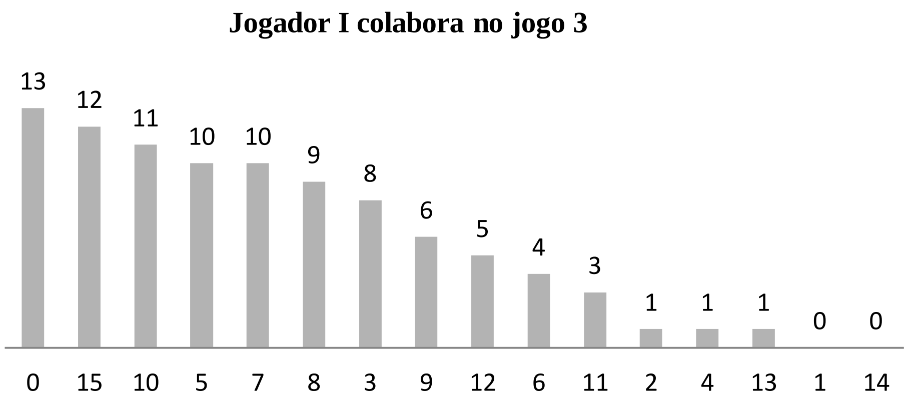

Figura 5.7– Frequência de colaboração do jogador I no jogo 3.
Fonte: Esta pesquisa.

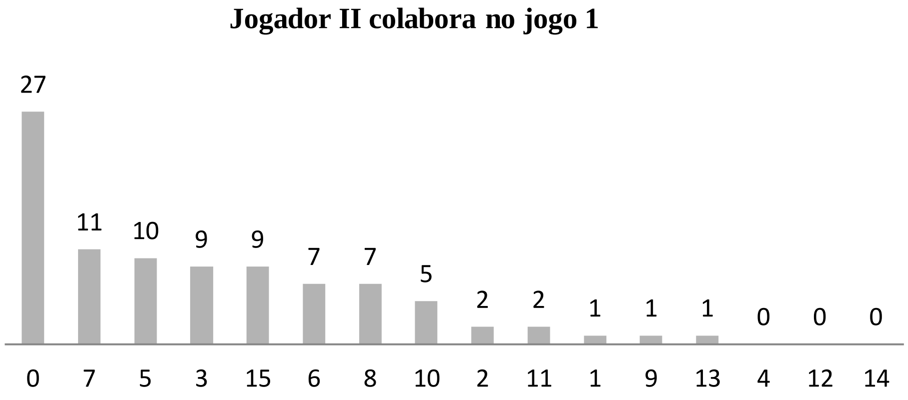

Figura 5.8 – Frequência de colaboração do jogador II no jogo 1.
Fonte: Esta pesquisa.

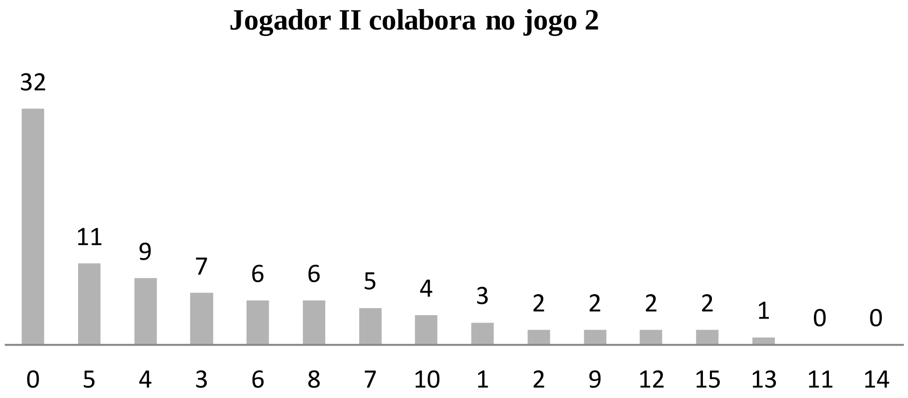

Figura 5.9 – Frequência de colaboração do jogador II no jogo 2.
Fonte: Esta pesquisa.

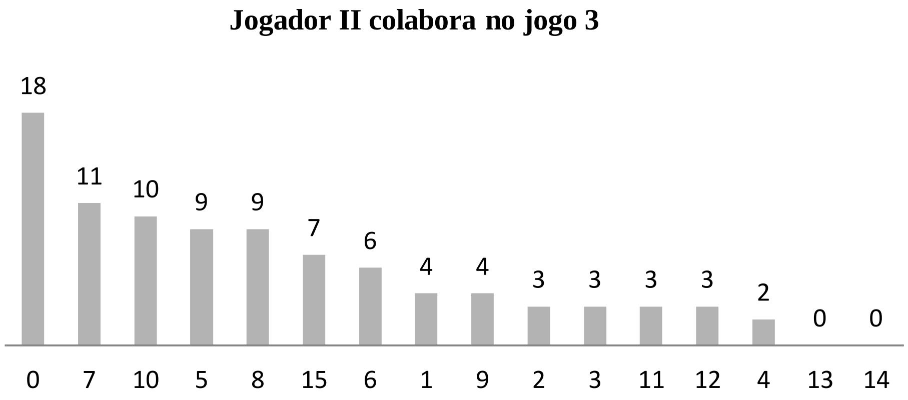

Figura 5.10 – Frequência de colaboração do jogador II no jogo 3.
Fonte: Esta pesquisa.

No que se refere à crença na ação do outro jogador, observou-se um comportamento distinto entre os jogadores do tipo I e os jogadores do tipo II. Enquanto, os jogadores tipo II tiveram como moda acreditar que os jogadores do tipo I não iriam colaborar, os jogadores do tipo I não tiveram o mesmo padrão de comportamento.

E, ainda, vemos que em média os jogadores adotam a estratégia de colaborar numa proporção maior que a prescrita pela teoria do equilíbrio misto em cada um dos jogos. Tal observação é consistente, no caso do jogador II, onde o equilíbrio colaborativo é estável, de modo que o esperado seria de fato ele colaborar mais.

