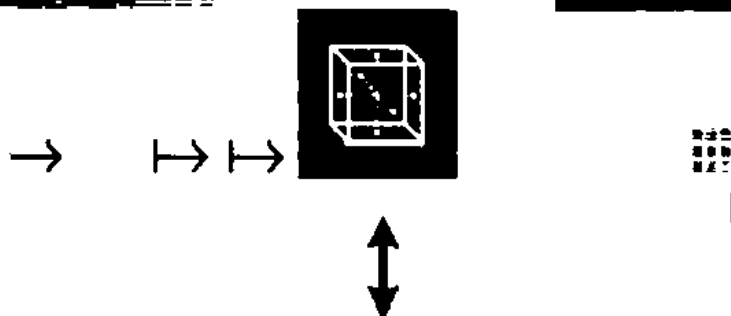


Ronaldo Fiani

Teoria dos Jogos



Com Aplicações em Economia, Administração e Ciências Sociais

Contém exercícios resolvidos


CAMPUS

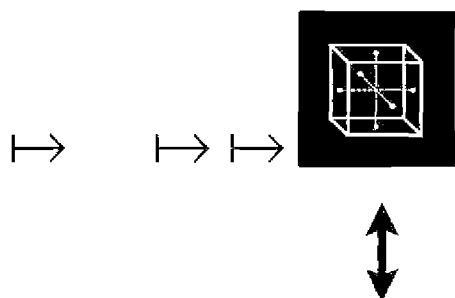
Terceira Edição

Material do
Professor
na WEB

www.campus.com.br

Ronaldo Fiani

Teoria dos Jogos



Com Aplicações em Economia, Administração e Ciências Sociais

Terceira Edição

8ª tiragem



Para meu pai (*in memoriam*) e meu padrasto (*in memoriam*),
que sempre estiveram presentes. E para minha mãe,
pela lição de esperança.

Agradecimentos

Inicialmente, gostaria de agradecer ao meu mestre, que primeiro me apresentou ao fascinante mundo dos jogos, Luís Otávio de Figueiredo Façanha. Em seguida gostaria de fazer um agradecimento especial a Sheila Najberg, Antônio Marcos Ambrózio e Maria Isabel de Toledo Andrade, que leram e comentaram vários pontos da primeira versão de *Teoria dos Jogos: para cursos de administração e economia*.

Ao cientista político Carlos Pereira e ao capitão-de-mar-e-guerra Valdecílio Pinheiro Linhares, meu agradecimento pelas conversas que me convenceram do interesse de teoria dos jogos para além da economia e da administração de empresas. Carlos Pereira, em especial, fez vários comentários úteis que procurei incorporar neste livro.

Um agradecimento a Raul Antonio Mourão Vieira, que proporcionou uma oportunidade ímpar para a discussão das ideias deste livro ao longo de um curso com executivos da Petrobras. Um agradecimento especial a João Fernando Monteiro Campos, pelos comentários e críticas que me fizeram melhorar a segunda edição. As respostas dos exercícios na 3ª edição muito devem à inestimável ajuda de Amir Szuster. O professor Fábio Waltenberg apontou incorreções na segunda edição, pelo que sou muito agradecido.

Erros e omissões que porventura permaneçam são, obviamente, de total responsabilidade do autor.

Sumário

Introdução	xiii
1 Por Que Estudar Teoria dos Jogos?	1
O Interesse por Jogos	1
Entendendo a Lógica da Situação: a Batalha do Mar de Bismarck	2
As Vantagens de Estudar Teoria dos Jogos	9
Quando Estamos Jogando	12
Algumas Situações que Podem ser Estudadas como Jogos	14
A Teoria da Escolha Racional	23
Jogando com as Preferências: O Paradoxo de Condorcet	27
Afinal, a Vida é um Jogo?	30
Uma Muito Breve História da Teoria dos Jogos	34
Exercícios	39
2 Modelos de Jogos: Representando uma Situação de Interação Estratégica	41
Introdução	41
Representando as Ações dos Jogadores e suas Consequências	43
Empregando a Forma Estratégica ou Normal para Representar um Jogo Simultâneo	46
Empregando a Forma Estendida para Representar um Jogo Sequencial	50
Estratégias e Conjuntos de Informação	56
Forma Estratégica <i>versus</i> Forma Estendida	64
Exercícios	72
3 Jogos Simultâneos: Encontrando as Melhores Respostas Estratégicas	79
Introdução	79
Uma Primeira Busca da Solução do Jogo: Eliminando Estratégias Estritamente Dominadas	81
Eliminação Iterativa de Estratégias Estritamente Dominadas	84

Estratégias Racionalizáveis e Melhor Resposta	88
A Limitação do Método de Eliminação Iterativa de Estratégias Estritamente Dominadas	91
Solucionando um Jogo Simultâneo: o Equilíbrio de Nash	93
Equilíbrio de Nash Estrito	98
Equilíbrio em Estratégias Estritamente Dominantes e Equilíbrio de Nash Estrito	99
Equilíbrio de Nash e Ótimo de Pareto	102
Um Caso de Mais do que um Equilíbrio de Nash	103
Selecionando entre Vários Equilíbrios de Nash na Prática: o Conceito de Ponto Focal	106
Um Caso em que Não Há Equilíbrio de Nash	108
Alguns Jogos Importantes	109
Exercícios	116
4 Aplicando o Equilíbrio de Nash: Interagindo Estrategicamente	121
Introdução	121
O Modelo de Cournot (ou de Determinação Simultânea de Quantidades)	122
O Modelo de Cournot com Duas Empresas	122
O Modelo de Cournot e a Eficiência de Pareto: o Cartel	126
O Modelo de Cournot com Mais de Duas Empresas	130
O Modelo de Bertrand (ou de Determinação Simultânea de Preços)	134
O Modelo de Bertrand sem Restrição de Capacidade	134
O Modelo de Bertrand com Restrição de Capacidade: o Paradoxo de Edgeworth	138
O Modelo de Bertrand com Diferenciação de Produtos	142
O Jogo da Localização	147
O Jogo da Localização sem Custos de Transporte	147
O Jogo da Localização com Custos de Transporte	158
O Problema dos Recursos Comuns	164
Exercícios	168
5 Jogos Estritamente Competitivos e Estratégias Mistas: Prevenindo-se no Conflito	171
Introdução	171
De Volta à Batalha do Mar de Bismarck	172
Os Jogos Estritamente Competitivos ou Jogos de Soma Zero	173
Analisando o Equilíbrio em Jogos Estritamente Competitivos: Minimax e Maximin	179
O Jogo do Apadrinhamento	185
Estratégias Mistas em Jogos Estritamente Competitivos	191
Uma Aplicação de Estratégias Mistas a Jogos Não Estritamente Competitivos	206
Exercícios	212

6	Jogos Sequenciais: Avaliando Ameaças e Promessas	215
	Introdução	215
	Os Limites do Equilíbrio de Nash em um Jogo Sequencial: o Jogo da Entrada	216
	O Equilíbrio de Nash Perfeito em Subjogos	221
	O Método da Indução Reversa	231
	Quando Acreditar (ou Não) em Ameaças e Promessas	234
	Tornando Ameaças e Promessas Críveis: Movimentos Estratégicos	241
	Jogos Sequenciais de Estratégias Contínuas	250
	O Modelo de Liderança de Quantidades (Stackelberg)	250
	O Modelo de Liderança de Preços: um Caso de Conluio Tácito	252
	Exercícios	255
7	Jogos Repetidos: Induzindo a Cooperação	259
	Introdução	259
	Aplicando Jogos Repetidos a Cartéis	261
	O Problema da Cooperação em Jogos Repetidos Finitos	267
	Equilíbrio Perfeito em Subjogos em Jogos Repetidos Finitos	271
	Jogos Infinitamente Repetidos: Tentando Promover a Cooperação	278
	Há Muitas Possibilidades de Cooperação	291
	De Volta ao Problema da Estabilidade dos Cartéis	297
	Exercícios	299
8	Jogos Simultâneos de Informação Incompleta: Desenho de Leilões	301
	Introdução	301
	O Equilíbrio de Nash Bayesiano	305
	O Modelo de Cournot com Informação Incompleta	314
	Desenho de Mecanismo	316
	O Princípio da Revelação	325
	Uma Aplicação de Jogos de Informação Incompleta: Leilões	327
	Elementos Básicos de Leilões	328
	O Leilão Simultâneo de Envelopes Lacrados	330
	O Leilão de Vickrey ou de Segundo Preço	334
	Leilão Holandês, Leilão Inglês e Equivalência Estratégica entre Leilões	336
	Leilões de Valor Comum e a Maldição do Vencedor	338
	Exercícios	339

9	Outros Jogos de Informação Assimétrica: Equilíbrio Perfeito Bayesiano e Sinalização	343
	Introdução	343
	Equilíbrio Bayesiano Perfeito	343
	O Teorema de Bayes	344
	O Equilíbrio Perfeito Bayesiano em Jogos Sequenciais de Informação Incompleta	348
	Jogos de Sinalização	355
	Exercícios	360
	Respostas de Exercícios	363
	Bibliografia Sugerida	385
	Índice	389

Introdução

Você pode descobrir mais sobre uma pessoa em uma hora de jogo do que em um ano de conversa.

