

**FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS ESCOLA DE MATEMÁTICA  
APLICADA – FGV/EMAp CURSO DE GRADUAÇÃO EM  
MATEMÁTICA APLICADA**

**ANÁLISE DAS APLICAÇÕES DA TEORIA DOS  
JOGOS NAS RELAÇÕES INTERNACIONAIS -  
O USO DA TEORIA DA BARGANHA**

RIO DE JANEIRO

2019

**ANÁLISE DAS APLICAÇÕES DA TEORIA DOS JOGOS  
NAS RELAÇÕES INTERNACIONAIS - O USO DA TEORIA  
DA BARGANHA**

Projeto de conclusão do curso - EMAp - FGV-  
Rio.

Fundação Getúlio Vargas - Rio de Janeiro

Orientador: Prof. Moacyr

RIO DE JANEIRO  
2019

# Sumário

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>3</b>
<b>2 PESQUISA EXPLORATÓRIA DA LITERATURA .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 Breve Introdução Histórica da Teoria dos Jogos .....</b>	<b>4</b>
<b>2.2 Teoria dos Jogos e Relações Internacionais .....</b>	<b>6</b>
<b>2.3 O 2º Debate aos Olhos da Teoria dos Jogos .....</b>	<b>7</b>
<b>2.4 O Jogo .....</b>	<b>9</b>
<b>3 DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS ESPERADOS .....</b>	<b>11</b>
<b>3.1 Jogo em sua Forma Genérica .....</b>	<b>11</b>
<b>3.2 Equilíbrio de Nash .....</b>	<b>12</b>
<b>3.3 Solução de Barganha de Nash .....</b>	<b>12</b>
<b>3.3.1 Axiomas de Nash .....</b>	<b>12</b>
<b>4 METODOLOGIA .....</b>	<b>14</b>

# 1 Introdução

A teoria dos jogos é um ramo da matemática aplicada encarregado de estudar situações de estratégias, levando em conta a tomada de decisão sob o ponto de vista estratégico, no qual os atores buscam obter o melhor retorno. Suas aplicações variam desde questões econômicas, biológicas até em ciências políticas, sociais e na administração (1). O estudo da Teoria dos jogos é de grande relevância, vale destacar que, de 1994 até 2007, oito cientistas receberam o Prêmio Nobel da economia utilizando a teoria dos jogos, são eles John Nash, John Harsanyi e Reinhard Selten em 1994; Robert Aumann e Thomas Schelling em 2005 e Leonid Hurwicz, Eric Maskin e Roger Myerson em 2007(2).

Diversos autores definem Relações Internacionais como a interação entre atores específicos (3), podendo eles serem não-estatais, estatais, organizações internacionais, entre outros. Nas Relações Internacionais a teoria dos jogos, que tradicionalmente foi um campo exclusivo da escola realista, é aplicada em situações de conflito, segurança, processos estratégicos e comportamentais dos seus atores. Esse trabalho tem como proposta o estudo de jogos e da teoria da barganha para aplicá-los à situações de conflito.

## 2 Pesquisa Exploratória da Literatura

### 2.1 Breve Introdução Histórica da Teoria dos

# Jogos

Datado do século XVIII, o primeiro registro acerca da teoria dos jogos é uma carta de James Waldegrave, diplomata britânico, para Nicholas Bernoulli, matemático, onde ele analisou o jogo de cartas "*le Her*" e gerou uma solução, o equilíbrio de estratégias mistas, mas não desenvolveu seus resultados a ponto de criar uma teoria geral (4). Posteriormente, no começo do século XIX, em 1838, Antonie A. Cournot, filósofo e matemático, desenvolveu o modelo de competição imperfeita, chamado de Duopólio de Cournot, em seu trabalho *Researches Into the Mathematical principles of the Theory of Wealth* (5).