Diante desse comportamento e considerando que, se o jogador em média colabora mais do que o prescrito pelo equilíbrio, a estratégia ótima do outro jogador seria o de colaborar sempre; se o jogador em média colabora menos do que o prescrito pelo equilíbrio, a estratégia ótima do outro jogador seria nunca colaborar; e, se em média ele joga igual ao prescrito, qualquer estratégia seria a ótima para o outro jogador. Podemos extrair assim qual seria a estratégia ótima a ser adotada pelos jogadores no experimento. No caso do jogador I, como o par de estratégias colaborativas é instável, a estratégia ótima para ele seria a de nunca colaborar. E, no caso do jogador II, seria a de colaborar sempre. Tendo sido essa a estratégia adotada pelo indivíduo que obteve o melhor desempenho dentre os que assumiram o papel do jogador II. Já, no caso dos que assumiram o papel do jogador I, o individuo que obteve o melhor desempenho não jogou a estratégia ótima em apenas um dos jogos.

De modo a testar a **Hipótese 1** descrita no Capítulo 4, ou seja, verificar se os indivíduos se comportaram de acordo com a teoria do equilíbrio misto, realizou-se o teste-t para a média. Para isso, considerou-se como valor de referência a probabilidade com a qual segundo a teoria do equilíbrio misto os indivíduos teriam que ter adotado a estratégia colaborativa. Assim, testamos 2 situações no jogo 1:

Situação 1:

H_0: A média de vezes que o jogador I colabora no jogo 1 é igual a 5

H_1: A média de vezes que o jogador II colabora no jogo 1 é diferente de 5

Situação 2:

H_0: A média de vezes que o jogador II colabora no jogo 1 é igual a 5

H_1: A média de vezes que o jogador II colabora no jogo 1 é diferente de 5

Assim, conforme os valores de p expressos na Tabela 5.6, ao nível de significância de 5%, rejeita-se a hipótese nula no caso do jogador I, ou seja, há evidências estatísticas para afirmar que o jogador I não adota o equilíbrio misto e, no caso do jogador II, existem evidências estatísticas insuficientes para concluir que o jogador II não adota o equilíbrio misto. No caso do jogador I, tal resultado leva-nos a possibilidade de comprovar que de acordo com a tendência expressa pela média, os jogadores do tipo I colaboram mais do que o previsto pelo equilíbrio.

Tabela 5.6 – Teste-t da média contra uma constante – "Colabora no Jogo 1".

Jogador	Variável	Média	N	Constante de referência	p
I	Colabora no Jogo 1	7,170213	94	5,000000	0,000002
II	Colabora no Jogo 1	5,282609	92	5,000000	0,567309

Fonte: Esta pesquisa.

Como os jogos não são simétricos, é importante observar que a estratégia colaborativa para o jogador I é instável, ou seja, ele tem interesse de se desviar unilateralmente do equilíbrio colaborativo. E, no jogo 1, temos que pela teoria do equilíbrio misto o número esperado de colaborações é o mesmo para os dois jogadores. Assim, outra verificação feita foi a de se o jogador cuja estratégia é estável colabora mais do que o jogador cuja estratégia colaborativa é instável. Para isso, aplicou-se o teste de Mann-Whitney U para colaboração no jogo 1 agrupado pelo tipo do jogador, cujas hipóteses a serem testadas foram:

H_0: Não há diferença entre as médias de colaboração do grupo I (jogadores do tipo I) e do grupo II (jogadores do tipo II)

H_1: Há diferença entre as médias de colaboração do grupo I (jogadores do tipo I) e do grupo II (jogadores do tipo II)

E, cujo resultado com $p = 0,00173 < 0,05$ indicou que há evidencia na diferença entre as médias. Buscando uma melhor visualização dessa relação elaborou-se um gráfico do tipo Box-Plot (Figura 5.11), onde se observa que a média de colaboração dos jogadores I foi maior do que a média de colaboração dos jogadores II. E, que a média de colaboração dos jogadores II se encontra próximo a prevista pela teoria do equilíbrio misto.

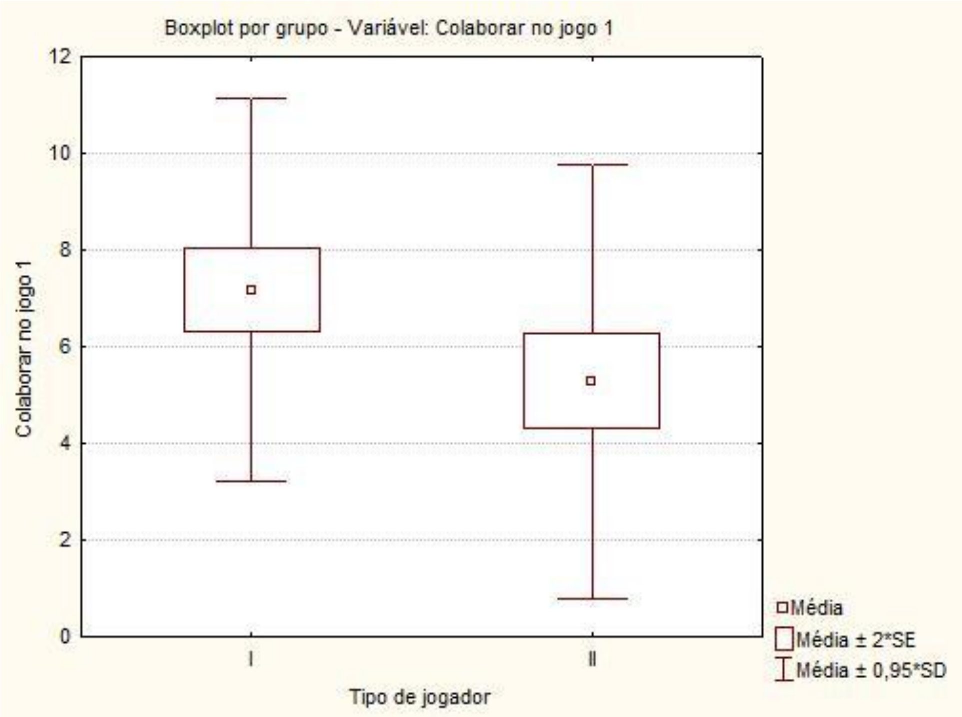

Figura 5.11 – Gráfico Box-Plot: Média de colaboração no jogo 1 agrupada por tipo de jogador.
Fonte: Esta pesquisa.

