UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO, ATUÁRIA, CONTABILIDADE
DEPARTAMENTO DE TEORIA ECONÔMICA
CURSO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS

HELIO DE OLIVEIRA SANTOS

TEORIA DOS JOGOS: ANÁLISE E ENSINO DOS ASPECTOS DO PROCESSO DE DECISÃO

FORTALEZA
2016

HELIO DE OLIVEIRA SANTOS

TEORIA DOS JOGOS: ANÁLISE E ENSINO DOS ASPECTOS DO PROCESSO DE DECISÃO

Monografia apresentada à Faculdade de Economia, Administração, Atuária, Contabilidade e Secretariado Executivo, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: Professorª Dr.ª Eveline Barbosa Silva Carvalho

FORTALEZA

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S235t Santos, Helio de Oliveira.
Teoria dos Jogos : Análise e Ensino dos Aspectos do Processo de Decisão / Helio de Oliveira Santos. – 2016.
68 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade, Curso de Ciências Econômicas, Fortaleza, 2016.
Orientação: Profa. Dra. Eveline Barbosa Silva Carvalho.

1. Teoria dos Jogos. 2. Tomada de decisão. 3. Método de ensino. I. Título.

CDD 330

HELIO DE OLIVEIRA SANTOS

TEORIA DOS JOGOS: ANÁLISE E ENSINO DOS ASPECTOS DO PROCESSO DE DECISÃO

Monografia apresentada à Faculdade de Economia, Administração, Atuária, Contabilidade e Secretariado Executivo, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Ciências Econômicas.

Data de aprovação: _____/_____/_____.

BANCA EXAMINADORA

____

Profª Dr.ª Eveline Barbosa Silva Carvalho (Orientador)

Universidade Federal do Ceará (UFC)

____

Prof º. Dr. José Henrique Félix Silva

Universidade Federal do Ceará (UFC)

____

Técnico Ms. José César Pontes Moreira

Universidade Federal do Ceará (UFC)

A lembrança de minha avó Teresinha de Jesus.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que possibilitou a realização desse trabalho colocando as dúvidas certa em minha mente e me guiando até as respostas.

À minha família, em especial a dona Maria minha mãe que sempre me incentivou e aos meus irmão Heloi e Helton.

À Profª Dr.ª Eveline Barbosa Silva Carvalho, por acreditar no projeto e pela orientação nos últimos anos.

Aos examinadores Prof º. Dr. José Henrique Félix Silva e Técnico Ms. José César Pontes Moreira que além de avaliar o trabalho, são referências como bons profissionais.

Às amizades que firmei ao longo do curso, em especial aos colegas Thales Rocha, Evailton Lima e Izabel Monteiro pelo apoio, reflexões, críticas e sugestões recebidas.

Aos colegas de trabalho da COOTRAPS, Banco Palmas, SEFIN e Pro-Reitoria de Extensão cujas amizades são muito importantes para mim.

“Não é bom proceder sem refletir, e peca quem age precipitadamente.” Prov. 19.2

RESUMO

Esta monografia mostra como um experimento de tomada de decisão a priori do ensino da Teoria dos Jogos pode incentivar o interesse e o aprendizado dessa teoria. Para tanto, foram realizadas simulações de disputas empresariais em turmas de diversos tamanhos do curso de Economia da Universidade Federal do Ceará. Participaram do experimento 98 alunos entre eles, 61 homens e 37 mulheres. Neste contexto, os estudantes travam uma disputa com um colega de sala, onde os resultados de ambos os jogadores dependem não só das suas próprias ações, como também das decisões do adversário. As simulações são compostas de diversas rodadas que seguem situações bem conhecidas na teoria dos jogos, tendo como incentivo algumas premiações. Dessa forma os alunos são impelidos a formular as próprias táticas para obter o melhor resultado a fim de se alcançar o maior prêmio. Os resultados individuais das decisões são expostos a toda a sala antes do início de outra rodada. O aprendizado se dá inicialmente pelo método clássico de tentativa e erro. Após a análise dos resultados das simulações em sala de aula, os alunos são apresentados à teoria e técnicas convencionais desenvolvidas nos meios acadêmicos. Os resultados do experimento analisados através de um modelo de escolha qualitativa conhecido como logit, revelaram que a maioria dos jogadores se comportou como descrito em teoria e que a fim de alcançar melhores resultados adotaram práticas convergentes com as descritas nos meios acadêmicos. Fato que demonstra que as simulações foram eficientes para despertar o interesse dos alunos nos estudos de jogos.

Palavras-chave: Teoria dos jogos, Tomada de decisão, Método de ensino.

ABSTRACT

This monograph shows how a decision making experiment can encourage the learning of the game theory. The experiment consisted of business disputes simulations on different classes of the Universidade Federal do Ceará (UFC). 98 students participated on the experiment, 61 men and 37 women. On the experiment the students disputes a game with a classmate, where the results of both players depends, not only of their own actions, but also on the opponent decisions, as stated by the game theory. The simulations are made in multiple rounds following well known situations of the game theory, having a few awards as an encouragement. The students are impelled to formulate their own tactics in order to obtain the best result and the best prize. The individual results are exposed to the whole class before the start of another round. Initially, the learning is made by the classical method of trial and error. After an analysis of the simulations results, theory and conventional techniques, developed in the academy, are presented to the students. The experiment results, analysed with a qualitative choice model known as logit, revealed that most of the players behaved as described in the theory, and in order to reach better results, adopted practices that converges with what is described in academic theory. This fact demonstrates that the simulations were effective in raising the students interest in games studies.

Key-words: Game theory, Decision making, Teaching method.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE TABELAS

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO

A tomada de decisão tem intrigado a humanidade desde tempos remotos. Surgem sempre que os indivíduos são impelidos a agir de alguma forma para atender suas necessidades em meio à escassez de recursos e a presença de outros indivíduos que podem influenciar o resultado de suas ações.

O desenvolvimento enfrentado pela sociedade e o desejo contínuo do homem de alcançar mais elevados patamares de bem estar, tornou a arte de decidir um tema recorrente nos círculos intelectuais ao redor do mundo em diferentes épocas. Autores como Sun Tzu (século III a.C), Nicolau Maquiavel (1513), Miyamoto Musashi (1645) escreveram sobre como tomar decisões de maneiras eficientes em diversas áreas como política, estratégia militar e economia na tentativa de criar “manuais de auxílio” à tomada de decisão. Mas a sistematização da tomada de decisão só se tornou palpável em meados dos anos 1930, quando surgiram, através dos trabalhos de Von Neumann, os primeiros estudos sobre o proeminente ramo da matemática chamado de Teoria dos Jogos, que revolucionou a arte da tomada de decisão.

A Teoria dos Jogos é um compilado de técnicas matemáticas, utilizadas para auxiliar a análise de fenômenos de caráter decisórios. Esse tipo de estudo visa não ofertar uma resposta rígida para todos os problemas e sim oferecer ferramentas de análise a serem utilizadas para identificar detalhes essenciais à boa tomada de decisão como as possíveis escolhas dos agentes e suas respectivas consequências.

Desde o seu surgimento, a Teoria dos Jogos tem sido vastamente aplicada nas mais diversas áreas da ciência como a Política, Estratégia Militar, Esportes, Biologia, Filosofia, Computação, mas suas contribuições mais relevantes foram para as Ciências Econômicas onde tem se tornado essencial e amplamente empregada para esclarecer aspectos significativos da sociedade como o comportamento concorrencial ou cooperativo entre empresas, governos ou pessoas. Assim tem se tornado cada vez mais um indispensável instrumento para profissionais que lidam com interesses conflitantes em meio a recursos escassos como os economistas. Os grandes arquitetos da teoria frequentemente utilizam-se de alegorias para identificar e classificar “tipos” de jogos que apresentam diferentes características como o conhecido “dilema do prisioneiro”, ou a “a guerra dos sexos”, “caça ao cervo” e seu estudo não raramente requer grande capacidade de abstração do estudante, sendo este compelido a criar mentalmente os diversos ambientes decisórios.

Apesar de sua importância, não é difícil observar entre os alunos certo desinteresse causado pela dificuldade verificar a aplicabilidade do conteúdo exposto em sala de aula ou mesmo dificuldade em visualizar situações definidas nas teorias apresentadas. Outros não compreendem como interações tão complexas como disputas empresariais são representadas em modelos simplificados, acarretando o não aprendizado e consequentemente a não utilização posterior da teoria pelos profissionais no mercado. Um dos alvos mais frequentes das críticas à teoria é hipótese da racionalidade que “exclui” a influência das emoções no processo de decisão. Detalhe também frequente entre as dúvidas dos alunos.

Partindo do pressuposto de que a experiência tem grande valor no processo de aprendizado e que uso de simulações pode aumentar o interesse dos alunos nos estudos de jogos melhorando a captação do ensino, o presente trabalho pretende avaliar a aplicabilidade do conhecimento em teoria dos jogos confrontando o desempenho dos alunos em simulações de disputas empresariais elaboradas a partir do conteúdo de teoria dos jogos com os resultados previstos pela teoria. Pretende-se ainda verificar os efeitos das emoções sobre o processo de tomada de decisão e se são suficientes para anular a hipótese da racionalidade.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aspectos históricos: Origem da Teoria dos Jogos

O estudo da tomada de decisão foi evitado pelos economistas até meados dos anos 1930, devido à dificuldade em abordar e mensurar as motivações humanas. A teoria em vigor até então, afirmava que todos os compradores e vendedores seriam insignificantes frente ao tamanho do mercado, fato que impedia que decisões isoladas de um indivíduo tivessem influência sobre os resultados de outros. Desse modo, ninguém poderia controlar os preços pagos nos produtos ou o valor dos salários pagos a trabalhadores. Outras hipóteses como acesso irrestrito a informação e ausência de qualquer tipo de barreiras à entrada nos mercados, seja financeira ou tecnológica, garantia o livre acesso de novos agentes a esses mercados, descartando qualquer tipo de interação estratégica entre empresas. Apesar de vigorar por muito tempo, esse conjunto de axiomas sobre a economia conhecido como Modelo de Competição Perfeita mostrou-se incompleto, pois a não existência de influência mútua entre os agentes no modelo muitas vezes tornava impossível a análise de fenômenos econômicos comuns como a formação de sindicatos e associações entre empresas.

Segundo Fiani (2006) os primeiros trabalhos sobre teoria dos jogos estão relacionados aos estudos do matemático húngaro John Von Neumann (1903-1957) que teve seu primeiro trabalho sobre o assunto publicado no ano de 1928. Von Neumann propunha uma solução matemática para um problema conhecido como “jogo de soma zero”[1]. Em 1944 em parceria com o economista alemão Oskar Morgenstern (1902-1977), publicou a análise desse tipo de jogo no livro *The Theory of Games and Economic Behavior*. Na obra afirmaram que diversas partes do sistema econômico eram dominadas por um número reduzido de agentes como empresas de grande porte, sindicatos ou o governo.

Ao analisar “jogos de soma zero” em etapas sucessivas, eles definiram a representação de jogos em sua forma extensiva. Também conseguiram identificar situações em que há cooperação entre os jogadores. A obra foi uma tentativa de

---

[1] Situação em que o ganho de um dos jogadores representa uma perda de igual valor aos outros.

sistematizar o comportamento estratégico das pessoas em qualquer ocasião; estudo que passou a ser conhecido como teoria dos jogos.

Embora a obra tenha sido de fundamental importância, o uso de jogos de soma zero apresentava limitações em decisões que envolviam um grande número de interações entre indivíduos.

Essas limitações seriam superadas no início dos anos 1950 por John Nash (1928), um matemático americano premiado com o Nobel de economia em 1994. Em seu artigo de 1951, "*Non-Cooperative Games*", Nash definiu, através da análise de jogos em que os jogadores tomam decisões simultâneas sem qualquer tipo de informação sobre o adversário, uma ferramenta teórica que permite analisar uma variedade maior de modelos de interação estratégica. Descobriu um estado de equilíbrio no qual os participantes do jogo, a fim de obter o melhor resultado possível, não mudam de escolha devido à presunção de que as atitudes dos adversários, também a procura de maior ganho, podem lhes causar perdas. Para Nash, em tal situação nenhum dos jogadores quer mudar de atitude. Estado que ficou conhecido como “Equilíbrio de Nash”. A partir de então houve um grande florescimento da teoria dos jogos em diversas áreas da ciência além da economia.

Apesar do enorme avanço, a teoria ainda apresentava limitações quando se tratava de jogos onde alguns jogadores dispõem de informações privilegiadas em relação aos demais.

A análise de situações onde há assimetria de informações foi a principal contribuição do economista húngaro John C. Harsanyi (1920-2000) para o advento da teoria, estendendo o modelo de equilíbrio de Nash para o que viria a ser conhecido como “modelo de informação incompleta”.

A noção de equilíbrio ainda foi refinada pelo matemático e economista alemão Reinhard Selten (1930), em artigo publicado em 1965. A nova versão de equilíbrio, conhecida como "equilíbrio perfeito em subjogos", tratava da melhor escolha considerando todos os possíveis desdobramentos em jogos com diversas rodadas. O estudo possibilitou avaliar a veracidade de acordos e ameaças em jogos sequenciais onde há possibilidade de negociação entre os jogadores.

Essas foram as contribuições mais importantes para o conhecimento dos jogos, no entanto as pesquisas continuam até os dias de hoje alcançando diversos ramos da ciência.

2.2 Processo de tomada de decisão

A tomada de decisão está continuamente presente na vida humana. Segundo Rocha (2011) os seres humanos se deparam com uma situação de escolha sempre que são impelidos a satisfazer necessidades a fim de alcançar um objetivo.

> Sobreviver requer, entre outras, a necessidade de se alimentar. Reproduzir requer, entre outras, a necessidade de encontrar um parceiro. Viver é, portanto, um processo contínuo de satisfação de necessidades geradas pelos objetivos, o que requer a implementação de ações adequadas para tal fim. (ROCHA, 2011, p. 3)

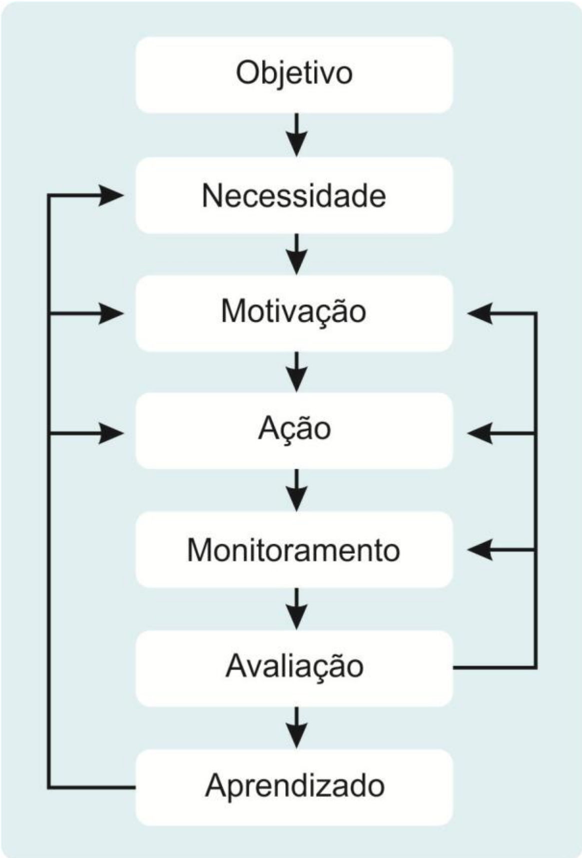
As necessidades produzidas por restrições impostas pelo ambiente ao alcance dos objetivos promovem a motivação para executar ações.