Já no século XX, em 1913, o lógico e matemático Ernst F. F. Zermelo publicou o primeiro teorema relacionado à teoria dos jogos, no qual afirma que o jogo de xadrez é estritamente dominado, o que significa que a cada jogada pelo menos um jogador sempre terá em mãos uma estratégia que lhe trará a vitória ou conduzirá a partida para o empate (6). Émile Borel, matemático e político, em 1921, no seu trabalho "*La théorie du jeu et les équations intégrales à noyau symétrique*"(7), reinventando as soluções *minimax*. Borel também publicou outros quatro artigos sobre jogos estratégicos, são eles: (8), (9), (10) e (11). Ele achava que tanto a guerra quanto a economia podiam ser analisadas e estudadas de maneira semelhante (12).

Em 1928, o matemático John von Neumann revolucionou a história da Teoria dos Jogos. Ao demonstrar que todo jogo finito de soma zero com duas pessoas possui uma solução em estratégias mistas, ele chamou a atenção dos acadêmicos para a Teoria dos Jogos, o que antes não ocorria. John von Neumann se dedicou a diversas áreas da ciência. Em 1944, junto com o economista Oscar Morgenstern, publicou "*The Theory of Games and Economic Behavior*"(13). Tal trabalho proporcionou a entrada da teoria dos jogos em áreas como economia e matemática aplicada.

A década de 50 marcou outra guinada na história da teoria. O matemático John Nash publicou, no início dos anos 50, quatro artigos de grande relevância para a teoria dos jogos não-cooperativos e para a teoria da barganha. "Equilibrium Points in n-Person Games", 1950, (14) e "Non-cooperative Games"(15), 1951, John Nash provou que existe um equilíbrio de estratégias mistas para jogos não cooperativos. Tal equilíbrio que sugere uma abordagem dos estudos dos jogos cooperativos a partir dos jogos não-cooperativos, foi denominado *equilíbrio de Nash*. Em "*The Bargaining Problem*"(16), 1950, e "*Two-Person Cooperative Games*"(17), 1953, Nash criou a teoria da barganha e provou a existência de solução para o problema da barganha de Nash.

Em meados dos anos 60 a Teoria dos Jogos estava estagnada pois o desafio era encontrar uma maneira de resolver o problema de payoffs quando um participante não conhece o payoff do outro, isto é, ele está trabalhando na incerteza. Nesse caso, chamados de "jogos de informação incompleta", o Equilíbrio de Nash não é aplicável. Foi nesse momento (1967-68) que o economista John Harsanyi desenvolveu a *transformação de Harsanyi*, onde o jogo de incerteza é modificado e são atribuídas probabilidades, seguindo a regra de Bayes, aos eventos desconhecidos.

No mesmo período, meados dos anos 60, o economista Reinhard Selten introduziu o conceito de *subgame perfect* que veio suprir o caso em que o equilíbrio de Nash não evita a existência de equilíbrios múltiplos. Ao passo que o equilíbrio de Nash exige um comportamento racional apenas no caminho do equilíbrio, o subgame perfect garante a ocorrência do mesmo tipo de comportamento racional no caminho do equilíbrio e fora dele.

Em 1994, o primeiro Pêmio Nobel da Economia foi dado por reconhecimento das contribuições científicas para a Teoria dos Jogos. Os laureados foram John Forbes Nash Jr, da Universidade de Princeton, John Charles Harsanyi, da Universidade de Berkeley, Califórnia, e Reinhard Selten, da Universidade de Bonn, Alemanha.

O segundo Prêmio Nobel de Economia dado por reconhecimento de importantes contribuições para a teoria dos jogos foi em 2005. Thomas C. Schelling e Robert J. Aumann foram os laureados. Eles foram reconhecidos por desenvolverem conceitos que aproximassem a economia de outras ciências sociais.

Nos anos 1960, Thomas Schelling começou a aplicar métodos da teoria dos jogos para questões ligadas à corrida armamentista que marcou os anos da Guerra Fria. Essas ferramentas teóricas ajudaram-no a definir os fatores que poderiam influenciar as decisões tomadas pelos países envolvidos, e são úteis na definição de estratégias para a resolução de conflitos, o que escreveu em "The Strategy of Conflict"(18), 1980. Ele trabalhou também com questões de cooperação de indivíduos em situação sem conflito de interesses e no confronto na esfera social, o que resultou em "Micromotives and Macrobehaviour"(19), 2006.