No que se refere à **Hipótese 2** apresentada no Capítulo 4, considerando a crença dos jogadores nas ações dos outros, testou-se se os jogadores acreditavam que os jogadores do outro tipo iriam se comportar de acordo com o previsto pela teoria do equilíbrio misto para a adoção da estratégia colaborativa. Nesse caso, a variável testada foi "espera que outro colabore" contra o valor da probabilidade teórica do equilíbrio misto para cada jogador no jogo 1. Assim, as hipóteses para cada jogador, no jogo 1, foram:

H_0: A média que o Jogador de um tipo espera que o Jogador do outro tipo vai colaborar no jogo 1 é igual a 5

H_1: A média que o Jogador de um tipo espera que o Jogador do outro tipo vá colaborar no jogo 1 é diferente de 5

E, com p <0,05 (Tabela 5.7) temos evidências estatísticas para afirmar que os jogadores não acreditam que os jogadores do tipo contrário ao seu iram colaborar com a frequência prevista pelo equilíbrio. De fato, ambos os tipos de jogadores em média esperam que o outro jogador colabore mais do que o previsto pelo equilíbrio de Nash.

Tabela 5.7 – Teste-t da média contra uma constante – "espera que o outro colabore" no jogo 1.

Variável	Média	Qtd.	Constante de referência	p
Jogador I espera que o Jogador II colabore no jogo 1	6,904255	94	5,000000	0,000076
Jogador II espera que o Jogador I colabore no jogo 1	6,956522	92	5,000000	0,000091

Fonte: Esta pesquisa.

Partindo para a **Hipótese 3** levantada no Capítulo 4, buscando comparar o que o jogador I esperava que o jogador II fizesse com o que o jogador 2 de fato fez, aplicamos o teste-t de comparação de média para amostras independentes. Para isso, as hipóteses foram:

Para o jogador I:

H_0: A média com que I acredita que II vá colaborar no jogo 1 é igual a média com que II de fato colabora no jogo 1.
H_1: A média com que I acredita que II vá colaborar no jogo 1 é diferente da média com que II de fato colabora no jogo 1.

E, para o jogador II:

H_0: A média com que II acredita que I vai colaborar no jogo 1 é igual a média com que I de fato colabora no jogo 1
H_1: A média com que II acredita que I vai colaborar no jogo 1 é diferente da média com que I colabora no jogo 1

De modo que como resultado (Tabela 5.8) tem-se que a hipótese nula foi rejeitada para o jogador I, ou seja, a crença do jogador I sobre a ação do jogador II não correspondeu a real ação do jogador II. E, no caso do jogador II, não há evidências estatísticas suficientes para afirmamos que há uma diferença entre a estratégia que ele acredita que I irá adotar e a estratégia que I adota.

Tabela 5.8 – Teste para amostras independentes: Crença na ação do outro jogador vs. ação do outro jogador no jogo 1.

Grupo 1 vs. Grupo 2	Média Grupo 1	Média Grupo 2	p
Jogador I espera que Jogador II colabore vs. Jogador II colabora	6,904255	5,282609	0,017012
Jogador II espera que Jogador I colabore vs. Jogador I colabora	6,956522	7,170213	0,739875

Fonte: Esta pesquisa.

Hipóteses análogas as realizadas no jogo1 foram feitas também no jogo 2 e 3.

Ao testar **Hipótese 1,** temos as seguintes situações:

Para o jogador I:

Situação 1:

H_0: A média de colaboração no jogo 2 é igual a 5

H_1: A média de colaboração no jogo 2 é diferente de 5

Situação 2:

H_0: A média de colaboração no jogo 3 é igual a 3

H_1: A média de colaboração no jogo 3 é diferente de 3

E, para o jogador II:

Situação 1:

H_0: A média de colaboração no jogo 2 é igual a 3

H_1: A média de colaboração no jogo 2 é diferente de 3

Situação 2:

H_0: A média de colaboração no jogo 3 é igual a 5

H_1: A média de colaboração no jogo 3 é diferente de 5

E, nesses casos, chegamos a conclusão (Tabela 5.9 e Tabela 5.10) de que há evidências estatísticas para se afirmar que nenhum dos dois tipos de jogadores se comportam conforme a probabilidade prescrita pela teoria do equilíbrio misto. Em todos os casos, os jogadores colaboram mais do que o previsto pelo equilíbrio.

Tabela 5.9 – Teste-t da média contra uma constante – "Colaborar no jogo" Jogador I.

Variável	Média	N	Constante de referência	p
Colaborar no jogo 2	6,382979	94	5,000000	0,003319
Colaborar no jogo 3	7,404255	94	3,000000	0,000000

Fonte: Esta pesquisa.

Tabela 5.10 – Teste-t da média contra uma constante – "Colaborar no jogo" Jogador II.

Variável	Média	N	Constante de referência	p
Colaborar no jogo 2	3,945652	92	3,000000	0,021816
Colaborar no jogo 3	6,163043	92	5,000000	0,014696

Fonte: Esta pesquisa.

No caso da **Hipótese 2,** onde a constante de referência a ser usada no jogo 2, para o jogador I foi 3 e, para o jogador II foi 5, temos conforme Tabela 5.11 que com $p < 0,05$, a hipótese nula de que o jogador espera que o outro colabore conforme o previsto pela teoria do equilíbrio misto é rejeitada. O mesmo é observado no jogo 3, onde para o jogador I a constante de referência passa a ser 5 e para o jogador II, passa a ser 3. Ou seja, os jogadores não acreditam que os seus adversários irão agir colaborativamente com a frequência prevista pela teoria do equilíbrio misto. E, ainda, através das médias, podemos observar que em todos os jogos, os jogadores superestimaram a frequência média de colaboração do adversário, que por sua vez já é maior do que a prevista pela teoria do equilíbrio misto.

Tabela 5.11 – Teste-t da média contra uma constante – "espera que o outro colabore" no jogo 2 e no jogo 3.

Variável	Média	Qtd.	Constante de referência	p
Jogador I espera que o outro colabore no jogo 2	6,526882	93	3,000000	0,000000
Jogador II espera que o outro colabore no jogo 2	8,945055	91	5,000000	0,000000
Jogador I espera que o outro colabore no jogo 3	7,822222	90	5,000000	0,000000
Jogador II espera que o outro colabore no jogo 3	8,728261	92	3,000000	0,000000

Fonte: Esta pesquisa.