Observando o comportamento de um agente isolado, pode-se perceber que escolha da ação adequada pode ser simples quando há um reduzido número de opções de ações e se torna mais complexa à medida que aumenta o número de opções de ações alternativas para satisfação da necessidade. O ajustamento da ação depende do conhecimento prévio acerca dos benefícios e riscos esperados e do custo da efetivação de cada uma das possíveis ações. Feita a seleção da maneira aparentemente mais eficaz de agir, é preciso monitorar sua execução e os desdobramentos resultantes da decisão, ajustando sempre que necessário e tentando maximizar os benefícios e minimizar custos e riscos. Após o termino da ação, há uma avaliação dos resultados comparando os benefícios, riscos e custos obtidos com os almejados.

O aprendizado adquirido a partir do sucesso ou não da ação em suprir a necessidade pode surgir como novo conhecimento ou como atualização de conhecimentos adquiridos em atuações anteriores e deve ser utilizado em futuras decisões. Esse novo conhecimento vem da avaliação de todos os custos e riscos envolvidos na execução da ação e os benefícios obtidos.

De acordo com Rocha (2011) as ações depois de avaliadas podem ser classificadas em dois grupos: Conjunto de Ações Satisfatórias, onde estão presentes as atuações que geraram melhor relação entre benefício, custo e risco e o Conjunto de Ações Não Satisfatórias, onde estão as ações de pior resultado. Conforme mencionado, esse conhecimento deve ser utilizado quando surgir uma decisão similar à feita anteriormente. A Figura 1 retrata o processo de tomada de decisão descrito por Rocha (2011).

Figura 1 - Processo de tomada de decisão



Fonte: Livro Neuroeconomia e processos decisórios (2011)

2.3 Conceito de Racionalidade Humana

Grande parte dos modelos econômicos partem do pressuposto básico de que as pessoas são racionais e essencialmente egoístas. A hipótese da racionalidade econômica pressupõe que os agentes econômicos tomam suas decisões de forma a maximizar seus ganhos a partir de cálculos ponderados sobre custos e benefícios esperados de suas escolhas independente do impacto que isso possa causar no resultado alheio.

O primeiro pensador a escrever sobre a natureza interesseira humana foi Adam Smith (1723 - 1790) em sua obra “A Riqueza das Nações”, 1776, onde afirma que a interação econômica humana é determinada por interesses pessoais.

> O homem, entretanto, tem necessidade quase constante da ajuda dos semelhantes, e é inútil esperar esta ajuda simplesmente da benevolência

> alheia. Ele terá maior probabilidade de obter o que quer, se conseguir interessar a seu favor a autoestima dos outros, mostrando-lhes que é vantajoso para eles fazer-lhe ou dar-lhe aquilo de que ele precisa. É isto o que faz toda pessoa que propõe um negócio a outra. Dê-me aquilo que eu quero, e você terá isto aqui, que você quer — esse é o significado de qualquer oferta desse tipo; e é dessa forma que obtemos uns dos outros a grande maioria dos serviços de que necessitamos. Não é da benevolência do açougueiro, do cervejeiro ou do padeiro que esperamos nosso jantar, mas da consideração que eles têm pelo seu próprio interesse. Dirigimo-nos não à sua humanidade, mas à sua autoestima, e nunca lhes falamos das nossas próprias necessidades, mas das vantagens que advirão para eles. (SMITH, 1716, v. 1, p. 74)

A ideia foi maturada pelo filósofo britânico John Stuart Mill (1806 - 1873). Segundo Mill, as pessoas desejam alcançar o maior patamar possível de riqueza (não necessariamente dinheiro) despendendo ao mesmo tempo o mínimo esforço possível para atingir essas metas.

Assim, surge o conceito conhecido como “Homo Economicus” que supõe que todo indivíduo adote decisões que maximizem seu bem-estar, optando por aquilo que lhe oferece maior utilidade (satisfação) com o menor esforço possível.

Atualmente o conceito do “Homo Economicus” que toma decisões econômicas e sociais analisando custo e benefício é conhecido como Teoria da Escolha Racional. Essa teoria parte do pressuposto que os agentes econômicos raciocinam de maneira racional e tem livre acesso à mesma informação.

Contudo, diversos autores criticam o conceito. O economista e sociólogo americano Thorstein Veblen (1857 - 1929) discorda das afirmativas de que todo comportamento humano é racionalmente orientado e que o todo homem tem a habilidade de calcular os ganhos e as perdas associadas às diferentes alternativas ao seu alcance. O argumento utilizado para discordar se baseia no fato da hipótese da racionalidade ignorar o fato de que quase sempre as pessoas decidem com base apenas nos hábitos, experiências anteriores, tradição, religiosidade ou mesmo nas emoções. Por exemplo, o fato de muitas pessoas, por motivos religiosos, não consumirem carne vermelha durante determinado período do ano (Quaresma), faz com que nessa ocasião, os preços das carnes despenquem enquanto os preços dos peixes subam. Do ponto de vista da teoria da escolha racional, não seria possível essa diferença de preços, pois um pequeno incremento no preço do peixe deveria diminuir a demanda por peixe e aumentar a preferência por carne até que os preços se ajustassem. Mas não é isso o que ocorre. A demanda extraordinária por peixe só cessa quando termina o período. Veblen ainda afirma que as instituições presentes em determinada sociedade podem influenciar as escolhas dos indivíduos.

Apesar da imprecisão do conceito do "Homo economicus", ele tem sido muito útil em análises de comportamento de diversos tipos de agentes econômicos e é muito utilizado pelos economistas atuais.

> Cada Ciência Social analisa parcialmente o real, a partir de certos termos de referência e segundo determinado esquema de interpretação. Ou, como escreve Marc Bloch em Apologie pour l'histoire ou métier d'historien, a ciência decompõe o real apenas para observá-lo melhor. Homo religiosus, homo economicus, homo politicus e outros mais são fantasmas úteis, desde que não se tomem incômodos. O homem, único ser de carne e osso, reúne todos eles ao mesmo tempo. (PINHO, 1996, pg 596, apud MARQUES,1996)

2.4 O Papel das emoções no processo decisório

A dificuldade de mensurar as reações emocionais humanas conduziu a ciência econômica a consagrar a hipótese do agente racional como melhor explicação plausível sobre o comportamento humano, o que acarretou uma dicotomia entre o pensamento racional e o emocional, que são considerados antagônicos como as faces de uma moeda.

> Algumas vezes simplesmente não agimos de forma racional. Isso pode acontecer, em primeiro lugar, porque nossas emoções impedem que avaliemos as consequências de um ato em relação aos nossos objetivos. Isso resulta do fato de que algumas vezes padrões inconscientes de comportamento se impõem sobre a nossa capacidade de escolha deliberada, resultando naquilo que, em linguagem corrente, definimos como agir "sem pensar". "Sem pensar", aqui, significa não cumprir o requisito racional de levantamento de informações, para avaliar a hipótese original sobre a melhor maneira de atingir nossos objetivos.
> (FIANI, 2006, p. 10)

O pressuposto de que o emocional é irracional apresenta debilidades quanto à previsão de efeitos resultantes de reações emocionais. Contudo, os avanços experimentados pela neurociência no mapeamento e monitoramento de reações cerebrais já permitem a "medição" das reações emocionais dos seres humanos em diversas situações, inclusive na tomada de decisão, criando novos campos de estudos, entre os quais está a Neuroeconomia.

A Neuroeconomia é o estudo da função cerebral como meio de examinar e complementar os modelos teóricos sobre o comportamento econômico. O novo ramo possibilitou a introdução das emoções na análise do processo de decisão, o que tornou a análise um tanto mais complexa, contudo mais abrangente, pois permite analisar soluções que são tomadas não somente maximizando os ganhos do ponto de vista da teoria da escolha racional. Para a Neuroeconomia as emoções além de direcionar o indivíduo a executar ações que garantam a manutenção da homeostase[2] orgânica e emocional, são um método eficaz de avaliação de satisfação.

> As emoções de um indivíduo são as ferramentas essenciais à identificação de suas necessidades, pois geram as motivações para agir e avaliar a adequar das possíveis ações para promover sua homeostase[3] orgânica e emocional. Assim, por exemplo, para sobreviver precisamos de nutrientes ou alimentos. Essa necessidade é avaliada por aquilo que denominamos fome, e a sua satisfação, por aquilo que chamamos de saciedade. A fome é quantificada por uma sensação de desprazer que nos motiva a buscar uma quantidade proporcional de alimentos, que é, por sua vez, quantificada pelo benefício ou recompensa esperada por meio de uma sensação de prazer. Se ingerirmos menos alimentos do que o necessário, a sensação de desprazer gerada pela fome persiste; caso contrário essa sensação de fome é substituída por uma sensação de saciedade associada a um grau de prazer que é função tanto da quantidade quanto da qualidade da comida ingerida. (ROCHA, 2011 pg. 4)

A nova linha de pensamento afirma que a seleção da ação a ser executada como também a avaliação de satisfação feita após a sua implementação depende não só da relação entre o benefício e o risco esperado, como também do conflito gerado pelas percepções pessoais de risco, benefício e custo do agente tomador da decisão.

De acordo com Rocha (2011), no livro Neuroeconomia e Processos Decisórios, as sensações de facilidade (ou dificuldade) variam de uma pessoa para outra em virtude das diferenças psicológicas. O autor avalia que pessoas propensas ao stress enfrentam maior dificuldade em tomar decisões, diferente de outras mais tolerantes que conseguem se manter calmas mesmo sob pressão. Para ele a dificuldade seria percebida através dos sentimentos de aflição, angústia, frustração enquanto a facilidade seria acompanhada por um sentimento de satisfação, contentamento podendo chegar à euforia.

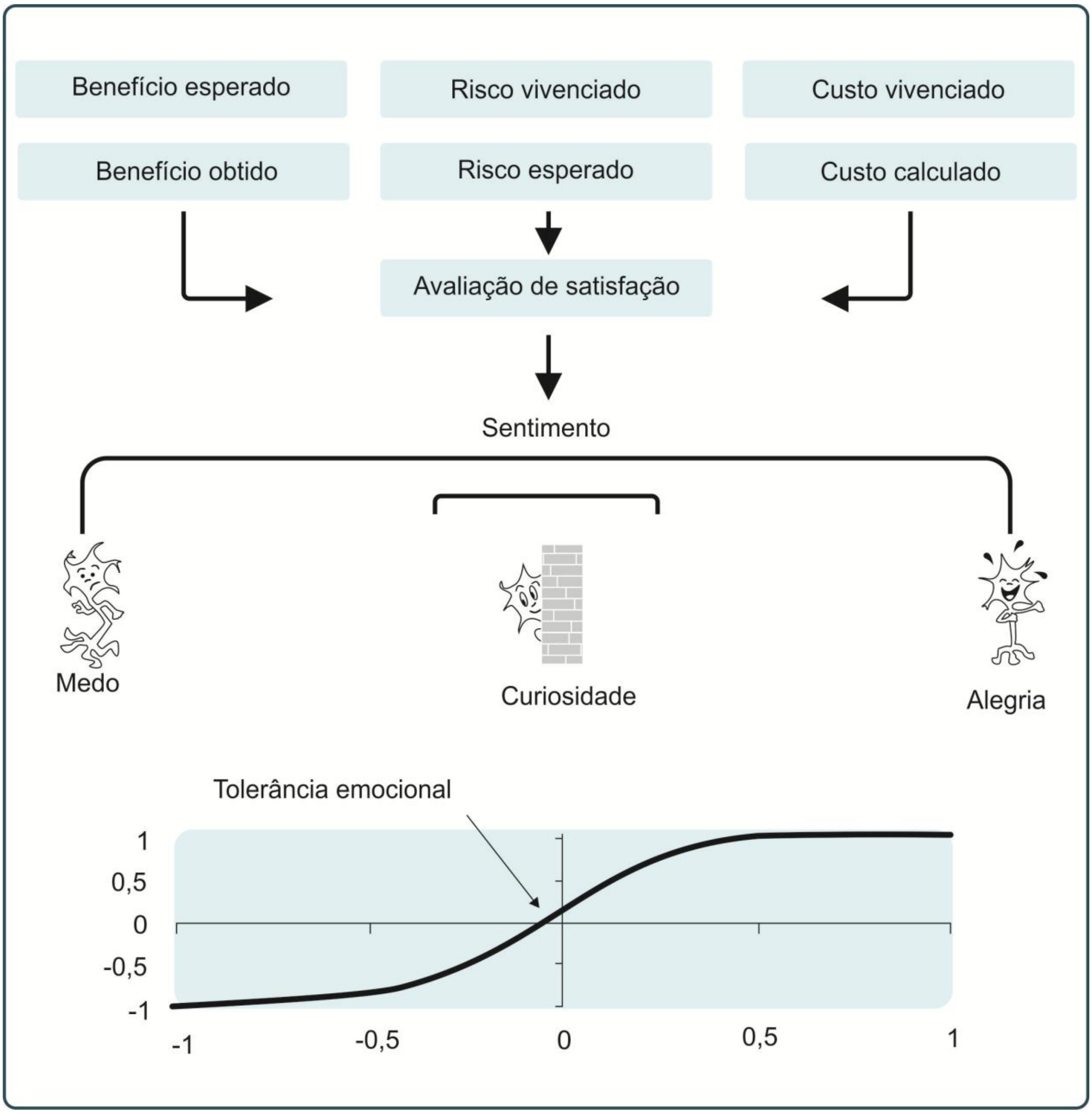
A figura 2 mostra a avaliação de satisfação. O conflito gerado por cada execução ou adequação pode ser medido a partir da relação (risco calculado)/(benefício esperado) e tende a ser maior à medida que a razão

---

[2] Homeostase é a capacidade de o organismo manter-se em uma situação físico-química equilibrada, mesmo diante de mudanças ambientais.

risco/benefício se aproxima de 1. O conflito enfrentado se reflete no esforço cerebral despendido para a realização dos cálculos envolvidos no procedimento. Quando o benefício esperado é muito superior que o risco calculado, ou o contrário, o conflito é pequeno e a decisão de executar ou não a ação se torna fácil exigindo pouco esforço intelectual. Entretanto, quando a razão risco/benefício se aproxima de 1, o conflito aumenta e a decisão se torna gradativamente mais difícil, exigindo um esforço mental maior.

Figura 2 - Avaliação de Satisfação



Fonte: Livro Neuroeconomia e processos decisórios (2011)

A sensação de dificuldade é função do conflito, da tolerância ao estresse e se manifesta no tempo necessário a decisão. Segundo o mesmo autor, as pessoas com maior dificuldade tendem a evitar o problema, retardando ao máximo a tomada de decisão ou a ansiedade pode induzi-las a anteciparem o processo a fim de ficarem livres o mais rápido possível do incômodo causada pelo conflito.