O economista Robert Aumann foi reconhecido pelas suas contribuições nos chamados jogos repetidos. Ele mostrou que a cooperação pacífica é frequentemente uma solução de equilíbrio em jogos desse gênero, mesmo entre participantes com interesses divergentes. Junto com o matemático Michael Maschler, estabeleceu a teoria dos jogos repetidos com informações assimétricas, nos quais um dos participantes tem mais

informações do que os outros sobre alguns aspectos do jogo e propôs, ainda, uma solução para o problema de modelagem de uma economia de competição perfeita.

O terceiro Prêmio Nobel da Economia por contribuição para a Teoria dos Jogos foi para Leonid Hurwicz, Eric Maskin e Roger B. Myerson por terem posto as bases da teoria

*Capítulo 2. Pesquisa Exploratória da Literatura* 6

do design do mecanismo. Eric Maskin, do Instituto de Estudos Avançados de Princeton, contribuiu com a teoria de implementação desenvolvida, a teoria para alcançar objetivos sociais ou econômicos específicos. Um problema importante é que o mecanismo geralmente admite equilíbrios múltiplos. Mesmo que o melhor resultado seja possível para alcançar outras soluções mais baixas podem existir. Maskin foi o primeiro a desenvolver condições sob as quais todos os equilíbrios são ótimos.

Leonid Myerson, da Universidade Minnesota, foi laureado por ter sido o pioneiro no campo do design do mecanismo. Ele formulou um quadro matemático geral para analisar as instituições que implementam a tomada de decisão coletiva. Já Roger B. Myerson, da Universidade de Chicago, foi agraciado por, na década de 1970, formular o "princípio da revelação" (uma maneira de simplificar a busca de um mecanismo viável) e a teoria da implementação levaram a grandes avanços no design do mecanismo. Ele desenvolveu esse princípio de forma perfeita e foi pioneiro em sua aplicação a problemas econômicos, como leilões e regulamentos.

## 2.2 Teoria dos Jogos e Relações Internacionais

Como vimos na breve introdução sobre a história da Teoria dos Jogos, na década de 90, as aplicações tiveram um grande avanço no âmbito político e social. Entretanto, as aplicações nas Relações Internacionais datam da década de 60. As aplicações da teoria dos Jogos originalmente foi um campo da escola Realista, a aplicação da Teoria dos Jogos, fundamentada nas premissas de que os Estados são racionais, os principais atores no Sistema Internacional e que são movidos pelo poder e pelo dilema de segurança (estando dispostos à guerra e competição).

Na década de 60, a partir da aplicação da teoria dos jogos para o entendimento de questões de conflito e cooperação, por Thomas C. Schelling, a teoria forneceu ao realismo ferramentas para afirmar suas proposições pessimistas acerca do Estado. As

aplicações foram amplas nas áreas de segurança e estratégia militar. Os jogos mais utilizados para embasar suas interpretações sobre as análises dos fenômenos internacionais foram, em suma, o Dilema do prisioneiro e o Jogo das Galinhas que, como vimos, são simétricos. Em relação ao dilema de segurança, o dilema de segurança foi muito usado durante a corrida armamentista.

Na década de 70 os estudos em teoria dos jogos focalizaram, quase que por total em questões de barganha em tempos de crise. Uma crítica que surgiu foi de que, enraizada nos pressupostos realistas, a literatura limitou-se ao uso de metáforas e descrições meramente descritivas de situações (20).

Na década de 80 as aplicações foram baseadas no paradigma da ação coletiva. Mancur Olson, economista e cientista social, ao publicar "A lógica da Ação Coletiva"(21)  
*Capítulo 2. Pesquisa Exploratória da Literatura* 7

contribuiu para a teoria econômica das alianças e teve sua maior contribuição na aplicação da teoria da estabilidade hegemônica (22). O trabalho de Olson gira em torno da ação de um ou vários indivíduos, Estados, num determinado grupo para atingir um benefício público que é o fim que todos poderão usufruir. Seu argumento principal é de que a concentração do poder tende a garantir a estabilidade do Sistema Internacional (um ator hegemônico garantiria o "bem comum", a estabilidade). Entretanto, outra interpretação da teoria é de que tais atores hegemônicos iriam estabelecer o regime internacional que os beneficie, forçando os outros atores a aceitar e contribuir para o regime. Tal interpretação foi dada por Gilpin e Krasner, autores centrais do neo-realismo.