Ao comparar a crença na colaboração do outro e na real colaboração do outro nos jogos 2 e 3 temos, testando a **hipótese 3,** os resultados apresentados na Tabela 5.12. E, com valores de p menores do que 0,05, rejeitamos a hipótese nula. De modo que a crença na frequência de colaboração do outro é diferente da real frequência de colaboração do outro.

Tabela 5.12 - Teste para amostras independentes: Crença na ação do outro jogador vs. ação do outro jogador no jogo 2 e 3.

Grupo 1 vs. Grupo 2	Média Grupo 1	Média Grupo 2	p
Jogador I espera que o outro colabore no jogo 2 vs. o outro colabora no jogo 2	6,526882	3,945652	0,000067
Jogador II Espera que o outro colabore no jogo 2 vs. o outro colabora no jogo 2	8,945055	6,382979	0,000193
Jogador I espera que o outro colabore no jogo 3 vs. o outro colabora no jogo 3	7,822222	6,163043	0,011901
Jogador II espera que o outro colabore no jogo 3 vs. o outro colabora no jogo 3	8,728261	7,404255	0,045512

Fonte: Esta pesquisa.

5.2.1.1 Análise das relações entre as variáveis

As estatísticas descritivas (Tabela 5.4 e 5.5) mostram que a média de colaboração no jogo 1 é maior do que a média de colaboração no jogo 2 que por sua vez é menor que a média de colaboração no jogo 3. Sendo esta última maior do que a no jogo 1. Para testar essa observação, temos as seguintes hipóteses e seus resultados com base no teste-t para amostras dependentes.

H_0: A média de colaboração no jogo 1 é igual a média de colaboração no jogo 2.

H_1: A média de colaboração no jogo 1 é diferente da média de colaboração no jogo 2.

Tabela 5.13 – Teste-t para amostras dependentes – "colaborar no jogo 1 vs. Colaborar no jogo 2" – Jogador I.

Variável	Média	Desvio Padrão	Qtd.	p
Colaborar no jogo 1	7,170213	4,177869		
Colaborar no jogo 2	6,382979	4,448284	94	0,010385

Fonte: Esta pesquisa.

Tabela 5.14 – Teste-t para amostras dependentes – "colaborar no jogo 1 vs. Colaborar no jogo 2" – Jogador II.

Variável	Média	Desvio Padrão	Qtd.	p
Colaborar no jogo 1	5,282609	4,721534		
Colaborar no jogo 2	3,945652	3,886760	92	0,002417

Fonte: Esta pesquisa.

E, com $p<0,05$ (Tabela 5.13 e Tabela 5.14), rejeitamos a hipótese nula, de modo que podemos afirmar que há evidências estatísticas de que a média de colaboração no jogo 1 não é igual a média de colaboração no jogo 2. E, que com base na tendência apresentada pelas médias, a colaboração no jogo 2 ocorre com menor frequência do que no jogo 1. Isso pode ser explicado, pelo fato de que no jogo 2, o jogador I vê na possibilidade de não colaborar uma chance de um ganho maior do que no jogo 1, e o jogador II pode encarar essa possibilidade como um risco, pois se ele adotar a estratégia colaborativa e I não adotar, seu payoff será nulo.

Realizando o mesmo teste agora comparando a relação entre a média de colaboração nos jogos 1 e 3, temos valores de $p>0,05$ (Tabela 5.15 e Tabela 5.16), de modo que não há evidências estatísticas para se rejeitar a hipótese nula de que as médias são iguais:

H_0: A média de colaboração no jogo 1 é igual a média de colaboração no jogo 3.

H_1: A média de colaboração no jogo 1 é diferente da média de colaboração no jogo 3.

Tabela 5.15 – Teste-t para amostras dependentes – "colaborar no jogo 1 vs. Colaborar no jogo 3" – Jogador I.

Variável	Média	Desvio Padrão	Qtd.	p
Colaborar no jogo 1	7,170213	4,177869		
Colaborar no jogo 3	7,404255	4,563340	94	0,460754

Fonte: Esta pesquisa.

Tabela 5.16 – Teste-t para amostras dependentes – "colaborar no jogo 1 vs. Colaborar no jogo 3" – Jogador II.

Variável	Média	Desvio Padrão	Qtd.	p
Colaborar no jogo 1	5,282609	4,721534		
Colaborar no jogo 3	6,163043	4,485084	92	0,084679

Fonte: Esta pesquisa.

E, para a relação existente entre colaboração no jogo 2 e colaboração no jogo 3, temos evidências estatísticas para rejeitar a hipótese de igualdade entre as médias, de modo que podemos inferir que conforme apontam as médias, a colaboração no jogo 3 é maior do que a colaboração no jogo 2. Essa relação pode ser explicada pelo fato de que no jogo 3 a colaboração leva a um payoff maior do que no jogo 2, para o jogador II, e, no caso do jogador I, a diferença de *payoffs* entre adotar a estratégia colaborativa e não adotar a estratégia colaborativa no jogo 2 é maior do que no jogo 3.

H_0: A média de colaboração no jogo 2 é igual a média de colaboração no jogo 3.

H_1: A média de colaboração no jogo 2 é diferente da média de colaboração no jogo 3.

Tabela 5.17 – Teste-t para amostras dependentes – "colaborar no jogo 2 vs. Colaborar no jogo 3" – Jogador I.

Variável	Média	Desvio Padrão	Qtd.	p
Colaborar no jogo 2	6,382979	4,448284		
Colaborar no jogo 3	7,404255	4,563340	94	0,019878

Fonte: Esta pesquisa.

Tabela 5.18 – Teste-t para amostras dependentes – "colaborar no jogo 2 vs. Colaborar no jogo 3" – Jogador II.

Variável	Média	Desvio Padrão	Qtd.	p
Colaborar no jogo 2	3,945652	3,886760		
Colaborar no jogo 3	6,163043	4,485084	92	0,000011

Fonte: Esta pesquisa.