2.5 Jogos e seus elementos

Um jogo nada mais é do que uma representação formal de um processo de interação estratégica entre agentes que tomam suas decisões considerando os possíveis comportamentos dos rivais. Cada jogo apresenta um ambiente de decisão estruturado por regras preestabelecidas usadas para apresentar e examinar a tomada de decisão em uma situação específica.

Os participantes do jogo são chamados de jogadores que podem ser desde indivíduos até grandes organizações como empresas e governos. Os jogadores necessariamente apresentam comportamento estratégico, o que significa dizer que ao tomar decisões consideram o fato de que suas ações repercutem nos resultados dos outros agentes e seus ganhos são afetados pelas ações e reações dos mesmos. Assim decidem de acordo com as expectativas quanto à maneira de agir dos os outros participantes em resposta as suas próprias ações.

A seguir são apresentados alguns exemplos de jogos:

1. Na frente de um cinema há duas bancas de pipoca. Um dos vendedores está insatisfeito com os lucros e decide tomar uma atitude. Ele pode agir de duas formas: aumentar o preço do saquinho de pipoca a fim de obter maior margem de contribuição e consequentemente maior lucro ou pode diminuir o preço para aumentar o número de pacotinhos vendidos e, portanto seu lucro. Ambas as estratégias aumentariam os lucros do comerciante, não fosse por um detalhe: o outro pipoqueiro, que pode tomar as mesmas atitudes, influenciando assim os resultados esperados das ações.

2. No final de uma importante partida de futebol, durante a cobrança de um pênalti, o artilheiro do time beneficiado pelo pênalti deve decide em que lado chutará a bola. Para conseguir o resultado esperado, o jogador deve refletir tanto sobre o

lado no qual decide lançar a bola, como sobre o lado em que o goleiro vai saltar para defendê-la.

3. A maior rede de comércio de eletrodomésticos da capital está decidindo se constrói uma nova loja em uma região interiorana onde ainda não possui nenhuma. Para isso, considerará a capacidade de absorção do mercado onde pretende se instalar, a presença de possíveis concorrentes já situadas na região e a possibilidade de que elas reajam, como por exemplo, baixando preços tornando a margem de lucro para a entrante insuficiente para justificar o investimento.

4. Uma renomada montadora de automóveis de luxo pretende fabricar modelos mais econômicos. Como geralmente há um número reduzido de montadoras com participação expressiva no mercado, a entrada da empresa vai afetar a quantidade de veículos vendidos pelas demais empresas. Ela deverá decidir levando em consideração as possíveis reações das empresas já estabelecidas. As empresas veteranas podem começar uma “guerra de preços”, já que esse mercado em geral é sensível a preço.

5.Um país está cogitando sobre a realização de uma ofensiva em determinada região de um país vizinho. Antes de decidir, deve considerar o poderio militar do país a ser atacado e de seus aliados, suas respectivas capacidades de resposta e as possíveis sanções que sofrerá frente a organismos internacionais. O país ameaçado pode já ter uma contraofensiva preparada mesmo antes de qualquer ataque. A presença de uma resistência armada na região disputada, mesmo que mal equipada, pode elevar drasticamente os custos da investida, tornando-a financeiramente inviável.

Os agentes são conduzidos ao jogo pelo desejo de obter recompensas ou benefícios resultantes de decisões estratégicas. Os resultados das possíveis combinações de escolhas individuais de um participante com as escolhas dos demais jogadores são chamados de *Payoffs*. Para as empresas, os *Payoffs* são os lucros advindos de suas decisões, para compradores o excedente do consumidor[4] e assim por diante. Os *Payoffs* podem ser representados de duas formas denominadas de normal e extensiva.

---

[4] O excedente do consumidor é a diferença entre o “valor” de bem estar proporcionado pela obtenção de um produto e o seu custo de aquisição em termos de bem estar.

2.5.1 *Forma normal*

A forma normal é a maneira mais simples de apresentar os possíveis resultados de um jogo e a mais adequada para representar jogos simultâneos. Ela consiste em uma matriz contendo as recompensas de todas as possíveis combinações das decisões dos jogadores presentes no jogo.

É possível entender melhor voltando ao primeiro exemplo dos pipoqueiros que precisam decidir se praticam preços baixos ou altos. Para tomar a decisão, os comerciantes precisam saber quais são as ações que cada um pode adotar e quais seriam as consequências das várias combinações de ações. Supondo que os vendedores têm apenas duas opções à sua disposição: vender os saquinhos de pipoca a um preço baixo (R$ 2,00) ou praticar um preço alto (R$ 3,00), devendo o preço permanecer durante todo o dia. Supondo ainda que os dois se deparam com funções demanda idênticas, descritas nas equações (1) e (2) e custo fixo de 30. De posse das informações, são calculados os lucros (*Payoffs*) das possíveis combinações.

$$Q_{d1} = 95 - 35P_1 + 20P_2 \tag{1}$$

$$Q_{d2} = 95 - 35P_2 + 20P_1 \tag{2}$$

Onde

Q_{d1} = quantidade demandada do vendedor 1

Q_{d2} = quantidade demandada do vendedor 2

P_1 = preço praticado pelo vendedor 1

P_2 = preço praticado pelo vendedor 2

A primeira combinação se dá caso um dos vendedores decida praticar preço alto (R$ 3,00), e o outro opte por vender a preço baixo (R$ 2,00). A maioria das pessoas vai optar por comprar o saquinho de pipoca mais barato.

$$Q_{preço\ baixo} = 95 - 35.2 + 20.3$$

$$Q_{preço\ baixo} = 85\ unidades$$

Nessa situação, o comerciante que praticar o menor preço vai vender 85 unidades. O vendedor que optou pelo maior preço vai vender 30 unidades.

$$Q_{preço\ alto} = 95 - 35.3 + 20.2$$

$$Q_{preço\ alto} = 30\ unidades$$

Mas o que realmente interessa aos negociantes não são as quantidades vendidas e sim os lucros aferidos. Sabe-se que:

$$L = R - C$$
$$R = Q * P$$
$$L = (Q * P) - C \tag{3}$$

Onde:
L = lucro
R = Receita
C = Custo
Q = quantidade vendida
P = preço do produto

A partir de equação 3:

$$L_{preço\ baixo} = (Q_{preço\ baixo} * P_{baixo}) - C$$
$$L_{preço\ baixo} = (85 * 2) - 40$$
$$L_{preço\ baixo} = R\$\ 130{,}00$$

Logo, nessa conjuntura, o negociante que praticar o menor preço vai obter lucro de 130 reais enquanto o outro que optou pelo maior preço vai alcançar apenas 50 reais de lucro.

$$L_{preço\ alto} = (Q_{preço\ alto} * P_{alto}) - C$$
$$L_{preço\ alto} = (30 * 3) - 40$$
$$L_{preço\ alto} = R\$\ 50{,}00$$

A segunda possibilidade de combinação se dá quando ambos os vendedores decidem praticar preços baixos. Pode-se intuitivamente perceber que os dois comerciantes dividirão o mercado quando praticarem preços iguais, já que suas firmas possuem a mesma curva de demanda. Seguindo a mesma linha de raciocínio é fácil concluir que os dois obterão lucros iguais de 90 reais.

$$Q_{d1} = Q_{d2} = 95 - 35P_{baixo} + 20P_{baixo}$$
$$Q_{preços\ iguais\ e\ baixos} = 95 - 35.2 + 20.2$$
$$Q_{preços\ iguais\ e\ baixos} = \ 65\ unidades$$

$$L_{preços\ iguais\ e\ baixos} = (Q * P_{baixo}) - C$$
$$L_{preços\ iguais\ e\ baixos} = (65 * 2) - 30$$
$$L_{preços\ iguais\ e\ baixos} = R\$\ 90{,}00$$

Na terceira provável combinação os dois comerciantes cobram preços iguais e altos. Assim, continuarão dividindo mercado e embolsando lucros idênticos de 110 reais cada um.

$$Q_{d1} = Q_{d2} = 95 - 35P_{alto} + 20P_{alto}$$
$$Q_{preços\ iguais\ e\ altos} = 95 - 35.2 + 20.2$$
$$Q_{preços\ iguais\ e\ altos} = \ 50\ unidades$$

$$L_{preços\ iguais\ e\ altos} = (Q * P_{baixo}) - C$$
$$L_{preços\ iguais\ e\ altos} = (50 * 3) - 30$$
$$L_{preços\ iguais\ e\ altos} = R\$\ 120{,}00$$

Nesse jogo, a quarta combinação possível é apenas uma inversão da primeira já que tratar-se de um jogo simétrico[5].

---

[5] Ponto 3.6.2 do presente trabalho

Tabela 1 - Matriz de Payoffs (Forma Normal) de um Jogo Simultâneo

		Jogador 2	
		Opção 1	Opção 2
Jogador 1	Opção 1	(Ganho jogador 1; Ganho jogador 2)	(Ganho jogador 1; Ganho jogador 2)
	Opção 2	(Ganho jogador 1; Ganho jogador 2)	(Ganho jogador 1; Ganho jogador 2)

Fonte: Elaborada pelo autor

De posse de todos os possíveis resultados, pode-se finalmente montar a matriz de Payoffs desse jogo na forma normal conforme mostra a Tabela 2.

Tabela 2 - Matriz de Payoffs do jogo dos pipoqueiros

		Vendedor 2	
		2,00	3,00
Vendedor 1	2,00	(90,00 ;90,00)	(130,00; 50,00)
	3,00	(50,00 ;130,00)	(120,00; 120,00)

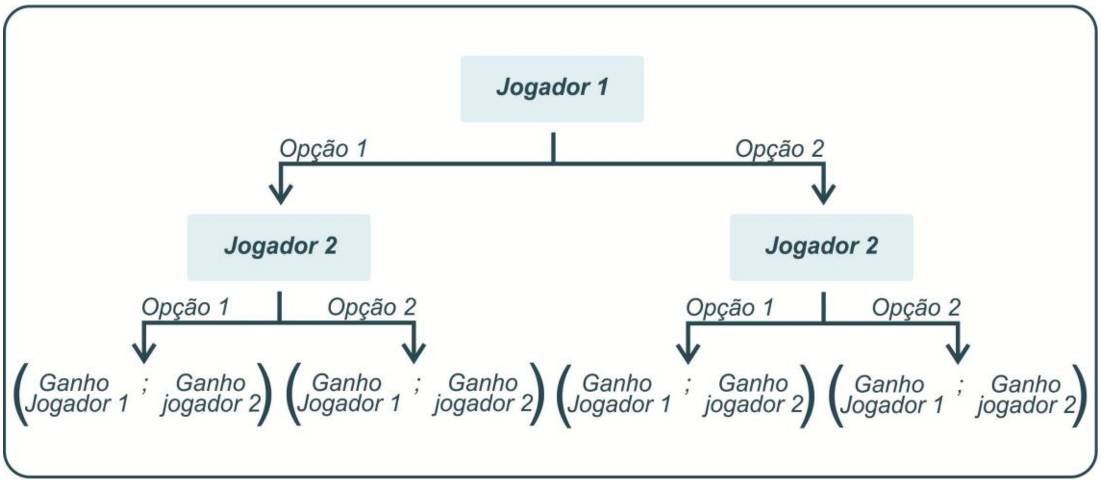
Fonte: Elaborada pelo autor

A matriz permite visualizar rapidamente todos os possíveis desdobramentos dos jogos. Os valores entre parêntese são resultantes da combinação das decisões dos jogadores, o primeiro valor dentro do parêntese é o ganho obtido pelo primeiro jogador. O valor após o ponto e vírgula é o ganho obtido pelo segundo jogador.

2.5.2 Forma extensiva

A forma extensiva é adequada para analisar jogos sequenciais[5] pois informa também a ordem em que os jogadores realizam seus movimentos. Em geral é um pouco mais complexa do que em forma normal, pois fornece uma quantidade maior de informações sobre possíveis desdobramentos das sucessivas interações entre os jogadores. A representação de uma interação estratégica pela forma extensiva é feita através de “árvores decisões” que tornam fácil a visualização dos desfechos do jogo como mostra a figura 3.

Figura 3 - Representação Extensiva de um Jogo Sequencial



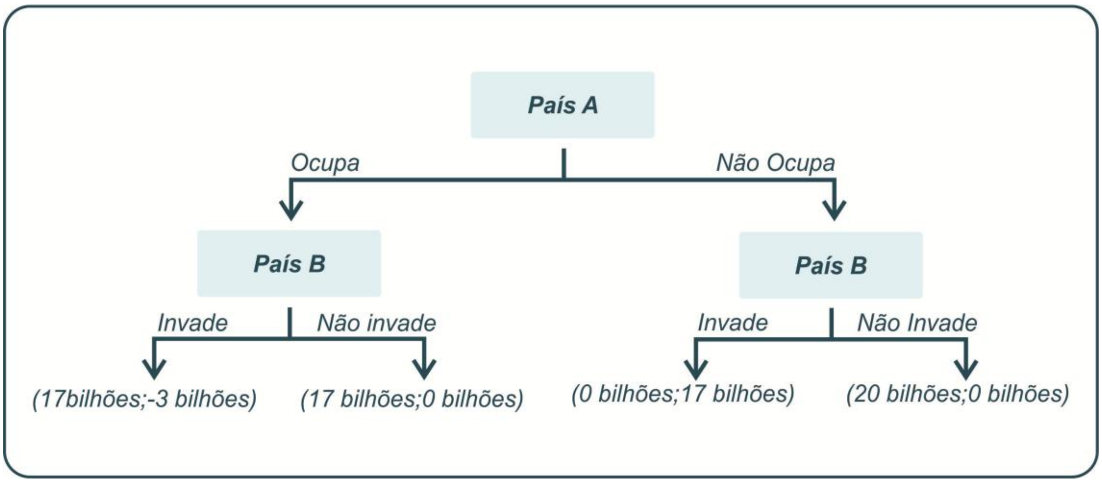
Fonte: Elaborada pelo autor

A título de exemplificação será utilizado o jogo no qual um pequeno país “A”, a fim de garantir a posse de uma determinada região ainda não explorada sob o seu domínio deve decidir se ocupa ou não a região. Após a ação do país “A”, o país “B” deve decidir se investe em uma invasão à região do invasor. Note que o jogo se realiza em uma sequência, onde o país “A” realiza a primeira ação e só depois o país “B” deve decidir sobre que ação realizar.

Supondo que a região disputada tenha cerca de 20 bilhões em recursos naturais e que qualquer ocupação tenha um custo total de 3 bilhões para garantir seguramente 100% da posse as área.

A partir da árvore de decisão com os valores das possíveis interações e resultados dos dois países, como mostra a figura 6, constata-se que o melhor resultado para o país “A” seria garantir a posse da região sem nenhum custo de ocupação (20 bilhões; 0 bilhões) porém, assumindo que o país “B” agirá racionalmente, esse resultado é impossível de ser alcançado.