PLATÃO, FILÓSOFO GREGO (427 a.C. – 347 a.C)

Inicialmente, gostaria de agradecer aos professores, estudantes e leitores interessados em teoria dos jogos pelo sucesso do livro *Teoria dos Jogos: para cursos de administração e economia*, do qual este livro é uma sequência. A grande aceitação pelo público de *Teoria dos Jogos: para cursos de administração e economia* não apenas confirmou que a teoria dos jogos é um tema de grande importância e que deve ser estudado em cursos de graduação de economia e administração de empresas, mas também demonstrou que ela interessa a cientistas políticos, sociólogos, militares etc.

Este livro é uma tentativa de atender a esse interesse. Nesse sentido, representa bem mais do que uma nova edição de *Teoria dos Jogos: para cursos de administração e economia*. Trata-se, na verdade, de uma ampliação do escopo e dos objetivos do livro. Agora, nosso interesse é difundir os conhecimentos de jogos para todos aqueles que lidam com situações em sua atividade profissional nas quais a presença da estratégia é importante.

Não que a utilidade da teoria dos jogos para além da economia e dos negócios empresariais seja novidade. Pelo contrário, nos Estados Unidos e na Europa há muitos anos já se reconhece a importância da teoria dos jogos na política e nas relações sociais, assim como nas atividades de natureza militar. O interesse dos profissionais das mais diferentes áreas, no Brasil, em relação à teoria dos jogos apenas repete um padrão que já é muito conhecido no exterior.

Todavia, não se esperava que isso ocorresse de forma tão rápida. A boa recepção de *Teoria dos Jogos: para cursos de administração e economia*, não

apenas nas faculdades de Economia e Administração, como também em outras áreas, e de forma bastante rápida, nos surpreendeu e muito nos alegrou. Além disso, nos impôs um desafio: preparar uma nova obra que desse conta de um interesse tão diversificado, sem, contudo, esquecer os economistas e administradores de empresas, que ainda são os principais interessados nesse campo de conhecimento.

Este é então o objetivo deste livro: levar a teoria dos jogos para economistas, administradores, cientistas políticos, militares e todos aqueles que tenham interesse em conhecer como a interação entre indivíduos ou organizações, que agem estrategicamente de acordo com os seus interesses, pode ser estudada objetivamente por meio de métodos matemáticos.

Isso nos leva à questão do nível do conhecimento matemático que é necessário para ler este livro. Para a maior parte dos assuntos apresentados, os conhecimentos de matemática adquiridos no ensino médio são suficientes.

Nos Capítulos 5, 8 e 9, principalmente neste último, alguma familiaridade com probabilidades pode ser útil, mas não consideramos esse conhecimento um pré-requisito: nesses capítulos apresentamos os princípios básicos de probabilidade ao longo do texto, de forma que mesmo o leitor pouco familiarizado com probabilidades possa acompanhar a apresentação.

Ainda com relação aos conhecimentos matemáticos, os Capítulos 4, 6, 8 e 9 envolvem a aplicação de cálculo de derivadas em sua forma mais simples, na maior parte das vezes em aplicações de modelos econômicos. Assim, a falta de conhecimento de cálculo não deve ser um obstáculo ao leitor que deseje conhecer teoria dos jogos, e que não tenha uma formação na qual o cálculo seja objeto de estudo.



O ícone ao lado do título de uma seção indica ao leitor que aquela seção exige conhecimentos de cálculo.

Na introdução à primeira edição de *Teoria dos Jogos: para cursos de administração e economia* afirmava-se que havia poucos títulos sobre teoria dos jogos publicados no Brasil. Hoje a situação se alterou um pouco, mas o número de títulos ainda é muito pequeno. Isso continua sendo algo surpreendente, não apenas pelo fato de que teóricos de jogos foram agraciados por duas vezes com o Prêmio Nobel de Economia (em 1994 e 2005), mas principalmente quando se considera o enorme volume de títulos publicados no exterior sobre o tema.

Os capítulos do livro estão organizados da seguinte forma: o Capítulo 1 discute como aplicar teoria dos jogos a uma situação de interação estratégica, e os limites dessa aplicação. A teoria dos jogos não deve ser aplicada a qualquer situação de interação estratégica, mas somente às situações em que os agentes buscam agir de forma racional. Começaremos a raciocinar estrategicamente a partir de um fato histórico: a batalha do mar de Bismarck, na Ásia, em 1943.

No Capítulo 2, estudaremos como modelar uma situação de interação estratégica em que os agentes se comportam da forma estudada no Capítulo 1. Veremos que, sendo um campo que aplica conhecimentos e métodos de natureza matemática, a teoria dos jogos impõe algumas regras precisas de modelagem que devem ser empregadas.

No Capítulo 3 discutiremos o importante conceito de equilíbrio de Nash e a forma pela qual é possível solucionar um jogo simultâneo. Veremos situações de interação estratégica que são amplamente citadas na literatura econômica, de empresas e em política: o dilema do prisioneiro, a batalha dos sexos, o jogo do “galinha” etc. – uma série de situações-padrão que são empregadas na análise de vários tipos de interação entre indivíduos, organizações etc.

O Capítulo 4 trata de uma série de aplicações do equilíbrio de Nash, em particular a modelos em que os jogadores dispõem de estratégias contínuas. Vamos analisar os modelos de oligopólios tradicionais: Cournot e Bertrand, tanto em suas versões clássicas, quanto em versões com variantes. Veremos também o jogo de localização, que, aplicado à política, dá origem ao teorema do eleitor mediano, e a tragédia dos comuns, muito citada em análise de esgotamento de recursos naturais.

O Capítulo 5 traz a discussão sobre jogos estritamente competitivos, também conhecidos como jogos de soma zero, e estratégias mistas. Poderemos então analisar com um pouco mais de formalização o jogo da batalha do mar de Bismarck, que discutimos no primeiro capítulo, e algumas características importantes do processo de interação estratégica entre Estados Unidos e a extinta União Soviética, que ficou conhecido como Guerra Fria.

No Capítulo 6 discutiremos o equilíbrio de Nash perfeito em subjogos, que é a base para avaliar quando uma ameaça ou promessa deve ser levada a sério. Veremos que nem todas as ameaças ou promessas são críveis, ou seja, devem ser acreditadas. Veremos também que os jogadores podem agir estrategicamente para torná-las críveis.

O Capítulo 7 trata de jogos repetidos, que são um instrumento essencial para entender por que, em algumas situações, a cooperação entre os jogadores surge espontaneamente, enquanto, em outras, isso não acontece. Em que situações as empresas cooperam espontaneamente e, mesmo sem ter nenhum con-

Por Que Estudar Teoria dos Jogos?

*Os franceses pensam que a vida é um jogo.
Os ingleses pensam que críquete é um jogo...*

(ANÔNIMO)

O INTERESSE POR JOGOS

Todos nós, em algum momento da nossa infância, tivemos contato com algum jogo: um jogo de salão, mais modernamente os jogos eletrônicos ou uma disputa esportiva. Fosse uma brincadeira de criança ou algo mais elaborado, como um campeonato de xadrez, todos nós já participamos de alguma espécie de jogo. Mesmo depois de adultos, alguns jogos, como o futebol, continuam despertando paixões. De certa forma, principalmente como recreação, jogos são algo tão presente no nosso dia-a-dia que os encaramos como algo natural. A maioria das pessoas, provavelmente, não considera os jogos algo a ser estudado seriamente.

Contudo, refletindo um pouco, veremos que em nossa linguagem corrente com frequência tratamos como se fossem “jogos” atividades bem mais sérias do que aquelas que praticamos nos momentos de lazer. Isso fica evidente quando empregamos expressões do tipo “o jogo da política internacional”, “o jogo da livre concorrência” etc., o que parece sugerir que há algo em comum entre negociações internacionais, decisões estratégicas de executivos de empresas competidoras e uma partida de xadrez.