5.2.2 Jogos 4, 5 e 6

Como citado no capítulo anterior, o esperado em relação aos valores de C nos jogos 4, 5 e 6 seria que eles obedecessem a relação de desigualdade do tipo C4=C6 e C4>C5, para o jogador I e do tipo C4=C5 e C4<C6, para o jogador II, condizente com relação existente entre os ganhos esperados em cada jogo. Com base nas estatísticas descritivas verificamos que para o jogador I (Tabela 5.19), aparentemente tal relação não se comprova já que pelos valores médios temos C6<C4<C5. E, para o jogador II (Tabela 5.20), a relação de acordo com a média é de C6>C4>C5, sendo apenas a relação entre C6 e C4 para o jogador II coerente com a relação prevista pela teoria do equilíbrio misto de Nash.

Tabela 5.19 – Estatísticas descritivas das variáveis C4, C5 e C6 sem outliers – Jogador I.

Variável	Média	Qtd	Mediana	Moda	Frequência da moda	Min.	Max.	Desvio Padrão
C4	49,33333	78	15	0	31	0	300	64,00054
C5	69,20513	78	50	0	24	0	300	73,79867
C6	44,96154	78	10	0	33	0	300	66,27362

Fonte: Esta pesquisa.

Tabela 5.20 – Estatísticas descritivas das variáveis C4, C5 e C6 sem outliers – Jogador II.

Variável	Média	Qtd	Mediana	Moda	Frequência da moda	Min.	Max.	Desvio Padrão
C4	52,56410	78	50	0	22	0	200	54,27864
C5	43,51282	78	20	0	27	0	200	54,21691
C6	62,01282	78	50	100	23	0	400	65,76236

Fonte: Esta pesquisa.

Para verificar se tais relações se comprovam, partimos para testar a **Hipótese 4,** apresentada no Capítulo 4, e realizamos o teste de hipótese para amostras dependentes. Ao usar como hipótese nula a igualdade da média de C4 com a média de C6, obtivemos p=0,466473, para o jogador I e p= 0,115026, para o jogador II, de modo que não encontramos evidências estatísticas para afirmar que C4 e C6 sejam diferentes. No caso da hipótese nula ser a igualdade entre a média de C4 e C5, para o jogador I com p=0,000352 rejeitamos a hipótese nula, e concluímos que há uma diferença entre C4 e C5, a qual de acordo com as estatísticas descritivas indicam ser uma relação do tipo C4<C5, contrario ao previsto pela teoria. Já para o jogador II, com p=0,114260, não há evidências estatísticas para se afirmar que há uma diferença entre C4 e C5. E, por fim, testando a hipótese nula como sendo a igualdade entre C5 e C6, temos, para o jogador I, um p=0,001725 e, para o jogador II, um p = 0,012556. Nesse caso, a hipótese nula é rejeitada para ambos os jogadores. Assim, há evidências estatísticas para afirmarmos que, no caso do jogador I, C5 é maior que C6, relação essa que é contrária a prevista pela teoria do equilíbrio misto. E, no caso do jogador II, C5 é menor que C6, o que é condizente com a teoria.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 Conclusões

Esta dissertação testou experimentalmente o comportamento de agentes em jogos estratégicos 2X2, onde havia um perfil de estratégias colaborativamente dominantes e este era estável apenas para um dos agentes. Isso focando principalmente na verificação se eles se comportariam conforme a teoria do equilíbrio misto de Nash.

Uma revisão de literatura permitiu uma maior compreensão sobre a realização de experimentos que buscavam verificar a consistência de determinados conceitos teóricos. Em especial, os que envolviam o Equilíbrio de Nash, importante conceito e bastante utilizado para a determinação de soluções de problemas que podem ser modelados através da teoria dos jogos, e por isso, alvo de análises sobre se seus resultados são condizentes com o observado na prática.

Assim, partindo para a realização do experimento, inicialmente testamos se, diante de jogos com o perfil citado anteriormente, os indivíduos agiam de acordo com o previsto pelo equilíbrio misto de Nash. Esse teste nos levou a concluir que ambos os jogadores não se comportam conforme a probabilidade prescrita pela teoria do equilíbrio misto. Em todos os casos, eles adotam a estratégia colaborativa com uma frequência maior do que a prevista pela teoria.

E, ainda, foi possível testar a crença dos jogadores sobre a ação dos seus adversários chegando a conclusão de que em todos os jogos os jogadores superestimaram a frequência média de colaboração do adversário, que por sua vez já havia se mostrado maior do que a prevista pela teoria do equilíbrio misto.

Ao comparar a frequência média de colaboração nos 3 jogos utilizados no experimento, pudemos verificar a questão do pensamento estratégico. Isso, pois a relação entre uma frequência maior de colaboração de um jogador em um jogo quando comparado aos demais jogos, pôde ser explicada assumindo-se que eles formaram crenças, sobre o modo como seus adversários poderiam agir, de acordo com a estrutura de *payoffs* dos jogos.

E, ainda em um segundo momento da análise dos dados, observou-se a disposição em arriscar reduzir o ganho obtido com os jogos. Nessa análise, concluímos que a decisão sobre quanto os indivíduos estão dispostos a abrir mão para obter algum ganho também não vai de encontro a relação prevista pelo ganho esperado com base no equilíbrio misto.

6.2 Sugestões para trabalhos futuros

Os resultados obtidos com essa dissertação nos remetem a questão de que o comportamento dos indivíduos é dependente de fatores que provavelmente vão além da aplicação pura dos conceitos teóricos. Assim, como sugestão para trabalhos futuros fica a possibilidade da ampliação do experimento adicionando recursos que possibilitem testar a influência de fatores externos às decisões dos jogadores. Bem como, por exemplo, a simulação de uma situação estratégica em que os indivíduos se deparassem com a possibilidade do aprendizado obtido pela repetição de jogos.

E, ainda, considerando os jogos 1, 2 e 3, testar se a quantidade de vezes utilizadas nos questionamentos aos participantes influencia nas decisões tomadas por eles e a importância disto para o resultado do experimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUMANN, R.J. On the Non-Transferable Utility Value: A Comment on the Roth-Shafer Examples. *Econometrica*, 53: 667-677, 1985.

AUMANN, R.J. Nash Equilibria Are Not Self-Enforcing. in: J.J. Gabszewicz, J.-F. Richard; L. Wolsey, eds., *Economic Decision Making: Games, Econometrics and Optimisation*, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 201-206, 1990.