Figura 4 - Forma Extensiva do Jogo da Disputa de Regiões



Fonte: Elaborada pelo autor

2.6 Diferenças entre os jogos

2.6.1 Soma zero e soma diferente zero

A principal característica dos jogos de soma-zero é que o ganho de um jogador implica perda de igual valor para os demais jogadores, que faz com que a soma de todos os benefícios obtidos por todos os jogadores em cada combinação de estratégias seja sempre zero. Jogos de tabuleiros como xadrez e dama, onde a vitória de um dos jogadores representa a derrota do outro são bons exemplos de jogo de soma zero. Outro exemplo de jogo de soma zero já citado é o jogo da cobrança de pênalti onde há dois jogadores (o batedor e o goleiro) e a vitória de um representa a derrota do outro. Nesse jogo há duas possibilidades para cada jogador. O batedor do pênalti pode chutar para direita ou para esquerda, enquanto o goleiro, a fim de defender o chute, pode pular para a direita ou para a esquerda. Portanto, as alternativas dos dois jogadores podem ser resumidas em esquerda ou direita como mostra a Tabela 3.

Tabela 3 - Matriz de Payoffs do Jogo da Cobrança de Pênalti

		Goleiro	
		Esquerda	Direita
Batedor	Esquerda	(0; 1)	(1; 0)
	Direita	(1; 0)	(0; 1)

Fonte: Elaborada pelo autor

Os jogos de soma diferente de zero são maioria nos estudos da teoria dos jogos. São jogos em que há a possibilidade de surgir combinações em que a soma dos resultados dos jogadores é diferente de zero e que a vitória de um jogador não significa necessariamente a derrota dos demais. O jogo dos vendedores de pipoca e o jogo da disputa de regiões apresentados anteriormente são exemplos de jogos de soma diferente de zero, já que o somatório dos resultados é diferente de zero.

2.6.2 Simétricos e assimétricos

Um jogo é classificado como simétrico quando os pagamentos dos jogadores obtidos pela aplicação das suas próprias estratégias seguem as mesmas regras, com alternativas e prêmios similares. O exemplo dos pipoqueiros e o caso da cobrança do pênalti já discutidos anteriormente são casos de jogos simétricos.

Em geral, jogos assimétricos ocorrem quando os jogadores têm conjuntos de estratégias distintos. No jogo da disputa da região, os países têm opções e possíveis ganhos diferentes um do outro.

No entanto, também são possíveis jogos assimétricos em que ambos os jogadores possuem estratégicas idênticas. Alterando o jogo da cobrança de pênalti, se o batedor, por estar em vantagem em relação ao goleiro, sinta-se na obrigação de fazer o gol, nesse caso se ele perder a cobrança de pênalti sofrerá um ônus maior que o goleiro sofrerá caso não segure a bola. Por essa ótica, o goleiro receberá maior reconhecimento se conseguir apanhar a bola, já que está em desvantagem. Ou seja, trata-se de jogo com estratégias idênticas, mas assimétrico conforme a representação na Tabela 4.

Tabela 4 - Matriz de *Payoffs* do Jogo da Cobrança de Pênalti Reformulado

		Goleiro	
		Esquerda	Direita
Batedor	Esquerda	(-1; 2)	(1; 0)
	Direita	(1; 0)	(-1; 2)

Fonte: Elaborada pelo autor

2.6.3 Simultâneos e sequenciais

Jogos simultâneos são aqueles em que todos os jogadores tomam decisões ao mesmo tempo, sem nenhuma informação prévia sobre movimentos de seus rivais. É o caso de um processo de licitação, onde os todos os participantes decidem simultaneamente o preço que vão cobrar por seus serviços sem qualquer informação sobre o preço que o outro irá praticar.

Já os jogos sequenciais descrevem processos de interações estratégicas que se desenvolve em etapas sucessivas, onde seus jogadores executam seus movimentos em uma ordem predefinida. Nesse tipo de jogo o primeiro geralmente tem a vantagem sobre os demais, pois realiza seus movimentos antes dos adversários podendo esquivar-se de possíveis derrotas ou induzir os rivais a tomar decisões que lhe sejam favoráveis.

A diferença entre jogos simultâneos e sequenciais é facilmente percebida comparando as representações da forma normal, mais usada para representar jogos simultâneos e da forma extensiva, mais utilizada para descrever jogos sequenciais.

2.6.4 Informação em jogos

A informação é um ponto de extrema importância quando se analisa um processo de interação. Jogos podem ser classificados como jogos de informação perfeita ou imperfeita e ainda de informação completa ou incompleta.

Um jogo de informação perfeita ocorre somente se todos os jogadores conhecem os movimentos anteriores realizados pelos demais jogadores presentes no jogo. Assim, ao tomar a própria decisão, cada jogador conhece todas as ações dos demais até o momento e pode usar esse conhecimento a seu favor. Além disso, todos os jogadores sabem que todos os outros dispõem dessa informação. Essa característica está presente em jogos sequenciais, já que nos jogos simultâneos nenhum jogador conhece as ações anteriores dos outros. No entanto, se um jogo simultâneo for repetido diversas vezes, passa a haver uma situação similar a ocorrência de informação perfeita se nas rodadas seguintes forem reveladas aos jogadores as ações anteriores dos demais.

Jogos de informação imperfeita são aqueles em que uma parte ou o total dos jogadores em um determinado momento do jogo não possuem nenhuma informação sobre as decisões anteriores dos demais jogadores, dispondo apenas da própria intuição para inferir sobre o comportamento do adversário.

Já o jogo de informação completa acontece quando cada jogador conhece as estratégias e recompensas dos demais jogadores, mas sem necessariamente conhecer suas atitudes anteriores. Em outras palavras, o jogador conhece os possíveis desfechos do jogo.

Em jogos de informação incompleta ocorre o contrário, os jogadores não tem a mínima noção das táticas e possíveis ganhos dos adversários.

2.7 Comportamento cooperativo e competitivo em jogos

Na política, na economia e em diversas áreas da sociedade é comum se observar comportamentos cooperativo e competitivo entre agentes. Interações onde há ou não cooperação também são objetos de estudo da teoria dos jogos.

Um jogo cooperativo ocorre quando seus participantes são capazes de estabelecer compromissos garantidos, podendo assim, negociar estratégias em comum acordo. Quando é impossível a realização de tais pactos entre os participantes, o jogo é considerado não-cooperativo. Um exemplo de jogos cooperativos são os acordos de compra e venda, onde vendedor e comprador (jogadores) precisam cooperar para que possam realizar o negócio. As associações de “venda casada” entre empresas que produzem bens complementares como fabricantes de celulares e operadoras telefônicas podem ser também descritas como jogos cooperativos.

2.8 Estratégias e Equilíbrios

Como já discutido anteriormente, uma das grandes utilidades da teoria dos jogos é prever as possíveis jogadas dos adversários de modo que, diante de um processo de decisão, seja possível realizar a melhores escolhas. Todavia, há ocasiões em que independente das escolhas dos oponentes e dos desfechos do jogo, o jogo exige que seja tomada sempre a mesma decisão.

Esse conceito é conhecido como estratégia dominante. No jogo dos pipoqueiros (Tabela 2) há um exemplo de equilíbrio em estratégia dominante. Se o vendedor 2 optar por praticar preços reduzidos, a melhor escolha para o vendedor 1 é também praticar preços baixos. Caso o vendedor 2 decida atuar com preços altos, a alternativa que proporciona maior ganho para o vendedor 1 continua sendo vender a preços baixos. A mesma análise serve para o vendedor 2, que também sempre desfrutará de maior ganho optando por praticar preços baixos. É simples perceber que os dois agentes já possuem suas escolhas ótimas independentemente do que seu adversário possa fazer. Quando todos os jogadores têm uma estratégia dominante, o resultado decorrente do cruzamento das estratégias é conhecido como equilíbrio de estratégias dominantes. Nesse caso o equilíbrio será na cesta (preço baixo; preço baixo).

Também é possível equilíbrio em jogos em que não há emprego de estratégias dominantes pelos jogadores. Tal equilíbrio consiste em um conceito mais geral de equilíbrio chamado de equilíbrio de Nash.

Uma combinação de estratégias é um equilíbrio de Nash quando cada jogador faz sua escolha ótima em função das ações de seus oponentes de forma que não haja outra estratégia disponível que gere um prêmio mais elevado dadas as circunstâncias.

O famoso modelo de jogo conhecido como “Dilema do prisioneiro” descreve bem essa situação. O jogo é descrito da seguinte maneira: dois sujeitos suspeitos de cometer um crime na noite passada são capturados e trancafiados em celas diferentes. Como a polícia não tem provas suficientes para condenar os dois, propõe a ambos um acordo: Se o primeiro prisioneiro confessar o crime e o segundo não, o primeiro passa três meses atrás das grades na delegacia enquanto o segundo segue para o presídio e passa dez anos preso. Se o segundo suspeito confessar o crime e o primeiro não, o segundo fica preso durante três meses e o primeiro dez anos. Caso os dois confessem, ambos vão passar cinco anos trancafiados. E por último, caso os dois se mantenha em silêncio, cada um passa um ano apenas na prisão.

Tabela 5 - Matriz de *Payoffs* do Dilema do prisioneiro

		Prisioneiro 2	
		Confessa	Não confessa
Prisioneiro 1	Confessa	(5 anos; 5 anos)	(0 anos; 10 anos)
	Não confessa	(10 anos; 0 anos)	(1 anos; 1 anos)

Fonte: Elaborada pelo autor

A ausência de comunicação entre os suspeitos torna a decisão bem difícil. Como não podem dar garantias de cumprimento do acordo, se torna impossível estabelecer um compromisso crível. Assim, é aceitável imaginar que nessa situação, os dois jogadores vão tentar minimizar suas próprias perdas confessando o crime. Esse conjunto de estratégias é um Equilíbrio de Nash, já que nenhum dos jogadores tem incentivo de mudar de estratégia. De outra maneira, se existir alguma forma de os dois estabelecerem pactos com garantias de cumprimento do acordo, o resultado social poderá ganhar maior destaque na tomada de decisão como será visto adiante.

Suponha que em uma praia dois vendedores, um de sorvete e outro de picolé, devem decidir se vendem seu produto do lado esquerdo ou do lado direito da praia. Cada vendedor vai ter seu lucro influenciado pela decisão do outro como mostra a Tabela 6.

Tabela 6 - Matriz de *Payoffs* jogo dos Vendedores da Praia

		Vendedor de sorvete	
		Esquerda	Direita
Vendedor de Picolé	Esquerda	(40,00; 50,00)	(80,00; 100,00)
	Direita	(80,00; 100,00)	(40,00; 50,00)

Fonte: Elaborada pelo autor

As combinações (direita, esquerda) e (esquerda, direita) são equilíbrios de Nash, pois nas duas, ambos os comerciantes não tem estímulo para mudar de escolha em função da decisão de seu concorrente. De posse desse conceito é fácil perceber que o equilíbrio de estratégias dominantes é na verdade um tipo especial de equilíbrio de Nash em que todos os jogadores adotam sempre um tipo de estratégia não importando o que o outro faça.

2.8.1 Equilíbrio em Subjogos

Apesar da lógica incontestável do equilíbrio de Nash do ponto de vista racional, o conceito não expressa com exatidão o comportamento dos agentes em algumas situações. Considerando o dilema do prisioneiro, por exemplo, é comum observar que criminosos pertencentes a um mesmo grupo organizado ao serem capturados cooperem entre si, mesmo frente às vantagens das delações e os riscos da não cooperação do parceiro. Isso acontece devido ao fato de que boa parte dos criminosos não realizarem apenas um crime, e sim diversos crimes durante a vida. É lógico supor que esses indivíduos se encontrem frequentemente, antes e depois de cada crime, já que habitualmente os integrantes dos grupos são conhecidos de longa data. Desse modo cada um dos delinquentes pode ameaçar o outro para que coopere, já que provavelmente irá encontrá-lo em outra oportunidade e assim vai tender a cooperar com o parceiro a fim de evitar futuras retaliações.

Surge então um novo conceito para jogos repetitivos, o subjogo. Fiani (2009) afirma que em um jogo repetido n vezes, um subjogo começando em uma dada etapa do jogo t é o jogo repetido que é jogado de t até a n-ésima (última) etapa.

Considerando um jogo de cartel (Tabela 7) repetido por duas rodadas tem-se quatro subjogos descritos na Tabela 8.

Tabela 7 - Jogo do Cartel

		Firma 2	
		Coopera	Não coopera
Firma 1	Coopera	(2; 2)	(0; 4)
	Não coopera	(4; 0)	(1; 1)

Fonte: Elaborada pelo autor

Tabela 8- Subjogos do Jogo do Cartel Repetido Finito

		Firma 2	
	Firma 1	Coopera	Não coopera
Subjogo a partir de (Coopera, Coopera)	Coopera	(4 ; 4)	(2 ; 6)
	Não Coopera	(6 ; 2)	(3 ; 3)
Subjogo a partir de (Coopera, Não coopera)	Coopera	(2 ; 6)	(0 ; 8)
	Não Coopera	(4 ; 4)	(1 ; 5)
Subjogo a partir de (Não coopera, Coopera)	Coopera	(6 ; 2)	(4 ; 4)
	Não Coopera	(8 ; 0)	(5 ; 1)
Subjogo a partir de (Não coopera, Não coopera)	Coopera	(3 ; 3)	(1 ; 5)
	Não Coopera	(5 ; 1)	(2 ; 2)

Fonte: Livro Teoria dos Jogos (2006) adaptada pelo autor

O modo mais eficiente de encontrar o equilíbrio nesse tipo de jogo é através de indução reversa. Analisando cada subjogo separadamente, observa-se que eles apresentam o mesmo equilíbrio de Nash do jogo base {não coopera, não coopera}. Isso porque os riscos de cooperar superam os prêmios do comportamento cooperativo. Além disso, não haverá rodadas futuras para retaliações. Assim sendo, na n-esima rodada (última) nenhum jogador têm incentivos a cooperar, mas ambos têm conhecimento desse fato e tentarão se adiantar não cooperando na rodada n-1, que nesse caso é a primeira rodada. Jogos finitos longos também seguem essa lógica até primeira rodada que consiste no jogo base.

De fato, a cooperação é pouco provável quando os ganhos do comportamento competitivo no curto prazo são maiores que os possíveis ganhos do comportamento cooperativo no longo prazo. Logo, todo jogo repetitivo finito que apresente apenas um equilíbrio de Nash, também apresentará o mesmo equilíbrio de Nash em subjogos.

Um equilíbrio cooperativo em jogos repetidos é possível se o jogo se repetir infinitamente. Por “infinito” entende-se que o processo se reproduz por indefinidas rodadas, que acaba gerando nos jogadores a sensação de que o jogo não tem fim, pois todos sabem que o jogo acabará em um momento, porém não sabem quando. “Os executivos das duas empresas sabem que, um dia, muito provavelmente alguma das empresas desaparecerá, mas nenhum dos dois sabe quando isso ocorrerá" – Fiani (2006). Em jogos repetidos infinitamente considera-se cada subjogo uma cópia do jogo original.

Para melhor figurar a influência dos ganhos futuros, considere um jogo que apresente um dilema do prisioneiro em que duas empresas atuem. O jogo base se repetirá indefinidas vezes, de modo que as recompensas das etapas futuras são as mesmas das iniciais.

Supondo que ambas adotem a estratégia "tit-for-tat"[6] ("Faça o que eu faço") que consiste em iniciar o jogo cooperando, até que haja uma quebra de acordo por parte da firma concorrente e tornar a cooperar somente se a firma concorrente cooperar antes. Imagine ainda que em um dado momento uma das firmas cogite se vai coopera na próxima rodada ou não. A Tabela 9 descreve os lucros obtidos a partir de cada decisão.