A partir da década de 80 os neo-institucionalistas tiveram crescente interesse no estudo da Teoria dos Jogos, visto que seria uma ferramenta auxiliar na investida contra os realistas. Os neo-institucionalistas contrapuseram, assim, os neo-realistas baseados na teoria da escolha racional, dizendo que a cooperação é viável, mesmo se feita por atores puramente racionais e egoístas, e que conflitos e hegemonia não são inevitáveis (23).

Durante as décadas de 80 e 90 a teoria dos jogos ganhou destaque no 2º grande debate, o debate neo- realista x neo- intitucionalista. A Teoria dos Jogos foi amplamente usada em questões referentes à cooperação entre Estados, ao papel da coerção e criação de instituições em criar/alocar os ganhos comuns, à conflitos e ações conjuntas que gerassem ganhos.

De 90 até atualmente a aplicação da teoria dos jogos expandiu as possibilidades



de tomada de decisão de Estados, tendo grande avanço em questões relacionadas à Economia, Ciências Sociais, comportamento humano e de organizações e Ciências Políticas.

## 2.3 O 2º Debate aos Olhos da Teoria dos Jogos

Como vimos na seção anterior, os realistas usavam o Dilema do Prisioneiro, jogado uma única vez, no qual sua essência representa uma situação de impasse, na qual a estratégia dominante, a decisão racional a ser tomada é a não-cooperação. Os neo-institucionalistas propuseram a troca do Dilema do Prisioneiro de uma única jogada pelo modelo de jogo repetido pois a cooperação entre os Estados se dá de forma contínua e, portanto, envolve estratégias de reciprocidade e ajustamento mútuo do comportamento de ambos os jogadores. A resposta neo-realista foi incorporar a teoria da escolha racional e da teoria dos jogos, com vistas a reafirmar seu pessimismo quanto a possibilidade da cooperação internacional e que os Estados são motivados a disputar pelo poder.

No que diz respeito ao argumento central do neo-institucionalismo (de que o principal obstáculo à cooperação advém da preocupação dos Estados com o cumprimento efetivo dos acordos por parte de seus parceiros), o neo-realismo contrapõe sua ideia fundamental segundo a qual o que move os Estados é a preocupação com o poder relativo,

*Capítulo 2. Pesquisa Exploratória da Literatura* 8

que os outros não alcancem maior poder relativo. Para os realistas, o principal obstáculo à cooperação entre os Estados resulta do medo de que os outros Estados possam alcançar ganhos maiores.

Para os neo-institucionalistas, o uso dos jogos repetidos se dá pelo fato de nesses jogos o incentivo a não-cooperação ser menor, garantindo a durabilidade do jogo se garante uma maior probabilidade de cooperação. Porém, para os neo-realista, como o que está em destaque é a incerteza e os ganhos relativos, será preferível aos Estados a escolha de um jogo mais curto, permitindo, então, a saída quando os ganhos relativos não forem mais satisfatórios.

No que se refere aos jogadores, os neo-institucionalistas defendem que quanto menos participantes, maior a chance do acordo de cooperação ser mantido e, no caso

de algum participante descumprir o acordo, mais eficaz será a sanção. Para os neo-realistas o cenário ideal é o oposto. Para eles, quanto mais participantes no acordo, dado um contexto de incertezas, maior a probabilidade do ganho relativo ser dos parceiros melhores posicionados serem compensados pelos dos piores posicionados. Essa oposição das duas escolas se dá por dois aspectos: o primeiro é que a teoria neo-institucionalista enfatiza o problema do cumprimento do acordo, ao passo que a neo-realista foca nas questões distributivas dos ganhos relativos, e o segundo é que o propósito dos neo-institucionalistas é de criar um arranjo em que não haja incentivo à fraude, à não-cooperação, e os neo-realistas se preocupam enfatizar as preocupações com o ganho relativo dos participantes menos favorecidos no arranjo. Sua maior crítica, dada por Krasner (24), é de que os problemas da cooperação internacional não são caracterizados por pontos de equilíbrio subótimos, e sim pela discórdia acerca da distribuição dos ganhos, que são, portanto, conflitos distributivos e não conflitos por falha de mercado relativos à eficiência do arranjo.