BHATT, Meghana; CAMERER, Colin F. Self-referential thinking and equilibrium as states of mindin games: fMRI evidence. *Games and Economic Behavior*, 52(2). p. 424–459, 2005.

BIANCHI, A.M; SILVA FILHO, G.A. Economistas de Avental Branco: Uma defesa do método experimental na economia. *Economia Contemporânea*, v.5, n.2, p. 129-154, 2001.

CLARK K.; KAY, S.; SEFTON, M. When Are Nash Equilibria Self-Enforcing? An Experimental Analysis. *International Journal of Game Theory*, v.29, n.4, p. 495-515, 2001.

COOPER, R.; de JONG, D.V.; FORSYTHE, R; ROSS, T.W. Cooperation without Reputation: Experimental Evidence from Prisoner's Dilemma Games. *Games and Economic Behavior*, Volume12, Issue 2, p. 187-218, 1996.

COOPER, R.; de JONG, D.V.; FORSYTHE, R; ROSS, T.W.. Selection Criteria in Coordination Games: Some Experimental Results. *American Economic Review*, 80, p. 218-233, 1990.

CRAWFORD, V. A Survey of Experiments on Communication via Cheap Talk. *Journal of Economic Theory*, v. 78, n. 2, p. 286-298, 1998.

FIANI, Ronaldo. *Teoria dos Jogos: para cursos de administração e economia*. 2. ed. rev. e atual., Rio de Janeiro, Elsevier, 2006.

FIGUEIREDO, Reginaldo S. Teoria dos jogos: conceitos, formalização matemática e aplicação à distribuição de custo conjunto. *Gestão & Produção*, v. 1, n 3, p. 273-289, dez 1994.

FISHER, Len. *Rock, Paper, Scissors – Game Theory in Everyday Life*. New York, 2008.

GARDNER, Roy. *Games for business and economics.* London, 1947.

GIBBONS, Robert. *Game Theory for Applied Economists*. Princeton University Press, 1992.

GIL, Antonio Carlos. *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo: Atlas, 1991.

HARSANYI, J. C.; SELTEN, R. *A General Theory of Equilibrium Selection in Games.* London: MIT Press. 1988.

HEAP, S. P. H; VAROUFAKIS, Y. *Game theory: A critical introduction*. Londres: Routledge, 1995.

KREPS, D. *Notes on the Theory of Choice.* Underground Classics in Economics, 1988.

MIGON, Helio S.; LOPES, Hedibert F. *Análise Bayesiana de Decisoes*. Aspectos Práticos. mar. 2002.

OSBORNE, Martin J. *An introduction to game theory.* Oxford University Press, 2004.

RAO, Ram C. GameTheory, Overview. *Encyclopedia of Social Measurement*, Texas, USA, v. 2, 2005.

REZENDE, José Eduardo de C. Uma Investigação Experimental de Modelos de Preferências Sociais. Rio de Janeiro, 2004. 113p. (Mestrado – Fundação Getulio Vargas/ FGV)

ROCHA, Rodrigo Viana. A lei fraca de Feller para jogos de São Petersburgo. São Paulo, mar. 2009. 57p. (Mestrado – Universidade de São Paulo/ USP)

ROTH, A. E. Introduction to experimental economics, em *The Handbook of Experimental Economics*, Kagel e A. Roth, Princeton University Press, 1995.

ROTH, A.E. Values for Games Without Side Payments: Some Difficulties with Current Concepts, *Econometrica*, 48, p. 457-465, 1980.

SOUZA, F. C de., RÊGO, L. C. *Dominância Colaborativa: quando fazer ao outro aquilo que você gostaria que ele fizesse a você é racional*. In: XLII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Bento Gonçalves, RS, 2010.

STARMER, C. Experiments in economics: should we trust the dismal scientists in with coats? *Journal of Economic Methodology*, p. 1-30, 1999.

STRAUB, P. Risk Dominance and Coordination Failures in Static Games. *Quarterly Review of Economics and Finance*, vol. 35, p. 339-364.1995.

VAN HUYCK, J. B., R. C. Battalio and R. O. Beil. Tacit Coordination Games, Strategic Uncertaint and Coordination Failure. *American Economic Review*, 80, p. 234-248, 1990.

APÊNDICE 1 – QUESTIONÁRIO JOGADOR I

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO – UFPE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – PPGEP

1 - Instruções

1.1 - Introdução

Este questionário é parte de um estudo experimental sobre o comportamento de pessoas em jogos estratégicos 2X2. Você poderá ser pago em dinheiro por sua participação. O que você irá ganhar depende das suas decisões, bem como das decisões dos demais jogadores. Os participantes serão divididos em jogadores do tipo I e jogadores do tipo II. <u>Você será um jogador do tipo I.</u>

1.2 - Descrição geral

Nos três primeiros jogos, você será convidado a escolher uma ação, dentre as possíveis, agindo como se fosse o jogador I jogando com o jogador II, que também terá de escolher uma ação. Saiba que cada escolha envolverá o ganho de pontos. Seu ganho dependerá da sua escolha e das escolhas dos demais jogadores. As escolhas são simultâneas (um jogador não saberá da ação adotada pelo outro), e sem direito a negociação, não sendo permitida a comunicação com os demais participantes.

Nos demais jogos, você será questionado sobre o quanto em pontos você estaria disposto a abrir mão, se fosse necessário, para participar do jogo, sabendo dos seus ganhos possíveis em cada jogo.

1.3 - Representação de um jogo

		Jogador II	
		W	**Z**
Jogador I	**X**	**(400,0)**	**(0,100)**
	Y	**(200,400)**	**(100,200)**

Dado a tabela acima, X e Y são as ações que podem ser tomadas pelo jogador I e W e Z são as ações que podem ser tomadas pelo jogador II. Os valores dentro da tabela do tipo (a,b) correspondem aos ganhos dos jogadores, onde “a” corresponde ao ganho do jogador I e “b” ao ganho do jogador II. Assim, tem-se que:

- Se o jogador I escolhe X e o jogador II escolhe W, o jogador I ganhará 400 pontos e o jogador II ganhará 0(zero) pontos.

- Se o jogador I escolhe X e o jogador II escolher Z, o jogador I ganhará 0(zero) pontos e o jogador II ganhará 100 pontos.
- Se o jogador I escolhe Y e o jogador II escolher W, o jogador I ganhará 200 pontos e o jogador II ganhará 400 pontos.
- Se o jogador I escolhe Y e o jogador II escolher Z, o jogador I ganhará 100 pontos e o jogador II ganhará 200 pontos.