De fato, isso realmente ocorre – existe uma característica importante presente ao mesmo tempo em uma partida de xadrez, em um encontro internacional de líderes para discutir medidas de não-proliferação nuclear e nas decisões de empresários quanto ao lançamento de um novo produto para competir com

produtos semelhantes: o fato de os indivíduos e as organizações tomarem suas decisões em uma situação de *interação estratégica*.



Uma situação de *interação estratégica* é aquela em que participantes, sejam indivíduos ou organizações, reconhecem a interdependência mútua de suas decisões.

Dessa forma, sempre que um conjunto de indivíduos, empresas, partidos políticos etc., estiver envolvido em uma situação de interdependência recíproca, em que as decisões tomadas influenciam-se reciprocamente, pode-se dizer que eles se encontram em um “jogo”. No próximo capítulo definiremos com maior precisão o que é um jogo, mas esperamos já ter dado uma noção do tipo de situação que irá nos interessar daqui por diante.

Assim, situações nas quais há interação estratégica podem ser caracterizadas como “jogos”. A questão agora é se existe alguma maneira de analisar e conhecer melhor os possíveis desdobramentos desse tipo de situação, em que há interação estratégica. É exatamente aqui que a teoria dos jogos entra em cena. Vamos ilustrar para o quê serve a teoria dos jogos utilizando como exemplo uma das mais importantes batalhas da Segunda Guerra Mundial: a batalha do mar de Bismarck.

ENTENDENDO A LÓGICA DA SITUAÇÃO: A BATALHA DO MAR DE BISMARCK

Em dezembro de 1942 o alto comando de guerra japonês decidiu transferir um maciço reforço da China e do Japão para Lae, em Papua-Nova Guiné. Isso permitiria aos japoneses se recuperarem da derrota de Guadalcanal e se prepararem para a próxima ofensiva aliada. Contudo, a movimentação de um volume grande de tropas por mar tinha um risco elevado: o poderio aéreo aliado na área era fortíssimo.

Mesmo assim os japoneses reuniram oito destróieres, oito transportadores de tropas e mais cem aviões de escolta para a operação. A frota japonesa partiu de Rabaul, também em Papua-Nova Guiné, em 28 de fevereiro de 1943, transportando em torno de 6.900 soldados para reforçar suas linhas de defesa em Lae, e navegando à velocidade máxima.

Um dado importante da situação era o fato de que o comboio japonês dispunha de duas rotas alternativas: a rota pelo sul, que apresentava tempo bom e boa visibilidade, e a rota pelo norte, que apresentava tempo ruim e baixa visibilidade. As forças aliadas, por outro lado, somente possuíam aviões de reconhe-

cimento para pesquisar uma rota por vez, sendo que a busca em qualquer uma das rotas consumia um dia inteiro.

Dessa forma, se as forças aliadas enviassem seus aviões de reconhecimento para a rota certa, poderiam começar o ataque em seguida. Porém, se mandassem os aviões para a rota errada, perderiam um dia de bombardeios. Os aliados também sabiam que se os japoneses escolhessem o sul e fossem localizados de imediato, o bom tempo garantiria três dias de bombardeio. Todavia, se os japoneses tivessem escolhido a rota norte, mesmo que os aliados os localizassem logo no primeiro dia de buscas, o mau tempo permitiria apenas dois dias de bombardeio.

A melhor situação para a aviação aliada aconteceria se os aliados enviassem os aviões de reconhecimento para a rota sul e os japoneses tivessem escolhido essa rota. Nesse caso, seria possível atacar o comboio durante três dias. A pior situação para os aliados seria se os japoneses tivessem ido pelo norte e os aviões de reconhecimento fossem enviados no primeiro dia para a rota sul: os aliados perderiam um dia por iniciar a busca na rota errada e mais outro dia pelo mau tempo da rota norte, dispondo apenas de um dia para bombardear o comboio.

Caso os japoneses tivessem escolhido a rota norte e os aliados também mandassem seus aviões iniciarem a busca por essa rota, os aliados perderiam apenas um dia de bombardeio devido ao mau tempo, tendo dois dias a sua disposição para atacar o comboio. Por último, se os japoneses escolhessem o sul e os aliados comesçassem sua busca pelo norte, perderiam um dia em função do engano e teriam dois dias de bombardeio efetivo à disposição.

Se você fosse do comando aéreo aliado, o que faria?

Em 1^o de março o comboio japonês foi avistado por um bombardeiro de patrulha B-24 Liberator. No primeiro dia de buscas os aliados tinham enviado seus aviões de reconhecimento para a rota norte e encontraram os japoneses ainda no primeiro dia. Após esse primeiro contato, bombardeiros pesados norte-americanos foram enviados, mas não conseguiram localizar o comboio japonês, devido ao mau tempo.

No dia 2 de março houve novo contato visual com o comboio e vários B-17 Fortalezas Voadoras atacaram, afundando navios de suprimento e transporte. De 1.500 soldados que estavam sendo transportados em um dos navios, cerca de 700 morreram. Dois destróieres (o *Yukikaze* e o *Asagumo*) se anteciparam ao comboio para desembarcar os sobreviventes que conseguiram recolher em Lae, retornando mais tarde. Enquanto isso, ao entardecer e durante a noite do dia 2, o comboio sofreu bombardeios esporádicos.

O dia 3 de março foi um dia de ataques incessantes. Inicialmente, às 10 horas da manhã, Fortalezas Voadoras bombardearam os navios japoneses a média al-

titude, forçando os navios do comboio a se dispersarem para reduzir os danos, o que atrasou a viagem. Em seguida, 13 Beaufighters atiraram com seus quatro canhões de 20 milímetros e seis metralhadoras, danificando as armas antiaéreas dos navios japoneses, comprometendo os tombadilhos e provocando grandes baixas nas tripulações. Seguiram-se bombardeios de 13 US B-25 Mitchells, lançamento de torpedos de aviões B-25 modificados para ataques a baixa altitude, ataques de aviões USAAF A-20 e novos bombardeios de B-17. À tarde, houve mais ataques com aviões Mitchells e RAAF Bostons.

Todos os transportadores de tropas foram afundados, juntamente com os destróieres *Shirayuki*, *Arashio* e *Tokitsukaze*. O destróier *Asagumo* foi afundado posteriormente, ao se envolver em novo combate enquanto recolhia sobreviventes do *Arashio*. Mesmo depois da batalha encerrada, após dois dias de bombardeios, seguindo ordens dos comandantes aliados, aviões e navios atacaram os navios de resgate japoneses, assim como sobreviventes que flutuavam em botes salva-vidas ou nadavam no mar. Apesar de ser uma evidente quebra da Convenção de Genebra, os aliados justificaram sua ação afirmando que os sobreviventes, se resgatados, poderiam ser rearmados e enviados à linha de combate.

Apenas quatro destróieres conseguiram recuar de volta até o ponto de partida, em Rabaul: a batalha tinha sido um desastre para o Japão. Não apenas foram perdidos todos os navios de transporte e quatro destróieres: apenas 800 soldados conseguiram chegar a seu destino em Lae. Calcula-se a perda de soldados e marinheiros japoneses em cerca de 2.900 homens.

Como os aliados encontraram os japoneses logo no primeiro dia de busca?

Sem dúvida seria muito difícil responder a essa pergunta considerando *toda* a complexidade das circunstâncias que envolveram a batalha, da qual somente listamos alguns dados. Na verdade, em geral as situações de interação estratégica, tenham ou não o caráter dramático de uma batalha de guerra, são situações muito complexas e de difícil análise simplesmente observando-se os dados da situação. O que necessitamos para poder afirmar algo acerca de qualquer situação de interação estratégica em geral, e acerca da batalha de Bismarck em particular, é de um *modelo*.

Um modelo nada mais é do que uma representação *simplificada* de um objeto de estudo, no caso, de uma situação de interação estratégica, em que a situação é apresentada de forma simplificada, em que *propositadamente alguns elementos são destacados, enquanto outros são omitidos*. A seleção dos elementos a serem destacados ou omitidos *não é arbitrária*: omitimos os fatos que consideramos pouco importantes, ou até mesmo irrelevantes para a compreensão do que está sendo estudado, ao mesmo tempo em que destacamos aquilo que consideramos essencial e decisivo para o entendimento do nosso objeto de estudo.