O resultado da consolidação do debate é que algumas das dimensões discutidas foram reconhecidas por cada uma das escolas como próprias às suas abordagens específicas, o que podemos achar em "Neorealism and its Critics"(25), Keohane(25), 1986, e "Neorealism and Neoliberalism- The Contemporary Debate" (26), Baldwin(26),1993. O primeiro aspecto se refere aos jogos de soma-zero. Eles, em questões políticas, são descartados, porém, em questões relativas às relações internacionais, o modelo permanece no debate sob a concepção do poder do realismo clássico. Em segundo lugar está a colaboração. Os Estados precisam buscar mecanismos que garantam a durabilidade do acordo de cooperação, para que os "custos" imediatos da cooperação sejam compensados pela ajuda mútua. Os problemas de coordenação (jogo da Batalha dos Sexos, por exemplo), por outro lado, enfatizam a barganha prévia, eles podem gerar grandes implicações distributivas, atrapalhando, assim, a consolidação de uma solução cooperativa. Por último, atualmente, têm-se buscado jogos conjuntos de cooperação e coordenação.

Os jogos de dois níveis vêm sendo estudado pois ele admite, ao mesmo tempo, o

*Capítulo 2. Pesquisa Exploratória da Literatura* 9

jogo doméstico e o internacional de barganha. Esse modelo surge como mais uma investida neo-institucionalista contra os neo-realistas. Sua premissa é que o governante deverá manipular as políticas domésticas e internacionais simultaneamente. Sendo a diplomacia vista como um processo de interação estratégica dentro e fora do Estado.

## 2.4 O Jogo

Um jogo é uma situação onde jogadores devem estudar a escolha na tomada de decisão para que essa decisão, sob uma condição de conflito, seja ótima. No jogo cada jogador possui um conjunto de estratégias, tendo, assim, uma situação, ou perfil, no espaço de todos os perfis possíveis. Matematicamente falando, cada jogador possui uma função utilidade que atribui um valor real, o payoff do jogador, a cada situação do jogo.

- Jogos simétricos e assimétricos

Um jogo é dito simétrico se os payoffs dos jogadores em uma estratégia dependem exclusivamente da estratégia escolhida, e não do jogador. O Jogo da Galinha, o Dilema do Prisioneiro e a Caça ao Veado são jogos simétricos. Os jogos assimétricos são aqueles em que, para cada jogador, existem grupos de estratégias diferentes. O Jogo do Ultimato e o do Ditador são jogos desse tipo.

- Jogos de soma zero e soma diferente de zero

Jogos de soma zero são aqueles em que o benefício total para todos os jogadores, independente da escolha da estratégia, é sempre zero. Isto é "a soma dos ganhos é equivalente à soma das perdas". O Poker e o Xadrez são exemplos de jogos de soma zero, pois no poker o ganhador termina com a soma de todas as perdas de seus oponentes e no xadrez o número de vitórias e derrotas, em uma partida, é sempre igual. Jogos de soma diferente de zero são aqueles em que as saídas podem ser maior ou menor que zero. O Dilema dos Prisioneiros é um exemplo de jogo soma diferente de zero.

- Jogos simultâneos e jogos sequenciais

Os jogos simultâneos são aqueles em que ambos os jogadores se movem simultaneamente ou desconhecem a estratégia de seu oponente. A forma normal, forma gráfica pela qual o jogo simultâneo é representado, é em forma de matriz, chamada matriz de ganho.