Tabela 9 – Ganhos esperados a partir da cooperação ou não cooperação em jogos repetidos infinitos

Decisão	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	...
Coop.	$L_m/2$	$L_m/2$	$L_m/2$	$L_m/2$	...
Não Coop.	L_m	0	0	0	...

Fonte: Livro Teoria dos Jogos (2006) adaptada pelo autor

Onde:

$L_m = Lucro\ de\ Monopólio\ (\ ou\ lucro\ extraordinário)$

Cooperando, a firma dividirá mercado e obterá lucro extraordinário igual ao da concorrente. Não cooperando, A empresa obterá no curto prazo um lucro extraordinário bem maior, entretanto, essa atitude vai induzir a concorrente a deixar de cooperar, fazendo com que as rodadas futuras sejam disputadas em situação de concorrência perfeita em que os lucros das firmas são nulos.

Usando o método do valor presente (Valor P.) em cada alternativa, verifica-se qual a decisão que gera o maior benefício. Já que é comum os agentes apresentarem preferencias intertemporais, é preciso aplicar um fator de desconto (δ) para a atualização dos valores futuros para o presente. Esse fator de desconto

[6] Estratégia desenvolvida a partir dos estudos de Robert Axelrod. Axelrod analisou através de simulação computacional o resultado de diversas estratégias e verificou que a "tit-for-tat" é a que em média funciona melhor.

reflete as preferências intertemporais através de uma determinada taxa de desconto (r).

$$\delta = \frac{1}{1+r}\ tal\ que: 0 < \delta \leq 1$$

Tem-se:

$$Valor\ P.(Cooperar) \qquad = \frac{L_m}{2} + \frac{L_m}{2}\delta + \frac{L_m}{2}\delta^2 + \frac{L_m}{2}\delta^3 + \cdots = \left(\frac{1}{1-\delta}\right).\frac{L_m}{2}$$

$$Valor\ P.(N\text{ão}\ cooperar) = L_m + 0\delta + 0\delta^2 + 0\delta^3 + \cdots = L_m$$

Os resultados informam que para qualquer taxa de desconto "δ" menor ou igual a 50%, cooperar será a melhor escolha. Conclui-se que em jogos infinitamente repetidos os ganhos de curto prazo não justificam quebras de acordos já que rendimentos procedentes da cooperação no longo prazo em geral são mais significativos.

3 METODOLOGIA

Diferente do método teórico direto muito comum nas instituições de ensino de todo o mundo em que o aluno assume uma posição passiva de assimilar o conhecimento exposto em sala, memorizar e futuramente talvez aplicar, o processo utilizado faz o estudante vivenciar o problema antes de tudo.

É apresentado em sala um problema a ser resolvido sobre o assunto de estudo através de simulações que envolvem o aluno na atmosfera da teoria. Esse processo dá às pessoas a oportunidade de descobrir as motivações que originaram o conhecimento, vivenciando os problemas de estudo antes mesmo de aprender sobre o tema.

3.1 Jogo utilizado na Simulação

Todos os jogos[7] utilizados nas simulações são originados de um mesmo modelo de decisão chamado dilema do prisioneiro mencionado anteriormente. Apesar dos diferentes ambientes descritos nos jogos, as decisões e a matriz de *Payoffs* são exatamente as mesmas em todos eles. Pode-se assim descrever o jogo geral sem os artifícios da ambientação: “Em uma região há apenas duas empresas: empresa “A” e empresa “B”. As duas tem atuação em toda a região e estão considerando agir como cartel para determinarem preços mais altos. O administrador de cada empresa define no início do período o preço do produto que deve permanecer inalterável por pelo menos um período. Se as duas empresas oferecerem preços iguais e mais altos, as duas terão um lucro maior (5 unidades cada) e dividirão o mercado. No entanto, se apenas uma delas aumentar o preço e a outra não, a empresa com o menor preço vai ganhar todo o mercado, e terá um lucro ainda maior do que se participasse do cartel (9 unidades). Da mesma forma, a empresa que elevar sozinha o preço teria um lucro menor que o lucro do cartel (1 unidade). Se as duas empresas não elevarem seus preços, elas continuam dividindo o mercado, mas com um lucro menor que o lucro do cartel (3 unidades cada). Sendo você o economista de uma das empresas e sabendo que as empresas só

[7] Os anexos I, II e III são exemplos de jogos utilizados.

funcionarão durante um período apenas, o que você sugere? Aumentar ou manter o preço no período?”.

O Jogo pode ser descrito como simultâneo, já que ambos os jogadores tomam decisão ao mesmo tempo; de informação imperfeita, pois não há histórico e completa, uma vez que ambos sabem quais as estratégias dos concorrentes.

A partir da matriz de *Payoffs* descrita na Tabela 10, supondo que todos os jogadores são maximizadores de ganho (hipótese da racionalidade) pode-se perceber que o jogo apresenta um equilíbrio de Nash (Não coopera, Não coopera) que também é um equilíbrio de estratégia dominante. Nesse caso, a decisão mais racional é não cooperar com o cartel praticando preço baixo.

Tabela 10 - Matriz de *Payoffs* do Jogo utilizado na dinâmica

		Jogador 2	
		Coopera	Não coopera
Jogador 1	Coopera	(5; 5)	(1;9)
	Não coopera	(9; 1)	(3; 3)

Fonte: Elaborada pelo autor

Em uma conjuntura em que o mesmo jogo venha a se repetir infinitas vezes onde haja oportunidades de negociação, a teoria diz que cada jogador vai sentir-se atraído a cooperar com o cartel para obter lucros altos durante diversos períodos. O fato de sempre contar com rodadas futuras dá segurança aos jogadores de propor a aliança uns aos outros, pois caso o oponente não cumpra com o acordo, pode ser punido nas próximas rodadas pelo emprego da estratégia “tit-for-tat”. Nesse contexto, a escolha que proporciona maior prêmio é cooperar com o cartel ofertando preços altos.

De outro modo, caso sejam mantidas as condições de informação completa e perfeita, e o jogo seja repetido por um número finito de vezes conhecido pelos jogadores, ou seja, tenha prazo para acabar, na última repetição, nenhum dos jogadores vai ter garantias concretas de que o outro vai continuar cooperando.

Fazendo uma análise regressiva, na derradeira repetição, supondo que os jogadores ajam racionalmente e levem em conta somente os prêmios do jogo, todos vão optar por não cooperar, pois não haverá rodadas seguintes para possíveis retaliações contra quebras de acordos. Mas ambos os jogadores sabendo que seus oponentes tem essa informação, vão tentar agir antecipadamente não cooperando na penúltima rodada. Contudo, todos os participantes sabem que todos os participantes vão tentar se antecipar aos movimentos dos demais. Esse raciocínio segue até que chegue a primeira decisão do jogo finitamente repetitivo. Assim, a melhor decisão racional considerando apenas os ganhos é não cooperar desde o início do jogo finitamente repetitivo. No entanto, a adoção desse tipo de estratégia é ineficiente no sentido de Pareto, pois produz resultados muito aquém dos possíveis ganhos resultantes da cooperação.

A dificuldade de alcançar o ponto mais eficiente é que a manutenção de um comportamento cooperativo aqui só é possível se durante o jogo, ambos tenham criado uma reputação que dê credibilidade aos compromissos assumidos. Somente agindo em conjunto é possível alcançar o maior ganho.

3.1.1 Premiação

Para gerar o ambiente competitivo, foram concedidos pequenos prêmios a fim de sair do plano fantasioso para o mais próximo possível da realidade.

Os participantes que alcançarem ganhos extraordinários são premiados da seguinte forma: quem dominar todo o mercado e consequentemente obter lucro de monopólio ganha um grande bombom de chocolate. O participante que dividir o mercado a preço alto obtém lucro de cartel (aproximadamente a metade do lucro de monopólio) e recebe um bombom de chocolate de tamanho aproximado de meio bombom grande.

Quem dividir o mercado a preços baixos, não obterá nenhum lucro extraordinário, logo não recebe nada.

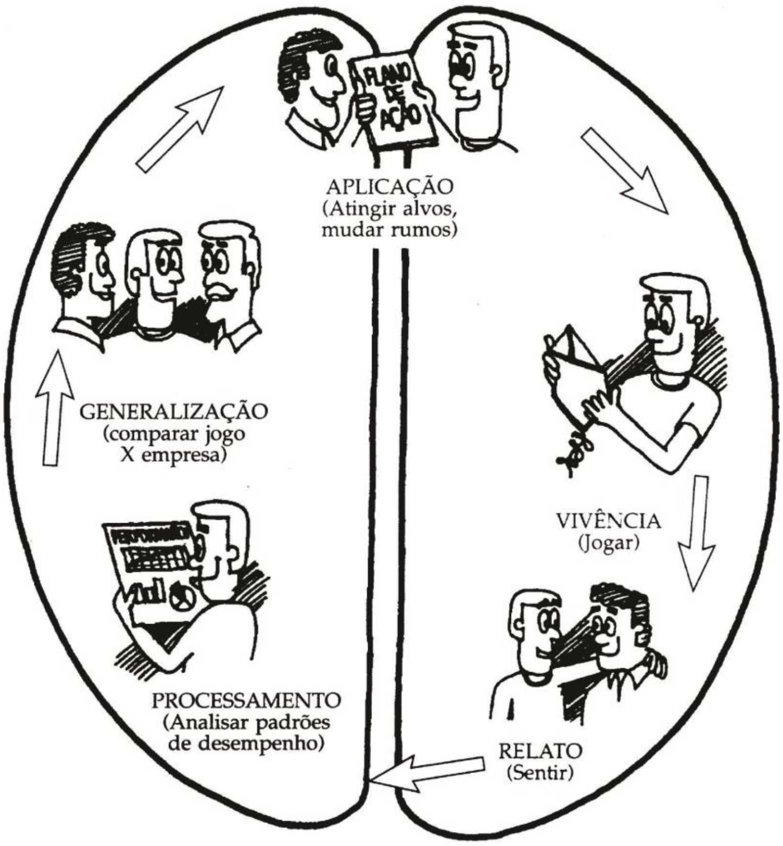
3.2 Execução do Experimento

O processo é uma adaptação de uma técnica chamada Ciclo de Aprendizagem Vivencial (CAV) bastante utilizada na andragogia[8]. A técnica originalmente é composto de cinco estágios: vivência, relato, processamento,

[8] Andragogia (do grego: andros - adulto e gogos - educar), conjunto de técnicas educacionais para ensino de adulto.

generalização e aplicação. No entanto como o experimento será aplicado em estudantes profissionais, foi adotado um formato mais dinâmico, dividindo-o em apenas partes: Recepção dos jogadores, simulação (que corresponde à vivência descrita no CAV) e análise da dinâmica (que resume a as etapas de relato, processamento, generalização e aplicação do processo original).

Figura 5 - Ciclo de Aprendizagem Vivencial (CAV)



Fonte: Livro Jogos de Empresa (1993)

3.2.1 Recepção dos jogadores

Durante os primeiros vinte minutos, os alunos são recebidos e alertados de que ao começar o experimento, não haverá interrupções ou inclusão de novos jogadores. Logo depois é entregue a cada aluno (já em seus devidos lugares) um envelope contendo três documentos. O primeiro é uma cópia do jogo como as apresentadas nos anexos A, B e C. O segundo contém a identificação dos alunos no jogo e onde atuarão, de modo que, um aluno que receba um documento onde está escrito “Empesa A – Região 01”, tomará decisões pela empresa “A” e sabe também que essa empresa atua na região 01 em que há outra empresa (empresa “B” – Região 01) atuando, já que é revelado de antemão que o jogo trata-se de um duopólio. Desse modo o nome da região (cidade ou país, dependendo da dinâmica) na verdade identifica a dupla de jogadores adversários. O terceiro e último documento é um formulário de decisão, que é uma espécie de bilhete onde o jogador deve escrever seu primeiro nome, sua identificação no jogo e marcar entre as opções, a ação que pretende implementar (atuar com preços altos ou praticar preços baixos).

3.2.2 Aplicação da simulação

A simulação, que corresponde à vivência do CAV tem ao todo três etapas. O jogo simultâneo corresponde à primeira fase da simulação que é composta de apenas uma rodada. Inicia assim que os alunos consultam os documentos ao mesmo tempo e tomam posse das informações sobre suas identidades e sobre o jogo. Os alunos devem decidir sem saber quem é seu adversário e sem nenhuma perspectiva de jogar novamente, fatos que caracterizam um jogo simultâneo de informação completa (já que ambos sabem das recompensas do concorrente) e imperfeita (já que não há histórico de ações anteriores para ser consultado durante a tomada de decisão). É estipulado que o tempo para a decisão seja dez minutos, podendo ser prolongados a fim de que todos entreguem seus formulários de decisão. O término dessa fase ocorre quando todos os participantes entregam seus respectivos formulários. Com a ajuda de um computador e um projetor, as decisões de todos os participantes são computadas e simultaneamente é revelado a todos a identidade de seus concorrentes e suas decisões, premiando cada jogador de acordo com os resultados obtidos por meio de suas escolhas.

Ao terminar a rodada, os alunos são convidados a jogar novamente por incontáveis rodadas até que termine o horário da aula. Assim, inicia o jogo repetido infinito que corresponde à segunda etapa da simulação. Nessa fase os participantes conhecem a estratégias dos oponentes (jogo de informação completa), o histórico de decisão do adversário (jogo de informação perfeita) e sabem que jogarão novamente diversas vezes (fato que deixa a impressão de que o jogo se repete infinitamente). Outro fato que muda é a possibilidade de livre negociação. Os participantes podem negociar livremente, desde que ao preencher seus formulários de decisão estejam sozinhos, para que não sofra coação de outros alunos. A coleta de todas as folhas decisão marca o fim da rodada e mais uma vez revelada a todos as escolhas feitas por todos os participantes, premiando novamente cada um de acordo com os resultados. Feita a conferência dos ganhos, mais uma rodada se inicia e esse ciclo se repete indefinidas vezes até que o tempo da primeira fase da simulação, somado ao tempo da segunda seja equivalente a cinquenta e cinco minutos conforme a Tabela 11.

Com a repetição do jogo, participantes têm a oportunidade de analisar o ocorrido em rodadas anteriores e mudar seus próprios padrões decisão a partir da avaliação dos resultados individuais e coletivos das interações.

Tabela 11 - Cronograma de execução da dinâmica

Fases		Tempo de duração
Recepção dos alunos		00:20
Vivência	Jogo simultâneo Jogo repetido infinito	00:55
	Jogo repetido finito	00:05
Relato		00:30
Processamento		
Generalização		
Aplicação		
	Total	**1 hora e 50 minutos**

Fonte: Elaborada pelo autor

Aos exatos cinquenta e cinco minutos de decorrência da simulação, começa a terceira e última fase composta apenas de uma rodada de duração máxima de cinco minutos. Os jogadores são avisados de que só jogarão uma última vez, o que torna o jogo finito novamente, mas continuam com os mesmos adversários e com as mesmas opções anteriores, que garante que o jogo continue de informação perfeita e completa. Como as rodadas anteriores, os resultados são computados e cada um é recompensado de acordo com o resultado alcançado.