Fazemos isso porque a realidade sempre envolve um elevado grau de complexidade, de tal forma que dificilmente conseguiríamos entender os fatos se tentássemos dar conta de todos os detalhes. É claro que isso envolve um risco: temos de ser criteriosos no momento de distinguir quais elementos devem ser destacados por sua importância e quais devem ser omitidos por serem pouco relevantes. Se, por algum equívoco, forem destacados elementos que não são muito importantes para o entendimento da situação e sua posterior análise e/ou, forem omitidos elementos importantes, corre-se o risco de chegar a conclusões totalmente equivocadas.

Felizmente a teoria dos jogos nos oferece tanto algumas formas de modelar uma situação de interação estratégica quanto de analisar essas situações, após elas terem sido modeladas. Eis um modelo muito simples que poderíamos utilizar para a análise da batalha do mar de Bismarck, representado na tabela a seguir (Figura 1.1):

Na Figura 1.1, listamos os dias de bombardeio de acordo com a combinação de estratégias escolhidas pelas forças aliadas (representadas nas linhas) e pelo comboio japonês (representado nas colunas). Veja-se, por exemplo, o que teria ocorrido caso as forças aliadas tivessem escolhido iniciar sua busca pela rota sul e os japoneses tivessem enviado o comboio também pela rota sul, na célula superior esquerda da tabela: três dias de bombardeio.

O leitor poderá identificar imediatamente que a tabela tem exatamente as características de um modelo: ela omite inúmeros detalhes da batalha para se concentrar apenas naquilo que parece essencial – para onde os aliados mandaram seus aviões de reconhecimento no primeiro dia e por onde os japoneses escolheram enviar seu comboio, se pela rota norte, de mau tempo, ou pela rota sul, de bom tempo.

É fácil perceber que não há uma opção que seja imediatamente melhor para os aliados. Caso os japoneses tivessem escolhido o sul, o melhor teria sido enviar os aviões para o sul. Já na hipótese de os japoneses terem enviado o comboio pelo norte, o melhor seria enviar os aviões pelo norte. Se você fosse o comandante das forças aliadas, o que faria?

Forças Aliadas	Comboio Japonês	
	Rota Sul	Rota Norte
Busca Rota Sul no Primeiro Dia	3 dias de bombardeio	1 dia de bombardeio
Busca Rota Norte no Primeiro Dia	2 dias de bombardeio	2 dias de bombardeio

Figura 1.1 A Batalha do Mar de Bismarck

Com o nosso modelo simplificado, fica clara a resposta: você deveria mandar os aviões fazerem a busca no primeiro dia pela rota norte. Isso porque enquanto para os aliados a melhor estratégia dependia do que os japoneses decidissem, *para os japoneses a rota norte era a melhor escolha caso os aliados escolhessem o sul e era uma opção tão boa quanto a rota sul se os aliados escolhessem o norte!* Para entender a razão disso, basta examinar a tabela: se os aliados começassem a busca pelo sul, a escolha da rota sul acarretaria três dias de bombardeio, ao passo que a escolha da rota norte acarretaria apenas um dia de bombardeio. Já se os aliados escolhessem a rota norte, a escolha da rota sul ou da rota norte não faria diferença: ambas acarretariam dois dias de bombardeio.

Portanto, como a rota norte acarretaria um menor número de dias de bombardeio em um caso e igual número de dias de bombardeio em outro, a rota norte era a melhor opção para o comboio japonês, dado que o alto comando naval do Japão desejava, obviamente, minimizar suas perdas. Conscientes disso, os aliados enviaram seus aviões para a rota norte e o resto da história nós já contamos.

Assim, os aliados “adivinharam” por onde os japoneses viriam simplesmente considerando: (1) que os japoneses agiriam racionalmente (não se exporiam a perdas desnecessárias); e (2) os dados da situação (o número de dias de bombardeio que o tempo em cada rota permitiria). Era uma boa aposta e se mostrou bem-sucedida.

Assim, a partir de um modelo muito simples, mas que já incorpora alguns princípios de teoria dos jogos que você terá a oportunidade de estudar neste livro, fomos capazes de entender o que aconteceu na batalha do mar de Bismarck *a partir de um conjunto de dados muito pequeno*: a disponibilidade de aviões para reconhecimento dos aliados e as condições meteorológicas das duas rotas.

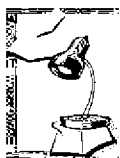
Desse modo, não foi preciso pesquisar o que se passou com o alto comando japonês e nem com o comando aéreo aliado na área para entender as opções de cada lado e as consequências da batalha.¹ Em outras palavras, nosso modelo simplificado, que já é uma aplicação da teoria dos jogos, nos permitiu entender *a lógica da situação*. Na verdade, como afirmou John McMillan, um dos objetivos da teoria dos jogos é entender a lógica da situação.

Mas o que significa “entender a lógica da situação”? Foi o filósofo austríaco Karl Popper (1902-94) quem cunhou a expressão *lógica situacional*, ao se referir ao método das ciências sociais. Em sua opinião, as ciências sociais deveriam bus-

¹ No Capítulo 5, teremos a oportunidade de fazer uma análise mais formal do modelo que descreve essa batalha.

car compreender objetivamente a lógica de uma determinada situação de interação entre indivíduos, ou organizações, a partir dos *dados objetivos* dessa situação, sem analisar a subjetividade dos indivíduos envolvidos, ou seja, sem investigar os sentimentos, expectativas, desejos etc. dos indivíduos que participam das interações.

Caberia assim às ciências sociais, de acordo com Popper, *explicar as ações* praticadas em uma situação de interação entre indivíduos, ou organizações, a partir *apenas* da própria situação, sem recorrer à psicologia dos indivíduos envolvidos. Em suas próprias palavras:



Isto nos permite compreender, então, ações em um sentido objetivo, a ponto de podermos dizer: reconhecidamente, possuo diferentes alvos e sustento diferentes teorias (de, por exemplo, Carlos Magno), mas se tivesse sido colocado nesta situação (...) então eu, e presumivelmente vocês também, teria agido de uma forma semelhante à dele. (Karl Popper, *Lógica das Ciências Sociais*, Rio de Janeiro, Tempo Brasileiro, 1999, p. 32.)

É fácil perceber que foi exatamente isso o que fizemos no caso da batalha do mar de Bismarck. Muito provavelmente nenhum de nós foi membro do alto comando naval japonês ou do comando aliado na Ásia, ou mesmo participou da batalha. Não sabemos o que se passou nas mentes dos comandantes que tomaram as decisões, ou mesmo dos milhares de soldados que lutaram ou perderam suas vidas naquele conflito.

Contudo, fomos capazes de, mesmo sem conhecer o que esses homens viveram, explicar suas ações e o desfecho da batalha. O que Popper está afirmando é que o mesmo método tem boa chance de funcionar, seja para os comandos militares da Segunda Guerra, seja para entender as ações do imperador Carlos Magno na Idade Média.

A teoria dos jogos é um excelente exemplo desse método e vamos procurar mostrar que ela se aplica a um grande número de situações e não apenas a batalhas militares: irá nos ajudar a entender, por exemplo, por que cartéis funcionam em alguns casos, mas em outros não; por que as empresas muitas vezes pagam prêmios como incentivo aos seus executivos; por que alguns leilões funcionam melhor do que outros; por que reservas de recursos naturais são depredadas; por que políticos de partidos com diferentes matizes ideológicos tendem a assumir propostas parecidas etc.

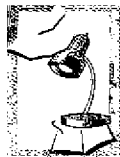
Seremos capazes de analisar tudo isso sem recorrer em nenhum momento a uma investigação sobre o que os indivíduos envolvidos nessas interações pensam ou sentem. A teoria dos jogos nos permite elaborar várias explicações para

esses e outros fenômenos da vida social, desde que haja interação entre indivíduos conscientes de que suas decisões individuais afetam a todos.

O ponto de partida da aplicação da teoria será sempre um modelo. Pode ser um modelo simples como o que empregamos na análise da batalha do mar de Bismarck ou um modelo mais complexo. Em teoria dos jogos há vários tipos de modelos, de acordo com o tipo de interação que estiver sendo analisado. Teremos oportunidade de estudar que tipo de modelo se adapta melhor a cada tipo de situação de interação estratégica.

Não é possível tratar de todas as situações de interação estratégica com o mesmo modelo, uma vez que há diferentes tipos de situações de interação: há interações que acontecem apenas uma vez e nas quais os agentes envolvidos decidem simultaneamente; outras que se repetem no tempo; outras em que os agentes envolvidos decidem em uma ordem bem-definida; outras em que alguns decidem já conhecendo as decisões dos outros agentes etc.