Seu objetivo é maximizar seus ganhos em pontos. Lembre-se sempre que o ganho de um jogador depende da ação tomada pelo outro jogador.

1.4 - Seu ganho

Ao final do experimento, realizar-se-á uma análise das pontuações de todos os participantes. Serão premiados os participantes do tipo I e do tipo II que obtiverem melhor desempenho quando comparados com o desempenho de todos os participantes do seu próprio tipo. O desempenho de um participante será calculado considerando as suas escolhas e as escolhas médias dos participantes que tiverem tipo diferente do tipo do participante. O valor a ser pago será de R$ 150,00 para o melhor participante de cada de tipo. Se houver empate, o valor será igualmente dividido entre os participantes do mesmo tipo que obtiverem maior pontuação.

<u>Ao final do questionário, informe seu nome e dados de contato. Esses dados serão privados e só serão utilizados para que você possa ser localizado em caso de ser um dos ganhadores</u>

2 - Questionário

Jogo 1 - Assuma o papel do jogador I.

		Jogador II	
		W	**Z**
Jogador I	**X**	**(400,0)**	**(0,100)**
	Y	**(200,400)**	**(100,200)**

a) Se você tivesse que jogar esse jogo 15 vezes, quantas vezes você adotaria a estratégia X? _______________

b) Quantas vezes você acredita que o jogador II adotaria a estratégia W se tivesse que jogar esse jogo 15 vezes?_______________

Jogo 2 - Assuma o papel do jogador I.

		Jogador II	
		W	**Z**
Jogador I	**X**	**(600,0)**	**(0,100)**
	Y	**(200,400)**	**(100,200)**

a) Se você tivesse que jogar esse jogo 15 vezes, quantas vezes você adotaria a estratégia X? _______________

b) Quantas vezes você acredita que o jogador II adotaria a estratégia W se tivesse que jogar esse jogo 15 vezes?_______________

Jogo 3 - Assuma o papel do jogador I.

		Jogador II	
		W	**Z**
Jogador I	**X**	**(400,0)**	**(0,100)**
	Y	**(200,600)**	**(100,200)**

a) Se você tivesse que jogar esse jogo 15 vezes, quantas vezes você adotaria a estratégia X? _______________

b) Quantas vezes você acredita que o jogador II adotaria a estratégia W se tivesse que jogar esse jogo 15 vezes?_______________

Jogo 4 - Assuma o papel do jogador I.

		Jogador II	
		W	**Z**
Jogador I	**X**	**(400 – C, 0)**	**(0 - C, 100)**
	Y	**(200 – C, 400)**	**(100 - C, 200)**

a) Suponha que você tem que escolher se participa ou não do jogo acima. Caso decida não participar, você receberá 0 pontos, e se decidir participar receberá o resultado do jogo. Supondo que você quer maximizar o seu ganho em pontos, qual seria o maior valor de **C** para o qual você aceitaria participar desse jogo? ______

Jogo 5 - Assuma o papel do jogador I.

		Jogador II	
		W	**Z**
Jogador I	**X**	**(600 – C, 0)**	**(0 - C, 100)**
	Y	**(200 – C, 400)**	**(100 - C, 200)**

a) Suponha que você tem que escolher se participa ou não do jogo acima. Caso decida não participar, você receberá 0 pontos, e se decidir participar receberá o resultado do jogo. Supondo que você quer maximizar o seu ganho em pontos, qual seria o maior valor de **C** para o qual você aceitaria participar desse jogo? ______

Jogo 6 - Assuma o papel do jogador I.

		Jogador II	
		W	**Z**
Jogador I	**X**	**(400 – C, 0)**	**(0 - C, 100)**
	Y	**(200 – C, 600)**	**(100 - C, 200)**

a) Suponha que você tem que escolher se participa ou não do jogo acima. Caso decida não participar, você receberá 0 pontos, e se decidir participar receberá o resultado do jogo. Supondo que você quer maximizar o seu ganho em pontos, qual seria o maior valor de **C** para o qual você aceitaria participar desse jogo? ______

3 - Informações Adicionais

Sexo: ___ Masculino ___ Feminino

Grau de Instrução: ___ Superior Incompleto ___ Mestrado Incompleto
___ Superior Completo ___ Mestrado Completo
___ Especialização Incompleta ___ Doutorado Incompleto
___ Especialização Completa ___ Doutorado Completo
Em qual curso? ____

Religião: ____ Católica ____ Evangélico ____ Espírita
____ Judeu ____ Ateu/Agnóstico ____ Outros

Renda Familiar (Valor Bruto recebido por todas as pessoas da sua família que residem com você.): ____ Até 4 Salários mínimos ____ Entre 4 e 10 Salários mínimos
____ Entre 10 e 20 Salários mínimos ____ Mais de 20 Salários mínimos

Conhecimento em Teoria dos Jogos: ____ Já fez um curso ____ Já teve algumas aulas
____ Já leu a respeito ____ Nunca leu nada a respeito

4 - Dados de contato

Nome: ____

E-mail/ Telefone: ____

APÊNDICE 2 – QUESTIONÁRIO JOGADOR II

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO – UFPE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – PPGEP

1 - Instruções

1.1 - Introdução

Este questionário é parte de um estudo experimental sobre o comportamento de pessoas em jogos estratégicos 2X2. Você poderá ser pago em dinheiro por sua participação. O que você irá ganhar depende das suas decisões, bem como das decisões dos demais jogadores. Os participantes serão divididos em jogadores do tipo I e jogadores do tipo II. Você será um jogador do tipo II.

1.2 - Descrição geral

Nos três primeiros jogos, você será convidado a escolher uma ação, dentre as possíveis, agindo como se fosse o jogador I jogando com o jogador II, que também terá de escolher uma ação. Saiba que cada escolha envolverá o ganho de pontos. Seu ganho dependerá da sua escolha e das escolhas dos demais jogadores. As escolhas são simultâneas (um jogador não saberá da ação adotada pelo outro), e sem direito a negociação, não sendo permitida a comunicação com os demais participantes.