3.2.3 Análise da simulação

Encerrado o jogo, começa a etapa correspondente à fase do “relato” descrita no CAV. Nesse período os alunos tem espaço para falar sobre as dificuldades enfrentadas e emoções vivenciadas. Esse espaço é essencial para dissipar o clima tenso que normalmente se instala quando o jogo se torna muito competitivo.

> Os jogos propiciam um clima de alta tensão e, mesmo sendo atividades simuladas, implicam alto envolvimento das pessoas na tentativa de resolver problemas ou desafios lançados. Ao participar intensamente no processo, as pessoas não conseguem esconder suas dificuldades e habilidades, o que afeta diretamente o emocional de cada um. (GRÂMIGNA, 1993, pg. 23)

Logo em seguida as discussões são direcionadas para a análise do jogo, dando início ao que seria no CAV a fase de “processamento”. No processamento, os alunos avaliam a eficácia de suas escolhas relacionando com os resultados obtidos. Durante essa avaliação, cada uma das três fases da vivência merece sua devida atenção já que possuem estratégias ótimas divergentes.

Após o processamento, são apresentados aos alunos os modelos teóricos já desenvolvidos nos meios acadêmicos que descrevem as situações vividas na dinâmica. Nesse estágio conhecido como generalização, os estudantes saem de vez do clima da simulação para o ambiente teórico onde se deparam com as possíveis explicações sobre os comportamentos adotados pelos jogadores. O facilitador apresenta todo esse conteúdo através de vídeo ou oratória, mas com o cuidado de sempre estimular os estudantes a identificar qual situação cada teoria descreve.

Enfim, a “aplicação” encerra o Ciclo da Aprendizagem Vivencial, na adaptação desse trabalho, esse período é utilizado para verificar a aplicabilidade da teoria dos jogos na vida real. Nessa fase o debate gira em torno de exemplos reais de tomadas de decisão e os alunos são estimulados a pensar sobre possíveis aplicações e se os modelos replicam ou não a realidade de maneira aceitável.

3.3 Modelo Econométrico para análise dos resultados

Durante os experimentos os resultados são computados, expostos ao alunos e analisados visualmente fomentando posteriormente debate sobre as melhores práticas em determinada fase do jogo.

Nesse trabalho, para descrever se as reais motivações das escolhas feitas pelos participantes convergem com as apresentadas em teoria, utiliza-se um modelo de escolha qualitativa conhecido como Logit a partir de dados gerados nos experimentos.

Modelos de escolha qualitativa supõem que indivíduos e firmas se deparam com escolha entre duas ou mais alternativas e que sua decisão depende de um conjunto de características observáveis. Esses modelos também são conhecidos como modelos de probabilidade, pois a variável de resposta *Y* reflete a probabilidade de o indivíduo escolher uma alternativa em lugar de outra, dado um conjunto de atributos observáveis.

$$E(Y_i/X_i) = \beta_0 + \beta_1 X_i + u_i \qquad (4)$$

O Logit é um modelo utilizado para análise de escolhas binárias. O nome vem do fato de o modelo se basear na função de probabilidade logística acumulada. A escolha desse modelo deve-se ao fato de que sua estimação é algebricamente mais simples que a do modelo Probit[9].

Assumindo o modelo de regressão:

$$y_i^* = \beta_0 + \sum_{j=1}^{k} \beta_i x_{ij} + u_i \qquad (5)$$

Onde y_i^* é não observável, y_i é uma variável binária (ou dummy) observável definida como:

$$y_i = \begin{cases} 1, & se\ y_i^* > 0 \\ 0, & caso\ contrário \end{cases}$$

A variável y_i^* pode ser interpretado como a propensão (P_i) de y_i assumir o valor 1 (a probabilidade de o agente fazer determinada escolha) tem-se:

[9] Modelo similar ao Logit, porém o termo de erro "*u" desse modelo* segue uma distribuição normal.

$$P_i = p(y=1) = P(y_i^* > 0) = P[u_i > -(\beta_0 + \sum_{j=1}^{k} \beta_i x_{ij})]$$

$$= 1 - F[-(\beta_0 + \sum_{j=1}^{k} \beta_i x_{ij})]$$

$$P_i = 1 - F(-Z), tal\ que\ Z = \beta_0 + \textstyle\sum_{j=1}^{k} \beta_i x_{ij} \quad (6)$$

Onde F é a função de distribuição cumulativa do termo de erro u_i. Admitindo que a distribuição de u_i é simétrica[10]:

$$P_i = [1 - F(-Z)] = F(Z)$$

$$P_i = F\left(\beta_0 + \sum_{j=1}^{k} \beta_i x_{ij}\right) \quad (7)$$

Os valores de y_i são resultados de um processo binomial com probabilidades dadas pela equação 7 e variam de acordo com mudanças na variável x_{ij}. Para esse tipo de modelo a técnica mais adequada de estimação é através da máxima verossimilhança. A função de máxima verossimilhança pode ser escrita como:

$$L = \prod_{y_i=1} P_i \prod_{y_i=0} (1 - P_i) \quad (8)$$

A forma funcional da função cumulativa *F*, sumindo que a distribuição cumulativa do termo de erro u é logística (fato que dá nome ao modelo), a forma funcional da função F pode ser escrita como:

$$F(Z_i) = \frac{e^{Z_i}}{1 + e^{Z_i}} \quad (9)$$

Segundo Gujarati (2011) equação é a representação da função de distribuição logística acumulada.

---

[10] Se o número de amostras for suficientemente grande, a distribuição do termo de erro u se assemelha a uma distribuição normal, que por sua vez é simétrica.

$$P_i = \frac{e^{Z_i}}{1 + e^{Z_i}} \qquad (10)$$

Da relação entre P_i e Z_i na equação pode-se observar que P_i está relacionado não linearmente a Z, (consequentemente x_{ij}). P_i varia entre 0 e 1 a medida que Z_i varia de $-\infty$ a $+\infty$.

O complementar de P_i (a chance de que o evento não ocorra) pode ser escrito como:

$$1 - P_i = \frac{1}{1 + e^{Z_i}} \qquad (11)$$

Dividindo P_i por $(1 - P_i\ )$:

$$\frac{P_i}{1-P_i} = \frac{\frac{e^{Z_i}}{1+e^{Z_i}}}{\frac{1}{1+e^{Z_i}}} = e^{Z_i} \qquad (12)$$

$P_i/(1 - P_i)$ é a razão de chances a favor de que um evento ocorra. Tomando o logaritmo da equação 10, podemos extrair a seguinte relação:

$$L_i = ln\left(\frac{P_i}{1 - P_i}\right) = ln\left(\frac{F(Z_i)}{1 - F(Z_i)}\right) = Z_i$$

$$= \beta_0 + \sum_{j=1}^{k} \beta_i x_{ij} \qquad (13)$$

Segundo Gujarati (2011), se L, for positivo, significa que, as chances de o regressando ser igual a 1 (ou a chance de que um evento ocorra) crescem quando o valor do(s) regressor(es) aumenta. Caso contrário, se L, for negativo, as chances de o regressando ser igual a 1 diminuem a medida que o valor do(s) regressor(es) aumenta. O coeficiente angular β_i, mede a variação em L para uma unidade de variação no seu respectivo regressor x_{ij}. Os coeficientes indicam quanto o logaritmo das chances favoráveis a que um evento ocorra varia em resposta a variação de uma unidade nos regressor(es).

O intercepto β_0 é o valor do logaritmo das chances favoráveis a que um evento ocorra quando todos regressores x_{ij} são iguais a zero. Os autores descartam a intepretação desse coeficientes pela falta de sentido físico na relação Gujarati (2011).

Para verificar a confiabilidade do modelo utiliza-se além da análise da significância dos coeficientes, a medida conhecida como Pseudo R² ou R² de McFadden, já que a medida R² convencional comumente usada para avaliar a qualidade de modelos econométricos apresenta problemas em modelos cuja variável y apresenta apenas dois valores.

$$R^2 de\ McFadden = 1 - \frac{logL_{UR}}{logL_R}$$

Onde L_{UR} é o máximo da função de verossimilhança quando maximizada com respeito a todos os parâmetros e L_R é o máximo da função de verossimilhança quando maximizada dado que todos os β_i são iguais a zero.

Outra medida de ajustamento utilizada será o R² Contado que é calculado em termos de proporção de previsões corretas. Sendo y_i uma variável que assume os valores zero ou um e $\widehat{y_i}$ variando de zero a um, a medida pode ser obtida, classificando $\widehat{y_i^*}$ como 1 se $\widehat{y_i}$> 0,5 e $\widehat{y_i^*}$ como 0 caso contrário.

$$\widehat{y_i^*} = \begin{cases} 1, se\ \widehat{y_i}\ \ se\ > 0{,}5 \\ 0, se\ \widehat{y_i}\ \ se < 0{,}5 \end{cases}$$

A partir desse conceito, o calcular o $R^2 Contado$ é descrito como:

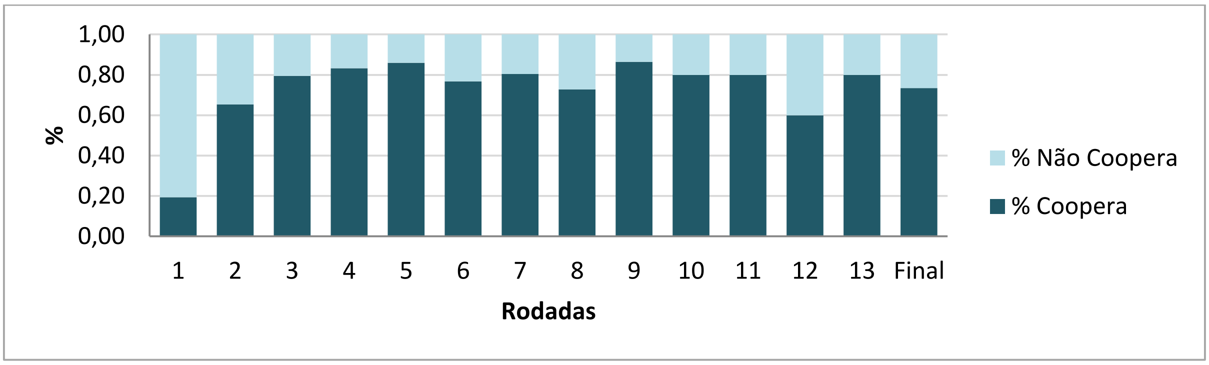
$$R^2 Contado = \frac{número\ de\ previsões\ corretas}{número\ total\ de\ observações} \tag{13}$$

Embora essa medida não tenha poder discriminatório suficiente, ela serve como ótima alternativa de análise da capacidade de previsão do modelo.

4 RESULTADOS E DISCURSÕES

O método foi aplicado em 98 alunos entre eles, 61 homens (62%) e 37 mulheres (38%) divididos em 7 turmas[11] de diferentes tamanhos: 22 alunos (2015.2 noturno), 20 (2013.1 diurno), 16 (2014.1 diurno), 12 (2013.2 diurno e 2015.2 diurno), 10 (2015.1 diurno) e 8 (2014.2 diurno). Todos oriundos do Curso Ciências Econômicas da Universidade Federal do Ceará. O experimento gerou 724 interações: 98 do tipo simultâneo, 528 repetido infinito e 98 repetido finito, resumidos no Gráfico 1 e Tabela 12.

Gráfico 1- Decisões tomadas em todos os jogos



Fonte: Elaborada pelo autor

Tabela 12 - Decisões tomadas em todos os jogos

	Tipo de Jogo	Qtde de participantes	% Coopera	% Não Coopera
1	Simultâneo	98	19.4%	80.6%
2	Repetitivo infinito	98	65.3%	34.7%
3	Repetitivo infinito	78	79.5%	20.5%
4	Repetitivo infinito	78	83.3%	16.7%
5	Repetitivo infinito	78	85.9%	14.1%
6	Repetitivo infinito	56	76.8%	23.2%
7	Repetitivo infinito	56	80.4%	19.6%
8	Repetitivo infinito	22	72.7%	27.3%
9	Repetitivo infinito	22	86.4%	13.6%
10	Repetitivo infinito	10	80.0%	20.0%
11	Repetitivo infinito	10	80.0%	20.0%
12	Repetitivo infinito	10	60.0%	40.0%
13	Repetitivo infinito	10	80.0%	20.0%

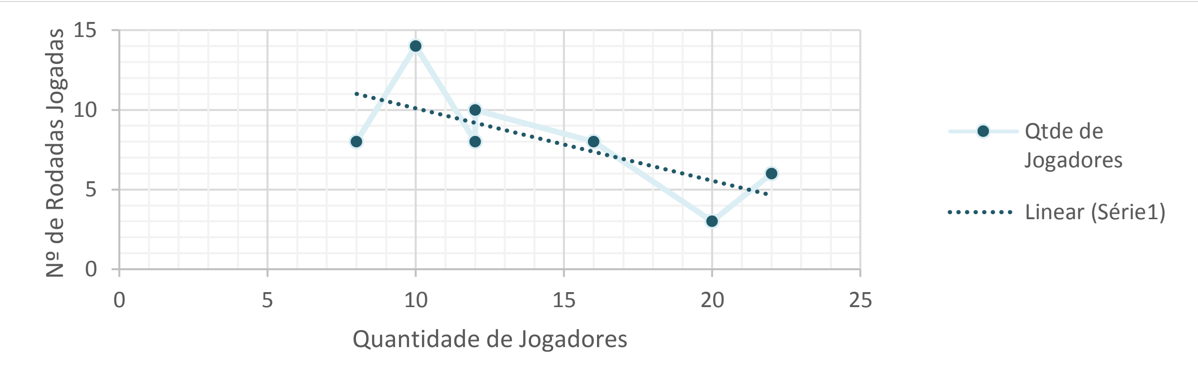
[11] Os resultados de cada turma estão descritos separadamente nos apêndices A ao G

Final[12]	Repetitivo finito	98	73.5%	26.5%

Fonte: Elaborada pelo autor

Os dados mostram que quanto maior a quantidade de participantes no experimento, menos rodadas são executadas. Ou seja, partindo do pressuposto que o tempo de computação das decisões seja igual[13], jogadores que participaram do experimento em turmas maiores, tendem à demorar mais tempo para decidir. Esse comportamento pode ser explicado pela seguinte hipótese: Ao aumentar o número de participantes, a exposição ao julgamento dos colegas também aumenta já que as decisões individuais (erradas ou certeiras) são expostas a todos os participantes. Por sua vez o conflito enfrentado ao decidir também aumenta e se reflete no tempo de decisão como mostra o Gráfico 2 e a Tabela 13.

Gráfico 2 - Número de Rodadas por quantidade de jogadores



Fonte: Elaborada pelo autor

Tabela 13 - Número de Rodadas por quantidade de jogadores

Quantidade de Jogadores	Nº de Rodadas jogadas
8	8
10	14
12	8
12	10
16	8
20	3
22	6

Fonte: Elaborada pelo autor

[12] Em "Rodada final" foram contabilizados todos os jogos que finalizavam a dinâmica, independentemente da quantidade de rodadas anteriores.
[13] A utilização do computador torna o tempo de análise dos resultados praticamente igual em todos os experimentos, mesmo em turmas de quantidade de alunos diferentes.