Nos jogos sequenciais (ou dinâmicos) o jogador "seguinte" tem conhecimento da jogada de seu antecessor. Esses jogos são representados graficamente por grafos e essa ilustração é chamada de forma extensiva.

- Jogos de informação perfeita e informação imperfeita

*Capítulo 2. Pesquisa Exploratória da Literatura* 10

Tanto os jogos de informação perfeita, quanto de informação imperfeita são jogos sequenciais. Um jogo é de informação perfeita se todos os jogadores conhecem os movimentos prévios feitos por todos os outros jogadores. No jogo de informação imperfeita, no momento da decisão, o jogador pode não estar informado de das decisões tomadas anteriormente à sua ou do resultado de um fenômeno aleatório anterior.

- Jogos finitos e infinitos

Jogos finitos são aqueles que terminam após determinado número de etapas. Os infinitos podem prolongar-se indefinidamente. Todos os jogos simultâneos são finitos pois têm fim em uma única etapa, já os jogos dinâmicos podem ser finitos ou infinitos.

- Jogos discretos e jogos contínuos

Os jogos discretos são aquele no qual o número de jogadores e de escolhas de cada jogador são finitos. Os jogos contínuos são aquele onde o número de jogadores ou o número de possíveis escolhas é denso.

11

## 3 Desenvolvimento e Resultados Esperados

Para alcançarmos o desejado, teremos que nos lançar sobre a modelagem e as soluções de jogos.

### 3.1 Jogo em sua Forma Genérica

Antes de modelar e analisar fenômenos políticos, precisamos entender e definir cada elemento do jogo (27):

- **Agentes:** Seja  $N$  o conjunto de agentes. Nomeamos um agente arbitrário de  $i$ , com  $i \in N$ , e todos os agentes de  $N$ , exceto  $i$ , de  $-i$ , com  $-i \in N$ .

- **Estratégia Pura:** Seja  $S_i$  o conjunto de estratégias puras para cada um dos agentes, com  $i \in N$ . Uma estratégia arbitrária  $s_i \in S_i$ . Seja  $S$  o conjunto de todas as estratégias puras, temos que  $S \equiv \times_{i \in N} S_i$ , e  $s = (s^1, s^2, \dots, s_i, \dots, s^n) \in S$ . Da mesma forma, denotamos  $S_{-i} \equiv \times_{j \in N \setminus i} S_j$ , com  $j \in N \setminus i$  contém o conjunto de estratégias para cada jogador, exceto  $i$ . Um elemento deste conjunto,  $s_i$ , é o perfil das estratégias para os jogadores  $N \setminus i$ . Para economizar em notação, freqüentemente escrevemos  $s$  como  $(s_i, s_i)$ .

- **Payoffs:** A representação de forma anormal requer funções de utilidade de von Neumann-Morgenstern sobre loterias em  $S$ . Agentes têm funções de utilidade definidas sobre o conjunto de perfis de estratégia,  $u_i(s) : SR^1$ . Às vezes a função de utilidade para  $i$  é denotada  $u_i(s_i, s_i)$ . As funções  $u_i(\Delta)$  são funções de utilidade de Bernoulli e, dada qualquer loteria sobre  $S$ , o agente calcula sua utilidade esperada sob a loteria. A representação normal também pode ser usada em situações nas quais os payoffs são interpretados como utilidades esperadas.

Temos, então, que no primeiro momento cada jogador,  $i \in N$ , escolhe sua estratégia,  $s_i \in S_i$  e no momento seguinte, cada agente  $i$  recebe o payoff  $u_i(s)$ .

Definimos, assim, a forma padrão do jogo como:

$$\{N, \{S_i, u_i(\cdot, \dots, \cdot)\}\}$$

onde

$$\langle N, S, u \rangle$$

representa um jogo onde  $u$  é o vetor utilidade.