Todavia, independentemente do tipo de interação que estivermos estudando, o ponto de partida será sempre um modelo. A constituição de um modelo será sempre o primeiro passo da análise, como explica Roger B. Myerson:



A análise de qualquer jogo ou situação de conflito deve se iniciar com a especificação de um modelo que descreva o jogo. Assim, a forma ou a estrutura geral dos modelos que utilizarmos para descrever jogos deve ser cuidadosamente considerada. Uma estrutura de modelo que seja simples demais pode nos forçar a ignorar aspectos vitais dos jogos reais que desejamos estudar. Uma estrutura de modelo excessivamente complicada pode impedir nossa análise, obscurecendo as questões essenciais. (Roger B. Myerson, *Game Theory: Analysis of Conflict*, Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press, 1991, p. 37.)

Já tínhamos feito uma breve referência à importância da especificação do modelo em nossa análise da batalha do mar de Bismarck. Selecionamos então apenas dois elementos das inúmeras decisões de ambos os lados ao longo dos eventos que se sucederam antes e durante a batalha: quais as rotas que poderiam ser escolhidas pelos japoneses para enviar o comboio e em quais rotas as forças aliadas poderiam fazer o reconhecimento no primeiro dia de ataque.

Com apenas esses dois elementos fomos capazes de explicar as decisões dos aliados dos japoneses. Se tivéssemos escolhido outros elementos da mesma situação para explicar o que ocorreu, provavelmente não teríamos uma compreensão adequada das ações militares. Assim, a especificação adequada do modelo é essencial para que o objetivo de entender a lógica da situação seja alcançado.

Aqui devemos fazer uma advertência. Da discussão superficial da batalha do mar de Bismarck pode ficar a impressão de que a teoria dos jogos tem uma receita pronta para dar conta de qualquer situação de interação estratégica. Assim, qualquer que fosse o caso, haveria uma fórmula infalível de se definir o modelo, aplicá-lo ao caso concreto e encontrar a melhor maneira de se comportar estrategicamente na situação. Como se houvesse um “manual” que fornecesse respostas prontas para qualquer situação de interação estratégica.

Contudo, deve-se enfatizar que *não é nosso propósito oferecer qualquer receita pronta acerca de como se comportar em uma situação de interação estratégica na vida real*. Como explica novamente John McMillan, a decisão estratégica é, ao mesmo tempo, uma *ciência* e uma *arte*. Embora o conhecimento da ciência seja uma condição necessária se desejamos nos tornar bons estrategistas, não é o suficiente. Fazendo um paralelo com o jogo de xadrez, estudar as táticas de abertura, desenvolvimento e finalização do jogo é condição necessária para ser um bom enxadrista, mas apenas a leitura e o estudo não tornam ninguém um campeão. A *arte* da estratégia somente se desenvolve com a *experiência*.

O problema é que a experiência não apenas nos permite distinguir o que é essencial do que não é importante, ao se formular um modelo de jogo, mas também – e em alguns casos isso é essencial – vai nos permitir perceber os elementos específicos da situação que, embora possam não estar sempre contemplados na teoria, algumas vezes têm um papel decisivo no desenvolvimento de uma situação de interação estratégica.

A teoria dos jogos pode, portanto, ser um excelente guia, embora não nos forneça necessariamente uma receita pronta, uma vez que desenvolvemos nossa experiência em situações de interação estratégica. Esse é o nosso objetivo com este livro: introduzir o estudante na teoria dos jogos para que ela o ajude a entender a lógica das situações de interação estratégica enquanto ele desenvolve sua experiência como analista de casos concretos.

AS VANTAGENS DE ESTUDAR TEORIA DOS JOGOS

Assim, o estudo de teoria dos jogos possui duas vantagens. Eis a primeira delas:



A teoria dos jogos ajuda a entender *teoricamente* o processo de decisão de agentes que interagem entre si, a partir da compreensão da lógica da situação em que estão envolvidos.

O termo “teoricamente” está enfatizado pois se trata de estudar, por meio de abstrações, como se desenvolve o processo de tomada de decisão. Utilizar abs-

trações significa excluir da análise todos os fatores particulares e acidentais que podem afetar o resultado do processo em estudo, o que não quer dizer em absoluto que esses fatores não possam ser importantes na determinação do resultado final em uma situação concreta específica.

Logo, a teoria dos jogos irá permitir identificar a lógica do processo de interação estudado, *desde que sejam respeitadas as hipóteses dessa teoria, e aplicado um modelo adequado às circunstâncias específicas do caso*. Resultados muito diferentes dos previstos serão obtidos caso essas hipóteses não sejam respeitadas, ou as particularidades da situação não sejam adequadamente compreendidas. Não basta, portanto, conhecer a teoria: é preciso também saber os limites do conhecimento proporcionado pela teoria. No próximo capítulo discutiremos um pouco mais as hipóteses em que se baseia boa parte da teoria dos jogos.

Vejamos agora a segunda vantagem de estudar teoria dos jogos:



A teoria dos jogos ajuda a desenvolver a capacidade de raciocinar estrategicamente, explorando as possibilidades de interação dos agentes, possibilidades estas que nem sempre correspondem à intuição.

Explorar as possibilidades resultantes da interação estratégica entre agentes, em particular aquelas que vão de encontro à intuição, é uma excelente forma de desenvolver o raciocínio estratégico. Isso porque, quando indivíduos ou organizações estão envolvidos em processos de interação estratégica, algumas vezes existem possibilidades que dificilmente seriam percebidas sem o treinamento proporcionado pela teoria dos jogos.

Vamos ilustrar o que estamos querendo dizer com um exemplo bastante simples. Chamaremos esse jogo de *jogo de votação da diretoria*. Imagine que a diretoria de uma empresa hipotética vai se reunir para definir, por meio de votação, os planos da empresa para o ano seguinte. Vamos supor que há apenas três decisões possíveis: investir na construção de uma nova fábrica (que vamos chamar de Investir), ampliar a fábrica já existente (Ampliar), ou aplicar os recursos no sistema financeiro (Aplicar).

Vamos supor também que, para facilitar a decisão, os diretores decidem votar em dois turnos: primeiro votam se constroem a nova fábrica ou se ampliam a já existente. Depois, votam novamente, decidindo entre a escolha vitoriosa na primeira votação e a opção de aplicar os recursos no sistema financeiro. O quadro da Figura 1.2 apresenta as preferências dos diretores, por ordem de prioridade.

O quadro deve ser lido da seguinte forma: o Diretor 1 prefere Investir a Aplicar, e prefere Aplicar a Ampliar. O Diretor 2 prefere Aplicar a Investir, e prefere, por

Diretor 1	Diretor 2	Diretor 3
Investir	Aplicar	Ampliar
Aplicar	Investir	Investir
Ampliar	Ampliar	Aplicar

Figura 1.2 As Preferências dos Diretores

sua vez, Investir a Ampliar. E o Diretor 3 prefere Ampliar a Investir e Investir a Aplicar. Qual seria o resultado da votação? Caso não haja interação estratégica entre os diretores, ou seja, caso cada um deles vote sem levar em consideração as preferências dos demais, o resultado é fácil de ser obtido, basta seguir as preferências do quadro.

Assim, no primeiro turno da votação, ao ter de escolher entre Investir e Ampliar o Diretor 1 escolherá Investir (sua primeira opção), o Diretor 2 escolherá Investir (sua segunda opção, note que sua primeira opção, Aplicar, não está sendo votada agora!), e o Diretor 3 votará em Ampliar, sua primeira opção. Investir derrotará Ampliar por 2×1 . No segundo turno é fácil ver que a opção Investir será vitoriosa: receberá os votos do Diretor 1 e do Diretor 3 (Aplicar é sua última opção), enquanto Aplicar receberá apenas o voto do Diretor 2.

Contudo, esse resultado foi obtido partindo da hipótese de que cada diretor vote sem levar em consideração as opiniões dos demais. E se um deles resolvesse agir estrategicamente, ou seja, reconhecendo a interdependência de suas escolhas? Para simplificar, vamos supor que apenas o Diretor 2 resolvesse agir dessa maneira. Ele percebe que, se em vez de votar em Investir, ele votasse em Ampliar, essa seria a opção vitoriosa.

No segundo turno, quando fosse a vez de votar entre Ampliar e Aplicar, a opção Aplicar sairia vitoriosa com o voto do Diretor 2 mais o voto do Diretor 1, que prefere Aplicar a Ampliar. O Diretor 2, ao considerar estrategicamente as preferências dos demais diretores, estaria melhor do que no primeiro caso, pois agora seria vitoriosa a opção Aplicar, que é sua primeira opção.