Os resultados estão resumidos na Tabela 14. No jogo simultâneo aproximadamente 80,6% dos participantes agiram conforme a teoria não cooperando, contra 19,4% que cooperaram. Os resultados mostram que os participantes que não cooperaram tiveram um ganho médio 163% maior que os demais.

Os dados revelam que nos jogos repetitivos infinitos, o comportamento cooperativo é preferido já que perto de 77,8% dos resultados procederam da cooperação contra cerca de 22,2% que não cooperaram. Os ganhos advindos da cooperação superaram em 2,8% os ganhos da não cooperação.

Os dados do jogo repetido finito deixam claro que a reputação entre os jogadores permite a cooperação mesmo sem garantias, já que 73% dos jogadores optaram pela cooperação mesmo se garantias. Entretanto, os prémios advindos da não cooperação superam em torno de 25% os da cooperação, exatamente como descreve a teoria.

Tabela 14 – Resumo das decisões e seu respectivos resultados

Tipo de jogo	Nº de resultados analisados	Decisão tomada			Ganho médio
Simultâneo	98	Cooperou	19	19,4%	1,63
		Não cooperou	79	80,6%	4,29
Repetitivo Infinito	528	Cooperou	411	77,8%	4,69
		Não cooperou	117	22,2%	4,56
Repetitivo finito	98	Cooperou	72	73,5%	4,33
		Não cooperou	26	26,5%	5,77

Fonte: Elaborada pelo autor

4.1 Resultado da estimação

A amostra utilizada na regressão é composta de 724 resultados dos jogos gerados a partir dos experimentos realizados. Foi estimado um modelo de tomada de decisão contendo seis variáveis descritas na Tabela 15. O modelo pode ser descrito como:

$$Y = Pr(Coop = 1/Gn, Coopaa, Gan, Qp, Expa, Ving)$$

A variável dependente "Y" representa a probabilidade de o indivíduo cooperar. Assume o valor de 1 se cooperar e 0 caso contrário.

Tabela 15 - Variáveis utilizadas na estimação

Abreviação	Variável	Valor da variável	Objetivo da variável
Gn	Gênero	"1" se masculino "0" se feminino	Verificar se o gênero influencia na cooperação
Coopaa	Cooperação anterior adversária	"1" se cooperou "0" caso contrário	Identificar se há o emprego da estratégia "tit-for-tat"
Gan	Ganho	Variável quantitativa	Avaliar a influência do valor do ganho na cooperação
Qp	Quantidade de Pessoas	Variável quantitativa	Aferir sobre o conflito gerado pela exposição ao julgamento dos colegas
Expa	Experiência anterior	Número de rodadas anteriores	Medir o impacto da Experiência na cooperação
Ving	Possibilidade de Vingança	"1" se sim "0" se não	Conferir se a possibilidade de vingança é levada em consideração na decisão

Fonte: Elaborada pelo autor

Tabela 16 - Resultados da Estimação

logit coop sx coopaa gan qp expa ving

Iteration 0:	log likelihood =	-446.25733
Iteration 1:	log likelihood =	-332.12362
Iteration 2:	log likelihood =	-327.46592
Iteration 3:	log likelihood =	-327.43414
Iteration 4:	log likelihood =	-327.43413

Logistic regression		Number of obs	=	724
		LR chi2(6)	=	237.65
		Prob>chi2(6)	=	0.0000
Log likelihood =	-327.43413	Pseudo R2	=	0.2663
		Count R2	=	0.776

Coop	Coef.	Std. Err.	z	P>|z|	[95% Conf. Interval]
Gn	0.2031	0.2014	1.01	0.313	-0.1916217
Coopaa	2.2789	0.2282	9.99	0.000	1.8316770
Gan	-0.161	0.0457	-3.52	0.000	-0.2503920
Qp	0.0488	0.022	2.22	0.026	0.0057230
Expa	0.0484	0.0367	1.32	0.188	-0.0236480
Ving	1.2466	0.2168	5.75	0.000	0.8217369
_Cons	-1.424	0.4798	-2.97	0.003	-2.3647180

Fonte: Elaborada pelo autor

No total foram necessárias cinco interações para estimar o modelo. A estatística Prob Qui-quadrado indica que podemos rejeitar ao nível de 1% a hipótese de que todos os coeficientes sejam iguais a zero.

O $R^2\, de\, McFadden$ indica que aproximadamente 26,63% da variação da variável dependente pode ser explicada pelas variáveis independentes do modelo, enquanto $R^2\, Contado$ revela que de modo geral o modelo prevê 77,6% das observações corretamente.

As variáveis "Coopaa" e "Gan" mostraram-se estatisticamente significantes ao nível de 1% e a variável "Qp" ao nível de 5%. Ainda nesse modelo as variáveis "Gn" e "Expa" revelaram-se estatisticamente irrelevantes ao nível de 5%.

Tabela 17 - Efeitos marginais das variáveis estatisticamente significantes

Marginal effects after logit
y = Pr(coop) (predict)
= .75329231

Variable	**dy/dx**	**Std. Err.**	**z**	**P>|z|**	**[95% C.I.**	**]**	**X**
Coopaa*	0.444594	0.04003	11.11	0.000	0.366128	0.523061	0.595304
Gan	-0.02989	0.00855	-3.50	0.000	-0.04664	-0.01314	4.57459
Qp	0.009072	0.0041	2.22	0.027	0.001045	0.017098	14.232
Ving*	0.258979	0.04798	5.40	0.000	0.164941	0.353018	0.729282

Fonte: Elaborada pelo autor

Os resultados dos efeitos marginais descritos na Tabela 17 revelam que a probabilidade de haver cooperação no ponto médio é de 75,33% para a amostra utilizada. A cooperação anterior do adversário (Coopaa) aumenta em 44,46% as chances de o indivíduo cooperar confirmando o emprego da estratégia "tit-for-tat" entre os jogadores.

O ganho tem impacto negativo na cooperação. O acréscimo de uma unidade na variável "Gan" diminui em 2,99% as chances da cooperação. O fato sugere que a hipótese da racionalidade (indivíduo maximizador de bem estar) é razoável para a amostra.

A variável quantidade de pessoas (Qp) influi positivamente a cooperação. O acréscimo de uma pessoa ao jogo aumenta cerca de 1% a chances de cooperação. A exposição ao julgamento também pode servir de hipótese sobre o comportamento dessa variável. Como na maior parte da dinâmica o resultado cooperativo se apresenta mais vantajoso, o participante que não coopera pode ser mal visto pelos colegas já que a que suas decisões são expostas a todos os jogadores.

Para a amostra a possibilidade de vingança como na teoria influência positivamente o estabelecimento de acordo entre os concorrente já que aumenta em 25,90% a chances da cooperação.

5 CONCLUSÕES

O uso das simulações aumentou consideravelmente o interesse dos alunos nos estudos de jogos, considerando que praticamente a totalidade dos estudantes que participaram do experimento desenvolveram algum comportamento descrito em teoria. O fato confirma que o aprendizado através do método de tentativa e erro é uma maneira eficiente de aproximar a teoria da realidade, evidenciando as minúcias e aplicabilidades do conhecimento em jogos.

Foi observado que o processo de decisão é influenciado pelo conflito gerado pelo fator emocional, que se refletiu principalmente no tempo de decisão. O fator "social" também se mostrou relevante na tomada de decisão já que a quantidade de participantes presentes no experimento influencia a escolha entre cooperar ou não. A hipótese é que a exposição ao julgamento cresce quando aumenta o número de participantes em cada dinâmica, que faz com que o indivíduo demore mais tempo para fazer suas escolhas.

Nessa amostra específica, essa mesma exposição pode ter servido de impulso a cooperação. A possível explicação é que a grande maioria dos jogos analisados apresenta equilíbrio cooperativo, caso o estudante resolva não cooperar, pode ser visto como mau jogador entre os colegas. Entretanto a hipótese da racionalidade apresentou razoável eficiência em prever decisões tomadas pelos participantes, já que em 80% dos jogos simultâneos e 77,8% dos jogos repetidos infinitamente os jogadores agiram de modo economicamente racional e os que agiram de forma contrária obtiveram ganhos médios inferiores. No jogo repetitivo finito 73% agiram de maneira contrária a racionalidade econômica, porém obtiveram resultado médio 33,2% menor que os demais.

Para a amostra analisada, as variáveis "Ganho", "Cooperação Adversária Anterior" e "Possibilidade de Vingança" influenciam a tomada de decisão exatamente como descreve a teoria. Os resultados deixam claro que grande parte da amostra se comportou com previsto e as estratégias descritas como excelentes em teoria foram as que geraram maior resultado. A teoria dos jogos mostrou-se robusta ao conseguir descrever todos os desfechos e quais as escolhas levam aos melhores resultados.

Pode-se concluir que a utilização de simulações no ensino de teoria dos jogos é uma maneira excepcional de apresentar conteúdo e aplicações da teoria aos alunos, aumentado assim, o interesse dos estudantes.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

BIERMAN, H. Scott; FERNANDEZ, Luis. **Teoria dos Jogos**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

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

GRÂMIGNA, Maria Rita Miranda. **Jogos de Empresa**. São Paulo: MAKRON Books, 1993.

GUJARATI, Damodar N. **Econometria Básica**. 5 ed. Porto Alegre: AMGH, 2011.

MADDALA, G. S. **Introdução à Econometria**. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC – Livro Técnico e Científico Editora S.A., 2003.

PINDYCK, Robert S.; RUBINFELD, Daniel L. **Econometria**. 4 ed. Rio de Janeiro: Elsevier Ltda, 2004.

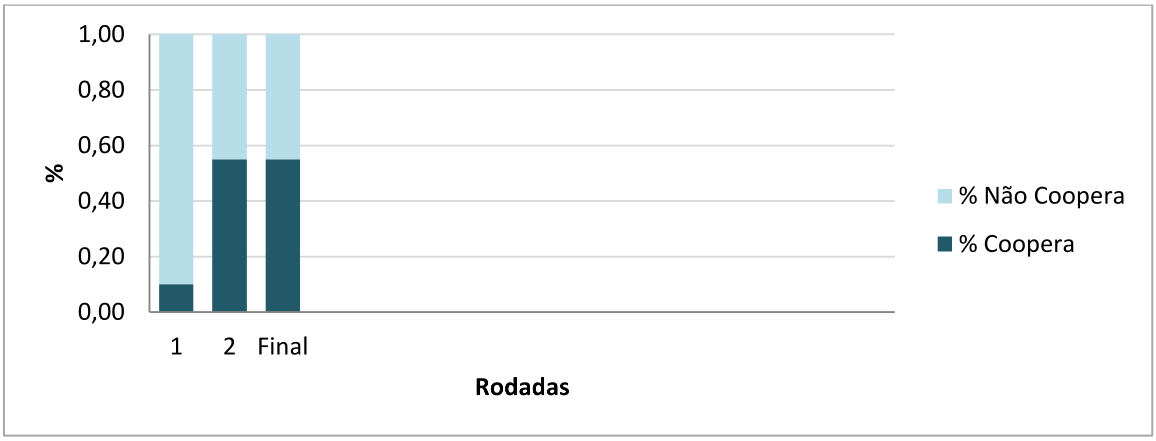
PINDYCK, Robert S.; RUBINFELD, Daniel L. **Microeconomia**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

PINHO, Diva Benevides et al. **Manual de Economia**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 1998.

ROCHA, Armando Freitas da; FREITAS, Fábio Theoto. **Neuroeconomia e processo decisório**. Janeiro: LTC, 2011.

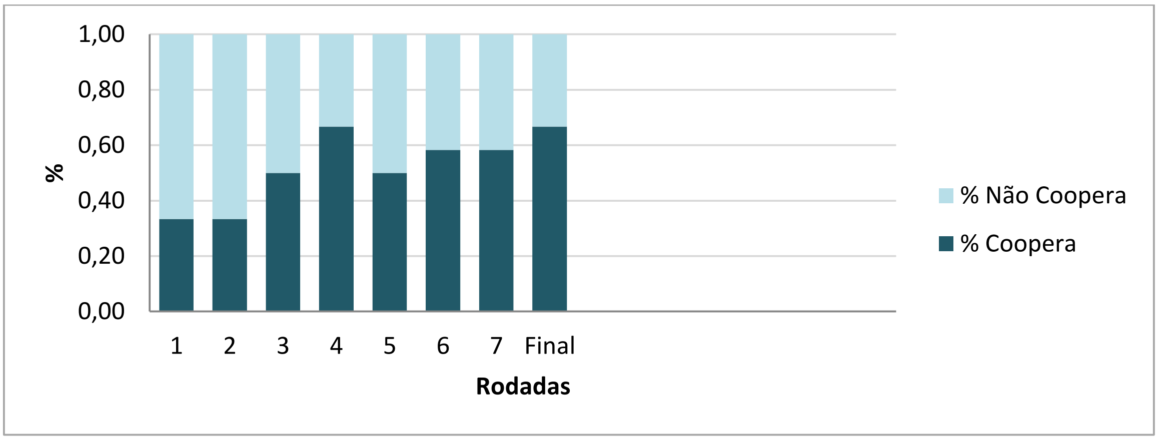
SMITH, Adam. **A Riqueza das Nações: Investigação Sobre sua Natureza e suas Causas**. v. 1. São Paulo: Nova Cultural, 1996.