Nos demais jogos, você será questionado sobre o quanto em pontos você estaria disposto a abrir mão, se fosse necessário, para participar do jogo, sabendo dos seus ganhos possíveis em cada jogo.

1.3 - Representação de um jogo

		Jogador II	
		W	**Z**
Jogador I	**X**	**(400,0)**	**(0,100)**
	Y	**(200,400)**	**(100,200)**

Dado a tabela acima, X e Y são as ações que podem ser tomadas pelo jogador I e W e Z são as ações que podem ser tomadas pelo jogador II. Os valores dentro da tabela do tipo (a,b) correspondem aos ganhos dos jogadores, onde “a” corresponde ao ganho do jogador I e “b” ao ganho do jogador II. Assim, tem-se que:

- Se o jogador I escolhe X e o jogador II escolhe W, o jogador I ganhará 400 pontos e o jogador II ganhará 0(zero) pontos.

- Se o jogador I escolhe X e o jogador II escolher Z, o jogador I ganhará 0(zero) pontos e o jogador II ganhará 100 pontos.
- Se o jogador I escolhe Y e o jogador II escolher W, o jogador I ganhará 200 pontos e o jogador II ganhará 400 pontos.
- Se o jogador I escolhe Y e o jogador II escolher Z, o jogador I ganhará 100 pontos e o jogador II ganhará 200 pontos.

Seu objetivo é maximizar seus ganhos em pontos. Lembre-se sempre que o ganho de um jogador depende da ação tomada pelo outro jogador.

1.4 - Seu ganho

Ao final do experimento, realizar-se-á uma análise das pontuações de todos os participantes. Serão premiados os participantes do tipo I e do tipo II que obtiverem melhor desempenho quando comparados com o desempenho de todos os participantes do seu próprio tipo. O desempenho de um participante será calculado considerando as suas escolhas e as escolhas médias dos participantes que tiverem tipo diferente do tipo do participante. O valor a ser pago será de R$ 150,00 para o melhor participante de cada de tipo. Se houver empate, o valor será igualmente dividido entre os participantes do mesmo tipo que obtiverem maior pontuação.

<u>Ao final do questionário, informe seu nome e dados de contato. Esses dados serão privados e só serão utilizados para que você possa ser localizado em caso de ser um dos ganhadores</u>

2 - Questionário

Jogo 1 - Assuma o papel do jogador II.

		Jogador II	
		W	**Z**
Jogador I	**X**	**(400,0)**	**(0,100)**
	Y	**(200,400)**	**(100,200)**

a) Se você tivesse que jogar esse jogo 15 vezes, quantas vezes você adotaria a estratégia W? _______________

b) Quantas vezes você acredita que o jogador I adotaria a estratégia X se tivesse que jogar esse jogo 15 vezes?_______________

Jogo 2 - Assuma o papel do jogador II.

		Jogador II	
		W	**Z**
Jogador I	**X**	**(600,0)**	**(0,100)**
	Y	**(200,400)**	**(100,200)**

a) Se você tivesse que jogar esse jogo 15 vezes, quantas vezes você adotaria a estratégia W? ______________

b) Quantas vezes você acredita que o jogador I adotaria a estratégia X se tivesse que jogar esse jogo 15 vezes?______________

Jogo 3 - Assuma o papel do jogador II.

		Jogador II	
		W	**Z**
Jogador I	**X**	**(400,0)**	**(0,100)**
	Y	**(200,600)**	**(100,200)**

a) Se você tivesse que jogar esse jogo 15 vezes, quantas vezes você adotaria a estratégia W? ______________

b) Quantas vezes você acredita que o jogador I adotaria a estratégia X se tivesse que jogar esse jogo 15 vezes?______________

Jogo 4 - Assuma o papel do jogador II.

		Jogador II	
		W	**Z**
Jogador I	**X**	**(400, 0 – C)**	**(0, 100 – C)**
	Y	**(200, 400 – C)**	**(100, 200 – C)**

a) Suponha que você tem que escolher se participa ou não do jogo acima. Caso decida não participar, você receberá 0 pontos, e se decidir participar receberá o resultado do jogo. Supondo que você quer maximizar o seu ganho em pontos, qual seria o maior valor de **C** para o qual você aceitaria participar desse jogo? ______

Jogo 5 - Assuma o papel do jogador II.

		Jogador II	
		W	**Z**
Jogador I	**X**	**(600, 0 – C)**	**(0, 100 – C)**
	Y	**(200, 400 – C)**	**(100, 200 – C)**

a) Suponha que você tem que escolher se participa ou não do jogo acima. Caso decida não participar, você receberá 0 pontos, e se decidir participar receberá o resultado do jogo. Supondo que você quer maximizar o seu ganho em pontos, qual seria o maior valor de **C** para o qual você aceitaria participar desse jogo? ______

Jogo 6 - Assuma o papel do jogador I.

		Jogador II	
		W	**Z**
Jogador I	**X**	**(400, 0 – C)**	**(0, 100 – C)**
	Y	**(200, 600 – C)**	**(100, 200 – C)**

a) Suponha que você tem que escolher se participa ou não do jogo acima. Caso decida não participar, você receberá 0 pontos, e se decidir participar receberá o resultado do jogo. Supondo que você quer maximizar o seu ganho em pontos, qual seria o maior valor de **C** para o qual você aceitaria participar desse jogo? ______

3 - Informações Adicionais

Sexo: ___ Masculino ___ Feminino

Grau de Instrução: ___ Superior Incompleto ___ Mestrado Incompleto
___ Superior Completo ___ Mestrado Completo
___ Especialização Incompleta ___ Doutorado Incompleto
___ Especialização Completa ___ Doutorado Completo
Em qual curso? ____

Religião: ____ Católica ____ Evangélico ____ Espírita
____ Judeu ____ Ateu/Agnóstico ____ Outros

Renda Familiar (Valor Bruto recebido por todas as pessoas da sua família que residem com você.): ____ Até 4 Salários mínimos ____ Entre 4 e 10 Salários mínimos
____ Entre 10 e 20 Salários mínimos ____ Mais de 20 Salários mínimos

Conhecimento em Teoria dos Jogos: __ Já fez um curso ___ Já teve algumas aulas
__ Já leu a respeito ___ Nunca leu nada a respeito

4 - Dados de contato

Nome: ____

E-mail/ Telefone: ____