Para isso, no entanto, o Diretor 2 teve de votar em Ampliar no primeiro turno – a opção que ele *menos desejava*, mas que permitiu que sua primeira opção (Aplicar) acabasse sendo vitoriosa! Assim, com um exemplo simples, pudemos ilustrar o fato de que, em interações estratégicas envolvendo votações, pode ser mais interessante, dependendo da forma como a votação é realizada, votar na sua *pior* escolha, ainda que isso pareça ir de encontro à nossa intuição.

Esse tipo de exercício amplia a percepção das possibilidades de interação estratégica entre agentes que reconhecem sua interdependência mútua e que agem racionalmente, o que é uma das principais vantagens do estudo da teoria dos jo-

gos. Sem esse estudo, as chances de compreender, e estudar, essas possibilidades de interação seriam muito reduzidas. Faça a atividade proposta a seguir, para checar se você percebeu bem a natureza dos problemas que a interação estratégica produz.



Atividade 1.1: Volte ao Jogo da Votação da Diretoria e suponha agora que *todos os diretores* sabem que o diretor 2 pode agir estrategicamente. Supondo-se que todos os diretores são racionais, no sentido de que cada um deseja ver a sua opção preferida vitoriosa, isso alteraria o desenvolvimento do jogo?

Até aqui discutimos o objeto da teoria dos jogos e as vantagens que ela pode nos oferecer. Vejamos agora, muito resumidamente, a que tipos de situação se aplica e como surgiu essa teoria, cuja origem é relativamente recente.

QUANDO ESTAMOS JOGANDO

Vamos começar com uma caracterização um pouco mais precisa do que pode ser considerado um jogo:



Situações que envolvam interações entre agentes racionais que se comportam estrategicamente podem ser analisadas *formalmente* como um jogo.

Assim, um jogo nada mais é do que uma representação formal que permite a análise das situações em que agentes interagem entre si, agindo racionalmente.² Essa caracterização merece ser analisada com cuidado, uma vez que ela contém todos os elementos necessários à compreensão do objeto de estudo da teoria dos jogos. Vejamos cada um desses elementos separadamente.

- *Um jogo é um modelo formal.* Isso significa que a teoria dos jogos envolve técnicas de descrição e análise, ou, em outras palavras, que existem regras preestabelecidas para apresentar e estudar um jogo. Portanto, o estudo dessas técnicas é um elemento fundamental para a compreensão da teoria.
- *Interações.* Significam que as ações de cada agente, consideradas individualmente, afetam os demais. Alguns autores também consideram jogos

² Na verdade, essa definição se adapta apenas a jogos de estratégia e não a outros tipos de jogos, como jogos de pura sorte. Esse ponto ficará claro mais adiante.

as situações em que as ações de um agente não chegam a afetar os demais, como, por exemplo, as decisões de oferta de um vendedor em um mercado pulverizado, no qual cada vendedor representa uma fração tão pequena da oferta total que não pode influenciar, com suas decisões, o preço de mercado. Não será essa, todavia, a abordagem aqui adotada: consideraremos jogos processos que envolvam interações entre os agentes.

- **Agentes.** Um agente é qualquer indivíduo, ou grupo de indivíduos, com capacidade de decisão para afetar os demais: um indivíduo sozinho pode ser um agente, como no caso em que um empregado decide se vai ou não pedir um aumento a seu patrão; ou um grupo de indivíduos pode ser um agente, como no caso de empregados que decidem fazer greve por melhores salários.³ Em ambos os casos, um agente é denominado, em teoria dos jogos, um *jogador*. Vale enfatizar que jogadores podem ser tanto indivíduos quanto organizações (empresas, governos, sindicatos, partidos políticos etc.).
- **Racionalidade.** Assumir que os agentes são racionais significa supor que os indivíduos empregam os meios mais adequados aos objetivos que almejam, sejam quais forem esses objetivos.⁴ A questão da racionalidade é uma das mais complexas no campo das Ciências Sociais, da Psicologia e mesmo da Filosofia. Ainda teremos oportunidade, neste capítulo, de falar um pouco sobre as dificuldades envolvidas com a questão da racionalidade, pois elas são essenciais para uma correta compreensão dos limites de aplicação da teoria dos jogos.
- **Comportamento estratégico.** Por comportamento estratégico entende-se que cada jogador, ao tomar a sua própria decisão, leva em consideração o fato de que os jogadores interagem entre si, e que, portanto, sua decisão terá consequências sobre os demais jogadores, assim como as decisões dos outros jogadores terão consequências sobre ele. Obviamente, isso envolve raciocínios complexos, em que o que um dos jogadores decide depende do que ele acha que os demais farão em resposta às suas ações, o que, por sua vez, irá depender do que os demais jogadores acham que ele fará, e assim por diante.

³ É importante observar que um mesmo indivíduo pode não ser um agente em um jogo, mas ser um agente em outro. Assim, as crianças de uma família não são agentes no momento em que seus pais decidem que despesas abater do Imposto de Renda, mas podem ser agentes do jogo familiar que define onde serão as próximas férias.

⁴ O leitor deve notar que a definição de racionalidade aqui apresentada exclui qualquer avaliação de natureza moral acerca dos objetivos dos jogadores. Assim, a racionalidade de um jogador independe de seus objetivos serem bons ou maus. Teremos oportunidade também de discutir essa questão no próximo capítulo.

Dentre todos os elementos anteriores, vale a pena destacar inicialmente as ideias de interação e comportamento estratégico, uma vez que são os aspectos mais peculiares nos jogos. Um jogo envolve a interdependência mútua das ações de seus jogadores, e isso leva naturalmente os jogadores a considerarem, em suas decisões, os efeitos sobre os demais jogadores, assim como as reações destes. Desse modo, os jogadores tomam **decisões estratégicas**, no sentido preciso de que suas decisões não contemplam apenas seus objetivos e suas possibilidades de escolha, mas também os objetivos e as possibilidades de escolha dos demais jogadores.

Há, com efeito, jogos que não envolvem decisões estratégicas, como, por exemplo, apostar na roleta em um cassino, que seria um jogo de pura sorte, ou jogos que envolvem apenas habilidade, como a disputa de uma final de salto triplo nas Olimpíadas. O leitor deve perceber que não há considerações de natureza estratégica em apostar na roleta, desde que não haja nenhum tipo de manipulação dos resultados. Também não deve haver considerações estratégicas na final de salto triplo, em que cada atleta deverá, a cada tentativa, se esforçar para obter o melhor resultado.⁵ Esses jogos de habilidade e pura sorte, que não envolvem decisões estratégicas, não serão objetos de estudo neste livro.

Aqui estamos interessados somente em jogos que, em alguma medida, envolvam decisões estratégicas, pois são situações desse gênero que caracterizam o mundo econômico e empresarial, em que a interdependência entre empresas, governo e consumidores demanda a consideração de sua interdependência mútua. Em outras palavras, estamos interessados apenas em **jogos de estratégia**.

Considerados os principais elementos que compõem um jogo, podemos perceber que várias situações em economia e administração que usualmente não são tratadas como “jogos” podem ser interpretadas dessa forma. Este será nosso próximo assunto.

ALGUMAS SITUAÇÕES QUE PODEM SER ESTUDADAS COMO JOGOS

Considere as situações seguintes, muito comuns na economia e na gestão de empresas:

- Uma montadora de automóveis está decidindo se reduz o preço de seu modelo de carro com menores vendas. Como em geral há poucas monta-

⁵ É sabido que no salto triplo e em outras modalidades de competição, os atletas evitam se esforçar ao máximo nas primeiras etapas, reservando forças para surpreender seus concorrentes nas etapas finais. Sem dúvida, essa é uma decisão estratégica. Daí restringirmos nosso exemplo à final de uma competição de salto triplo, quando cada atleta procura dar o melhor de si, independentemente dos demais.

doras de automóveis cada qual com participação significativa no mercado, isso significa que sua decisão terá consequências sobre as vendas das empresas que produzem modelos concorrentes do seu. Isto deverá ser levado em consideração, pois a decisão de reduzir o preço do modelo poderá levar as empresas competidoras a também reduzirem seus preços. Por outro lado, as outras empresas devem considerar, ao definirem os preços de seus modelos, a possibilidade de a empresa em questão reduzir o preço de seu modelo cujas vendas não vão bem.