A forma gráfica genérica de um jogo é dada, então, por:

Capítulo 3. Desenvolvimento e Resultados Esperados 12

$$1 \ 2 \ s_{21} \ s_{22} \ \dots \ s_{2k} \ s_{11} \ u(s_{11}, s_{21}) \ u(s_{11}, s_{22}) \ u(s_{11}, s_{2k}) \ s_{12} \ u(s_{12}, s_{21}) \ u(s_{12}, s_{22}) \ \dots \ u(s_{1l}, s_{2k})$$

## 3.2 Equilíbrio de Nash

A contribuição fundamental de John Nash para a teoria dos jogos é a formulação de uma solução para jogos de forma normal que pode ser aplicada amplamente. A solução de Nash envolve a seleção de perfis estratégicos de tal forma que a estratégia do agente seja uma "melhor resposta" às estratégias desempenhadas pelos outros jogadores para todos. Consequentemente, um dos mais importantes conceitos na teoria dos jogos é a melhor correspondência de resposta

### • Definição 1

A melhor  $S_i \rightarrow$  correspondência de resposta  $S_i$ , definido como  $b_i(s_{-i}) =$

$$\{s_i \text{ para } i \text{ o agente } i \in S_i : u_i(s_i, s_{-i}) \geq u_i(s, s_{-i}) \text{ mapeando } s_{-i} \in S_{-i} \} \quad b_i(s_{-i}) : \text{ para todo } s_i \in S_i$$

Um equilíbrio de Nash é simplesmente um perfil de estratégia no qual cada agente está desempenhando um elemento de seu conjunto de melhores respostas dadas as estratégias dos outros agentes.

• **Definição 2** O Equilíbrio de Nash (em estratégias puras) para um jogo padrão é a estratégia  $s^*$  que satisfaz  $s^*_i \in b_i(s^*_{-i})$  para todo  $i \in N$ .

• **Definição 3** O Equilíbrio de Nash (em estratégias puras) para um jogo padrão é a estratégia  $s^*$  que satisfaz  $u_i(s^*_i, s^*_{-i}) \geq u_i(s_i, s^*_{-i})$  para todo  $i \in N$  e todo  $s_i \in S_i$ .

## 3.3 Solução de Barganha de Nash

Uma das primeiras tentativas de modelar barganha é a estrutura desenvolvida por John Nash. Sua abordagem é axiomática; Ele estipula uma série de características que devem caracterizar o resultado de qualquer situação de barganha.

### 3.3.1 Axiomas de Nash

1. Os barganhadores maximizam a utilidade esperada.

Capítulo 3. Desenvolvimento e Resultados Esperados 13

2. Negociar é eficiente. Os jogadores alocam totalmente todos os recursos, e nenhum jogador faz pior do que sua discordância valor.
3. A atribuição depende apenas das preferências do jogador e valores de desacordo
4. A solução de barganha não é afetada pela eliminação das alocações de consideração  
além da solução.

Espera-se que no final do trabalho possa-se replicar situações reais de conflito a analisá-las de forma matemática.

14

## 4 Metodologia

Estudaremos e utilizaremos o Equilíbrio de Nash e Solução de Barganha de Nash para desenvolver os cálculos e as análises. Utilizaremos o McCarty e Meirowitz(27) e outros materias para a base matemática e artigos como Correa(3), Zagare e Slantchev(28) para fazer a ligação entre teoria dos jogos e Relações Internacionais.

15

## Referência

### S

1 FIANI, R. *Teoria dos jogos*. [S.I.]: Elsevier Brasil, 2006. Citado na página 3.

2 NOBEL MIDIA. *All Prizes in Economic Sciences*. [S.I.], 2017. Disponível em: [<https://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/economic-sciences/laureates/>](https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/economic-sciences/laureates/). Citado na página 3.