APÊNDICE A – Resultado do experimento turma 2013.1 diurno



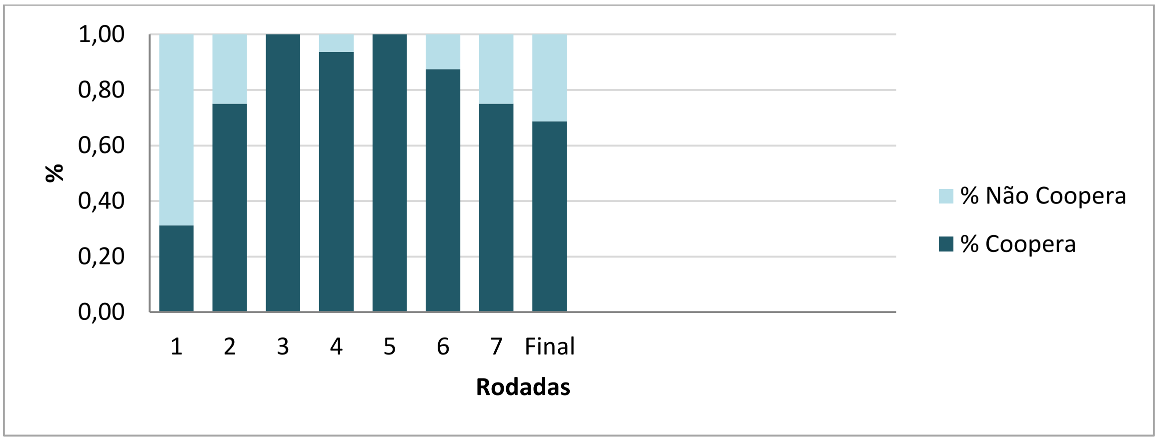
Rodada	Jogo	Quantidade de participantes	% Coopera	% Não Coopera
1	Simultâneo	20	0.10	0.90
2	Repetitivo infinito	20	0.55	0.45
Final	Repetitivo finito	20	0.55	0.45

APÊNDICE B – Resultado do experimento turma 2013.2 diurno



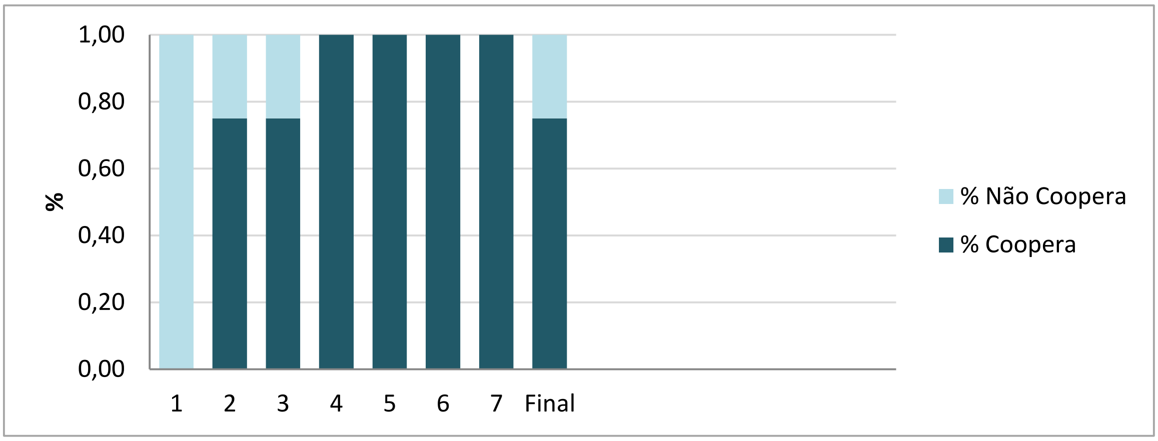
Rodada	Jogo	Quantidade de participantes	% Coopera	% Não Coopera
1	Simultâneo	12	0.33	0.67
2	Repetitivo infinito	12	0.33	0.67
3	Repetitivo infinito	12	0.50	0.50
4	Repetitivo infinito	12	0.67	0.33
5	Repetitivo infinito	12	0.50	0.50
6	Repetitivo infinito	12	0.58	0.42
7	Repetitivo infinito	12	0.58	0.42
Final	Repetitivo finito	12	0.67	0.33

APÊNDICE C – Resultado do experimento turma 2014.1 diurno



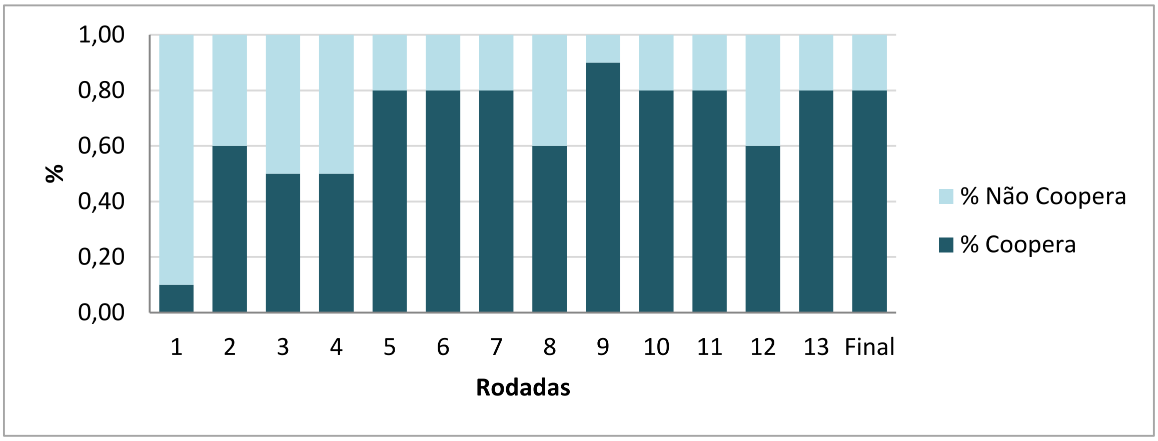
Rodada	Jogo	Quantidade de participantes	% Coopera	% Não Coopera
1	Simultâneo	16	0.31	0.69
2	Repetitivo infinito	16	0.75	0.25
3	Repetitivo infinito	16	1.00	0.00
4	Repetitivo infinito	16	0.94	0.06
5	Repetitivo infinito	16	1.00	0.00
6	Repetitivo infinito	16	0.88	0.13
7	Repetitivo infinito	16	0.75	0.25
Final	Repetitivo finito	16	0.69	0.31

APÊNDICE D – Resultado do experimento turma 2014.2 diurno



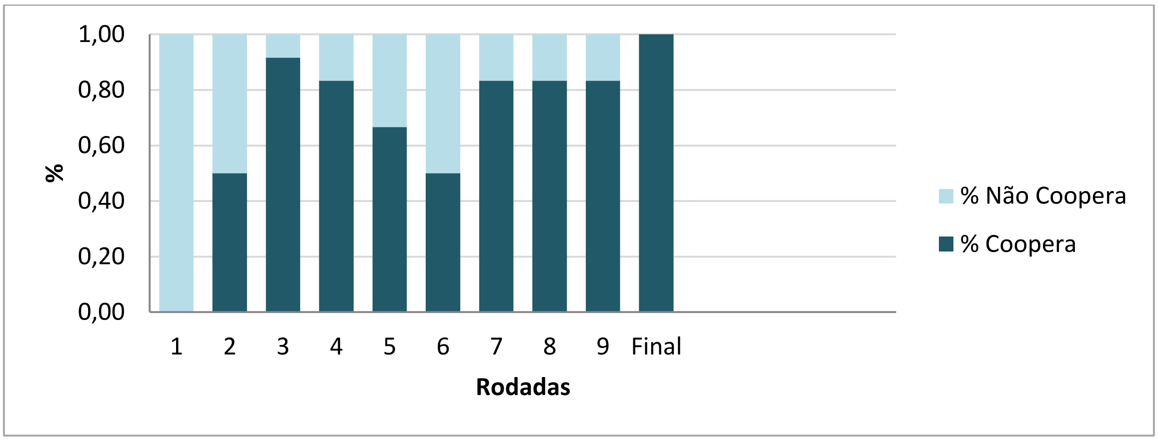
Rodada		Quantidade de participantes	% Coopera	% Não Coopera
1	Simultâneo	8	0.00	1.00
2	Repetitivo infinito	8	0.75	0.25
3	Repetitivo infinito	8	0.75	0.25
4	Repetitivo infinito	8	1.00	0.00
5	Repetitivo infinito	8	1.00	0.00
6	Repetitivo infinito	8	1.00	0.00
7	Repetitivo infinito	8	1.00	0.00
Final	Repetitivo finito	8	0.75	0.25

APÊNDICE E – Resultado do experimento turma 2015.1 diurno



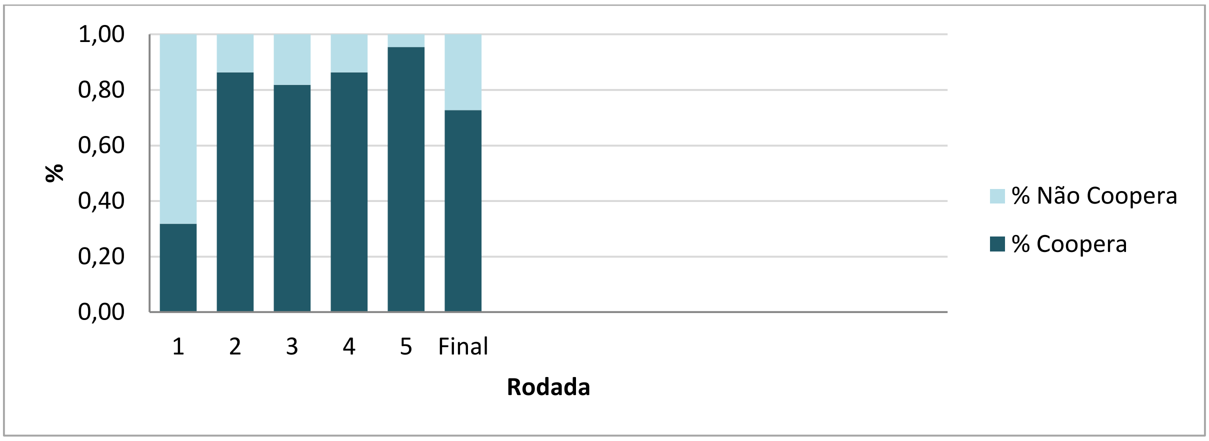
Rodada		Quantidade de participantes	% Coopera	% Não Coopera
1	Simultâneo	10	0.10	0.90
2	Repetitivo infinito	10	0.60	0.40
3	Repetitivo infinito	10	0.50	0.50
4	Repetitivo infinito	10	0.50	0.50
5	Repetitivo infinito	10	0.80	0.20
6	Repetitivo infinito	10	0.80	0.20
7	Repetitivo infinito	10	0.80	0.20
8	Repetitivo infinito	10	0.60	0.40
9	Repetitivo infinito	10	0.90	0.10
10	Repetitivo infinito	10	0.80	0.20
11	Repetitivo infinito	10	0.80	0.20
12	Repetitivo infinito	10	0.60	0.40
13	Repetitivo infinito	10	0.80	0.20
Final	Repetitivo finito	10	0.80	0.20

APÊNDICE F – Resultado do experimento turma 2015.2 diurno



Rodada	Jogo	Quantidade de participantes	% Coopera	% Não Coopera
1	Simultâneo	12	0.00	1.00
2	Repetitivo infinito	12	0.50	0.50
3	Repetitivo infinito	12	0.92	0.08
4	Repetitivo infinito	12	0.83	0.17
5	Repetitivo infinito	12	0.67	0.33
6	Repetitivo infinito	12	0.50	0.50
7	Repetitivo infinito	12	0.83	0.17
8	Repetitivo infinito	12	0.83	0.17
9	Repetitivo infinito	12	0.83	0.17
Final	Repetitivo finito	12	1.00	0.00

APÊNDICE G – Resultado do experimento turma 2015.2 noturno



Rodada	Jogo	Quantidade de participantes	% Coopera	% Não Coopera
1	Simultâneo	22	0.32	0.68
2	Repetitivo infinito	22	0.86	0.14
3	Repetitivo infinito	22	0.82	0.18
4	Repetitivo infinito	22	0.86	0.14
5	Repetitivo infinito	22	0.95	0.05
Final	Repetitivo finito	22	0.73	0.27

ANEXO I – Jogo dos postos de gasolina

Em uma pequena cidade há apenas dois postos de gasolina (Posto A e Posto B), um bem próximo ao outro. Os dois postos estão considerando agir como cartel para determinarem preços mais altos. Cada administrador no início do mês define o preço do litro da gasolina que deve permanecer por pelo menos um mês.

Se os dois postos oferecerem preços iguais e mais altos os dois terão um lucro maior (R$ 5.000,00 cada) e dividirão o mercado.

No entanto, se apenas um deles aumentar o preço e o outro não, o posto com o menor preço vai ganhar todo o mercado, e terá um lucro ainda maior do que se participasse do cartel (R$ 9.000,00).
Da mesma forma, o posto que elevar o preço sozinho teria um lucro menor que o lucro do cartel (R$ 1.000,00).

Se os dois postos não elevarem seus preços, eles continuam dividindo o mercado, mas com um lucro menor que o lucro do cartel (R$ 3.000,00 cada).

Sendo você o economista de um dos postos e sabendo que os postos só funcionarão durante um mês apenas, qual será sua decisão?
Aumentar ou manter o preço no mês?

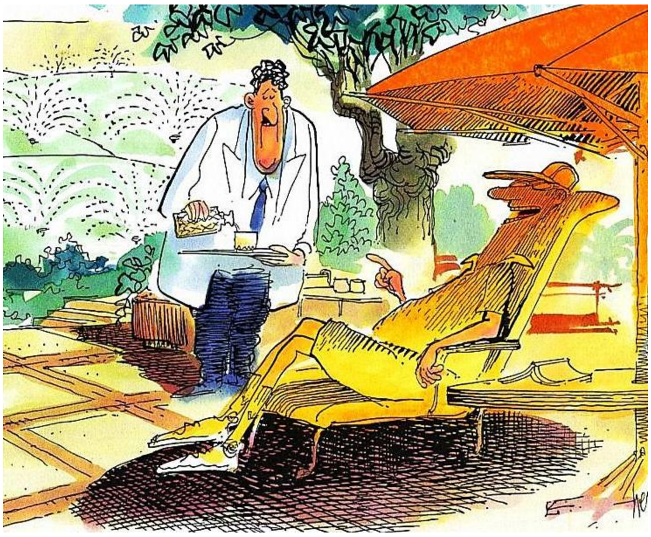
Rascunho ____

____

____

____

ANEXO II – Jogo dos restaurantes



Em uma pequena cidade no litoral há apenas dois hotéis (hotel A e hotel B), um bem próximo ao outro. Os dois hotéis estão considerando agir como cartel para determinarem preços mais altos. Cada administrador no início da alta estação define o preço da hospedagem que deve permanecer até o fim do período.

Se os dois hotéis oferecerem preços iguais e mais altos os dois dividirão o mercado e terão um lucro maior (R$ 5.000,00 cada).

No entanto, se apenas um deles aumentar o preço e o outro não, o hotel com o menor preço vai ganhar todo o mercado, e terá um lucro ainda maior do que se participasse do cartel (R$ 9.000,00). Desse modo, o hotel que elevar o preço sozinho terá um lucro menor que o lucro do cartel (R$ 1.000,00) referente às reservas já realizadas.

Se os dois hotéis não elevarem seus preços, eles continuam dividindo o mercado, mas com um lucro menor que o lucro do cartel (R$ 3.000,00 cada).

Sendo você o economista de um dos hotéis e sabendo que os hotéis só funcionarão durante uma temporada de alta estação, qual será sua decisão?
Aumentar ou manter o preço no mês?

Rascunho

ANEXO III – Jogo das montadoras

Em um pequeno país da Ásia há apenas duas montadoras de automóveis:
Montadora A e montadora B.

As duas tem atuação em todo o país e estão considerando agir como cartel para determinarem preços mais altos.

O administrador de cada montadora define no início do ano o preço do carro que deve permanecer por pelo menos um ano.

Se as duas montadoras oferecerem preços iguais e mais altos as duas terão um lucro maior (€ 5 milhões cada) e dividirão o mercado.

No entanto, se apenas uma delas aumentar o preço e a outra não, a montadora com o menor preço vai ganhar todo o mercado, e terá um lucro ainda maior do que se participasse do cartel (€ 9 milhões).
Da mesma forma, a montadora que elevar o preço sozinha teria um lucro menor que o lucro do cartel (€ 1 milhão).

Se as duas montadoras não elevarem seus preços, elas continuam dividindo o mercado, mas com um lucro menor que o lucro do cartel (€ 3 milhões cada).

Sendo você o economista de uma das montadoras e sabendo que as montadoras só funcionarão durante um ano apenas, o que você sugere? Aumentar ou manter o preço no mês?

Rascunho ____

____

____

____