- Um país-membro da Opep (a associação mundial dos produtores de petróleo) avalia se vale a pena restringir sua produção de petróleo para sustentar o preço do produto. Os líderes da Opep, por sua vez, consideram a possibilidade de os países-membros desrespeitarem suas cotas no momento de reduzir a produção.
- Uma empresa química está decidindo se constrói uma nova fábrica em um mercado no qual ainda não possui nenhuma. Para isso irá considerar a capacidade instalada das indústrias já estabelecidas no mercado e a possibilidade de que elas reajam, inundando aquele mercado com seus produtos, e tornando assim a margem de lucro para a nova fábrica inaceitável. As empresas instaladas, por sua vez, no momento de decidirem o quanto deverão investir em capacidade produtiva, irão considerar a possibilidade de aquela empresa entrar no mercado.
- Uma empresa considera a possibilidade da aquisição hostil⁶ de uma outra empresa. A empresa que está sendo ameaçada, por sua vez, considera a possibilidade e a necessidade da adoção de medidas defensivas para tentar impedir a aquisição hostil.

Se observarmos os exemplos listados acima, veremos que todos eles envolvem os elementos que caracterizam um jogo. No exemplo da montadora de automóveis que está decidindo se reduz ou não o preço do modelo com vendas insatisfatórias, sem dúvida alguma há uma interação entre as decisões da montadora e as de suas concorrentes.

Além disso, a montadora em questão tentará se comportar de forma racional, empregando os meios de que dispõe para tomar sua decisão da melhor forma possível, dado seu objetivo, que é maximizar os lucros. Finalmente, a montadora tentará antecipar quais serão as possíveis reações de suas concorrentes no momento de tomar sua decisão.

⁶ Uma tentativa de aquisição hostil se dá quando uma oferta de aquisição das ações da empresa com direito a voto é feita diretamente aos acionistas da empresa que se deseja adquirir, *contra* a vontade dos executivos da empresa em questão.

BOX 1.1**A Guerra de Preços no Mercado Europeu de Automóveis**

Em setembro de 2004, a Ford Motors do Reino Unido passou a oferecer um desconto de 25% em seu modelo Ford C-Max. Segundo matéria publicada no *Financial Times*, em 24 de setembro de 2004, esse desconto passou a ser oferecido porque a empresa avaliou mal a demanda da versão diesel do modelo no mercado britânico, cujos modelos têm a especificidade de serem produzidos com a direção no lado direito.

O desconto oferecido pela Ford Motors acirrou a guerra de preços dos automóveis no mercado europeu. A Fiat, por exemplo, passou a buscar a redução de seus custos para manter sua parcela no mercado.

No segundo caso, a interação se dá entre a Opep e os próprios países-membros. Se a organização decidir reduzir excessivamente a produção total dos países-membros, visando a obter um preço muito elevado para o petróleo, é provável que as cotas de produção assim fixadas sejam desrespeitadas por vários países produtores, que teriam a ganhar produzindo mais com o preço elevado.

Por outro lado, cada país-membro tem de considerar os custos e os benefícios antes de decidir se obedecerá às cotas definidas pela Opep. Se decidir obedecer, corre o risco de sacrificar sua receita da venda de petróleo, ao passo que os países que eventualmente desrespeitarem a cota podem se beneficiar do preço mais alto, ao mesmo tempo em que vendem mais. Contudo, se todos os países-membros raciocinarem da mesma forma, ninguém cumpre as cotas e a tentativa de aumentar o preço fracassa. Obviamente, um problema de interação estratégica.

BOX 1.2**A Opep e o Mercado Internacional do Petróleo**

A Opep foi fundada em 1960, pelo Irã, Iraque, Kuwait, Arábia Saudita e Venezuela. Até o início dos anos 1970 a Opep era uma organização com pouca expressão, mas em 5 de outubro de 1973 começava a guerra do Yom Kippur, com Israel sendo atacado pelo Egito e pela Síria. Naquele momento, os Estados Unidos e outros países desenvolvidos do Ocidente demonstraram apoio à causa israelense, o que levou vários países árabes a decretarem um embargo de petróleo aos países que apoiavam Israel. A oferta de petróleo iria sofrer restrições ainda ao longo dos anos 1970. A revolução no Irã em 1979 e a guerra Irã-Iraque em 1980 foram fatores adicionais de restrição de oferta no início dos anos 1980.

Em 1972, o preço internacional do petróleo oscilava em torno de três dólares o barril. Em consequência da crise de 1973, que se estenderia até 1974, o preço do barril aumentaria, no final de 1974, para 12 dólares o barril. Em 1981, o preço atingiria o recorde de 35 dólares o barril.

Os efeitos do aumento de preços foram todos negativos para a capacidade da Opep de controlar o preço do petróleo. Em primeiro lugar, provocou uma busca por tecnologias mais eficientes em energia, o que fez com que a demanda se reduzisse. Essa redução na demanda significou um novo patamar de consumo, significativamente inferior ao anterior, que provocava desperdício de energia. Em segundo lugar, os preços elevados estimularam a produção de petróleo em países que não eram membros da Opep, o que fez com que a oferta se elevasse, com a produção de países que não obedeciam às determinações da Opep. Isso também contribuiu para reduzir os preços.

Houve um esforço da Opep de sustentar preços elevados para o petróleo, por meio da aplicação, entre 1982 e 1985, de cotas de produção restritivas para os países que eram membros do cartel. Contudo, essas cotas foram sistematicamente desrespeitadas pela maioria dos países que faziam parte do cartel. Com efeito, apenas a Arábia Saudita tentava sustentar os preços, reduzindo sua produção para acomodar a produção acima das cotas dos demais países. A partir de agosto de 1985, quando a Arábia Saudita desistiu de sustentar sozinha o cartel, os preços despencaram, atingindo dez dólares o barril já em 1986.

No terceiro caso, da indústria química que decide se vai ou não construir uma nova fábrica em um mercado regional, os elementos de interação estratégica são evidentes. Se a empresa não considerar a possibilidade de reação das empresas já estabelecidas, corre o risco de que estas últimas aumentem significativamente sua oferta, provocando uma queda de preços tão acentuada que a nova fábrica se torne inviável economicamente (em função dos investimentos que terá de amortizar).

Por outro lado, as empresas estabelecidas têm de avaliar os ganhos esperados do emprego de capacidade ociosa como elemento de prevenção à entrada: se a ameaça de uma nova fábrica no mercado regional não for significativa, é provável que os custos de investir em capacidade ociosa não sejam compensadores.

BOX 1.3

A Du Pont e o Pigmento Dióxido de Titânio

Em seu livro *Introduction to Industrial Organization* (Cambridge, Massachusetts, The MIT Press, 2000), na página 261, Luís M. B. Cabral relata a estratégia da Du Pont para prevenir a entrada de concorrentes no mercado de dióxido de titânio. O dióxido de titânio é um pigmento branco empregado na fabricação de tinta e papel, entre outros.

Ele é fabricado a partir da ilmenita ou do rutilo. Enquanto ao longo dos anos 1960 a Du Pont utilizava ilmenita, seus concorrentes produziam o dióxido de titânio a partir do rutilo. No início dos anos 1970, a Du Pont possuía vantagens competitivas em pelo menos três aspectos, em relação a seus rivais: empregava um insumo mais barato do que o dos concorrentes; seu processo produtivo estava melhor ajustado às exigências da regulação de meio ambiente; e estava em melhores condições financeiras do que seus concorrentes.

A Du Pont decidiu então usar essas vantagens para limitar a entrada de competidores no mercado, adotando a estratégia de expandir sua capacidade de oferta para atender a todo o crescimento da demanda, de forma a não deixar espaço para os competidores. Com isso, das cinco competidoras da Du Pont no mercado norte-americano, três acabaram sendo adquiridas por ela, uma encerrou suas atividades nos Estados Unidos e a última simplesmente fechou suas portas.

No último caso, em que uma empresa considera a possibilidade da aquisição hostil de outra empresa, as considerações de natureza estratégica são fundamentais: os executivos da empresa sob ameaça de aquisição hostil devem avaliar se a outra empresa está realmente disposta a bancar a aquisição, fazendo por exemplo, ofertas generosas aos acionistas da empresa ameaçada. A empresa que avalia a conveniência de empreender a aquisição hostil deverá avaliar, por outro lado, os meios de que a diretoria da outra empresa dispõe para tentar impedir a aquisição hostil. Serão essas avaliações estratégicas de ambas as empresas que definirão, em grande medida, não apenas se a aquisição hostil será tentada, mas também seu sucesso ou seu fracasso.