- 3 CORREA, H. Game theory as an instrument for the analysis of international relations. *Ritsumeikan Annual Review of International Studies*, v. 14, n. 2, p. 187–208, 2001. Citado 2 vezes nas páginas 3 e 14.
- 4 BELLHOUSE, D. R.; FILLION, N. et al. Le her and other problems in probability discussed by bernoulli, montmort and waldegrave. *Statistical Science*, Institute of Mathematical Statistics, v. 30, n. 1, p. 26–39, 2015. Citado na página 4.
- 5 COURNOT, A. A.; FISHER, I. *Researches into the Mathematical Principles of the Theory of Wealth*. [S.l.]: Macmillan Co., 1897. Citado na página 4.
- 6 ZERMELO, E. Über eine anwendung der mengenlehre auf die theorie des schachspiels. In: . [S.l.: s.n.]. Citado na página 4.
- 7 BOREL, E. La théorie du jeu et les équations intégrales à noyau symétrique. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, v. 173, n. 1304-1308, p. 58, 1921. Citado na página 4.
- 8 BOREL, E.; HERMANN, J. Sur les jeu où intervient l'hasard et l'habileté des joueurs. *Association Française pour l'Avancement des Sciences*, n. 79-85, 1923. Citado na página 4.
- 9 BOREL, E. Sur les jeu où intervient l'hasard et l'habileté des joueurs. *Paris: Librairie Scientifique*, n. 204-224, 1924. Citado na página 4.
- 10 BOREL, E. Traite du calcul des probabilités et des ses applications, applications des jeux de hasard. Fascicule, vol. IV, n. 122, 1938. Citado na página 4.
- 11 BOREL, E. Jeux où la psychologie joue un role fondamental. Fascicule, vol. IV, n. 71-87, 1938. Citado na página 4.
- 12 SANTINI, B. A. B. A. et al. [S.l.]. Citado na página 4.
- 13 NEUMANN, J. V.; MORGENSTERN, O. *Theory of games and economic behavior*. [S.l.]: Princeton University Press Princeton, NJ, 1945. Citado na página 4.
- 14 NASH, J. F. et al. Equilibrium points in n-person games. *Proceedings of the national academy of sciences*, USA, v. 36, n. 1, p. 48–49, 1950. Citado na página 4.
- 15 NASH, J. Non-cooperative games. *Annals of mathematics*, JSTOR, p. 286–295, 1951. Citado na página 4.



16 JR, J. F. N. The bargaining problem. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, JSTOR, p. 155–162, 1950. Citado na página 4.

Referências 16

17 NASH, J. Two-person cooperative games. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, JSTOR, p. 128–140, 1953. Citado na página 4.

18 SCHELLING, T. C. *The strategy of conflict*. [S.I.]: Harvard university press, 1980. Citado na página 5.

19 SCHELLING, T. C. *Micromotives and macrobehavior*. [S.I.]: WW Norton & Company, 2006. Citado na página 5.

20 SNIDAL, D. The game theory of international politics. *World Politics*, Cambridge University Press, v. 38, n. 1, p. 25–57, 1985. Citado na página 6.

21 OLSON, M.; FERNANDEZ, F. *A lógica da ação coletiva: os benefícios públicos e uma teoria dos grupos sociais*. [S.I.]: Edusp, 1999. Citado na página 6.

22 OLSON, M. A theory of the incentives facing political organizations: Neo-corporatism and the hegemonic state. *International Political Science Review*, Sage Publications Sage CA: Thousand Oaks, CA, v. 7, n. 2, p. 165–189, 1986. Citado na página 7.

23 KEOHANE, R. O. (1984) after hegemony. *Cooperation and Discord in the World Political Economy*, Princeton, 1984. Citado na página 7.

24 KRASNER, S. D. Global communications and national power: Life on the pareto frontier. *World politics*, Cambridge University Press, v. 43, n. 3, p. 336–366, 1991. Citado na página 8.

25 KEOHANE, R. O. *Neorealism and its Critics*. [S.I.]: Columbia University Press, 1986. Citado na página 8.

26 BALDWIN, D. A. *Neorealism and neoliberalism: the contemporary debate*. [S.I.]: Columbia University Press, 1993. Citado na página 8.

27 MCCARTY, N.; MEIROWITZ, A. *Political game theory: an introduction*. [S.I.]: Cambridge University Press, 2007. Citado 2 vezes nas páginas 11 e 14.

28 ZAGARE, F. C.; SLANTCHEV, B. L. Game theory and other modeling approaches. In: *Oxford Research Encyclopedia of International Studies*. [S.I.: s.n.], 2010. Citado na