BOX 1.4

A Leica se Defende de uma Tentativa de Aquisição Hostil

Em 30 de junho de 2005, a empresa suíça de tecnologia Leica Geosystems anunciou maiores distribuições de dividendos e uma recompra de ações no valor de 100 milhões de francos suíços. Foi a resposta da direção da empresa à visita de Ola Rollen, o executivo-chefe da empresa sueca Hexagon, a Zurique. Durante a visita, Ola Rollen se reuniu com grandes acionistas da Leica, na tentativa de convencê-los a aceitar a proposta de aquisição hostil pela Hexagon, que oferecia 440 francos suíços aos acionistas da Leica, para adquirir o controle acionário da empresa.

Às vezes a situação se complica, como quando os executivos da empresa que sofre a ameaça de aquisição hostil fazem acordos com outra empresa, especialmente quando avaliam que a proposta da empresa que tenta realizar a aquisição hostil é irrecusável. Assim, com o apoio dos executivos da Leica, a empresa norte-americana Danaher fez, em 26 de julho de 2005, uma proposta alternativa de

aquisição da Leica, pagando 500 francos suíços por ação. Todavia, em 15 de agosto do mesmo ano, a Hexagon elevou sua oferta aos acionistas da Leica, para 573 francos suíços por ação. A Hexagon acabaria por vencer a batalha.

Por serem essas situações de interação estratégica, pode-se estudá-las com o auxílio da teoria dos jogos. Como teremos a oportunidade de ver ao longo deste livro, a vantagem de analisar cada uma dessas situações como um jogo é que os fatores determinantes das decisões dos agentes podem ser mais bem compreendidos do que seriam se apenas nos limitássemos a estudar caso a caso e, assim, a lógica por trás de cada decisão pode ser entendida e comparada com casos semelhantes. Estaremos, dessa forma, melhor capacitados para entender o que existe de geral e de específico em cada caso de interação estratégica no mundo empresarial e na economia como um todo.

Vimos que situações de interação estratégica entre indivíduos e organizações podem ser tratadas como um jogo e assim analisadas. Falta analisarmos, no que diz respeito à modelagem de um jogo, a questão dos objetivos do jogador, e de como ele busca esses objetivos. Essa é uma questão muito importante e que tem dado origem a um grande número de confusões, pois se trata de definir qual será o comportamento dos jogadores, um elemento essencial para determinar o resultado de um jogo. Para isso precisamos saber algo acerca dos *objetivos* desses jogadores.

Com efeito, podemos ter resultados muito distintos ao modelar um processo de interação estratégica dependendo dos objetivos que tenhamos atribuído aos jogadores. Apenas para ilustrar, considere o caso dos lutadores de sumô, apresentado pelo economista Steven D. Levitt e pelo jornalista Stephen J. Dubner em seu livro *Freakonomics* (Rio de Janeiro, Campus, 2005). Esse caso exemplifica muito bem como hipóteses equivocadas acerca dos objetivos dos jogadores podem resultar em surpresas.

Como explicam Levitt e Dubner, o *ranking* dos lutadores de sumô no Japão é definido a partir de seis torneios anuais, sendo que em cada torneio o lutador tem de lutar 15 vezes. O número ímpar faz com que os lutadores se empenhem com afinco para que o número de vitórias supere o de derrotas.

O *ranking* é muito competitivo: se o lutador não tiver mais vitórias do que derrotas, pode até ser excluído da elite dos lutadores de sumô. Pertencer à elite, por sua vez, é muito importante: significa fortuna e glória. Como são 15 lutas, obter um placar de 8×7 é essencial. Imagine então que dois lutadores com placar 7×7 se enfrentem. É razoável supor que ambos estarão dando o máximo de si para garantir a 8ª vitória, até porque essa será a última luta de ambos no tor-

neio. Podemos então afirmar, com alguma segurança, que o objetivo de cada um será a vitória.

Mas e se acontecer de um lutador com um placar de 8×6 enfrentar outro com um placar de 7×7 ? O que podemos esperar como objetivo desses dois lutadores de sumô? O lutador com o placar de 7×7 se encontra em uma situação desesperadora, pois essa é a sua última chance no torneio de conseguir terminar com um saldo favorável de vitórias e é razoável supor que ele lutará com todas as suas forças, como no caso anterior. Mas e o lutador que já garantiu sua oitava vitória, será que lutará com o mesmo empenho que o lutador que ainda não garantiu um placar favorável?

Levitt e Dubner sugerem que não. Analisando os dados das lutas entre lutadores com 7×7 no placar contra lutadores com 8×6 , eles descobriram um percentual de vitórias dos lutadores com 7×7 muito maior do que aquele que poderia ser previsto, dado seu desempenho até ali (os lutadores com 7×7 venceram 79,6% das vezes, quando, dada a sua performance, seria razoável que eles vencessem 48,7%). Assim, se, ao analisarmos uma luta entre um lutador com 8×6 e um lutador com 7×7 , supuséssemos que ambos os lutadores teriam como objetivo a vitória, provavelmente cometeríamos um equívoco.

Algumas razões podem ser apontadas para isto. Em primeiro lugar, o fato de que, para os lutadores com 8×6 , ganhar uma luta e aumentar o placar para 9×6 não resulta em grande diferença no *ranking*, ao passo que para os lutadores com 7×7 esse esforço terá uma recompensa elevada, que é garantir uma posição no mínimo satisfatória no *ranking*.

Além disso, há evidências apresentadas por Levitt e Dubner de que há uma espécie de troca de favores entre os lutadores: o lutador que já conseguiu 8×6 pode facilitar para um lutador com 7×7 , uma vez que ele pode vir a encontrar esse mesmo lutador em outro torneio, mas agora com os papéis trocados, e receber assim a retribuição pelo seu “favor”.

Seja como for, o sentido da análise de Levitt e Dubner para nós é que é preciso ter certo cuidado na hora de avaliar quais são os objetivos dos jogadores. Uma avaliação incorreta dos objetivos pode levar a um equívoco grave no momento de analisar os possíveis desdobramentos de uma situação de interação estratégica. No caso dos lutadores de sumô, mais do que vencer uma luta, o objetivo parece ser manter uma boa posição no ranking.

O que importa é que tenhamos percebido adequadamente os objetivos dos jogadores e não quais são esses objetivos em si. Ou seja, em teoria dos jogos *não há qualquer restrição quanto aos objetivos que os jogadores almejam*: é plenamente possível modelar em um jogo tanto uma interação entre lutadores de sumô que agem de forma estritamente competitiva, quanto uma interação en-

tre jogadores que “acomodam” o resultado da melhor maneira possível para todos.

Até mesmo uma interação entre lutadores de sumô que “entregassem” sempre a luta para o adversário poderia ser modelada como um jogo sem maiores problemas. A teoria dos jogos não fez nenhuma restrição aos objetivos dos jogadores. Qualquer objetivo, em princípio, é passível de modelagem e análise.

Todavia, é neste ponto que, algumas vezes, surgem confusões. Uma confusão muito frequente é aquela que se origina na caracterização do jogador como um agente “racional”. O próprio leitor pode estar se perguntando se poderia ser chamado de racional um lutador de sumô que “entregasse” a luta para seu adversário. Um competidor que agisse assim provavelmente não seria visto como racional, já que não estaria agindo de acordo com as nossas expectativas. Pareceria que apenas o lutador que disputasse o combate com todo o seu vigor, não se importando com o adversário e buscando apenas o máximo possível de pontos, seria um competidor racional.

Em outras palavras, pareceria que apenas um lutador *egoísta*, ou seja, que competisse tendo em vista apenas o próprio sucesso, seria racional. Mas então, egoísmo é sinônimo de racionalidade? Todo indivíduo egoísta age racionalmente? E todo indivíduo racional se comporta de forma egoísta? O leitor já deve estar suspeitando, e iremos procurar mostrar isso mais adiante, que *racionalidade não é sinônimo de motivação egoísta*. Infelizmente, essa é uma ideia *equivocada* que usualmente se faz da racionalidade: de que o fato de os jogadores serem racionais significa que cada jogador pensa apenas nele mesmo e não considera o bem-estar dos demais.

Ocorre que isso nada tem a ver com racionalidade. Na verdade, a racionalidade não está relacionada aos objetivos dos jogadores, sejam eles egoístas ou altruístas. Um indivíduo altruísta pode ser tão racional (ou irracional) quanto um indivíduo egoísta – e vice-versa – *dados os seus objetivos*. Isso porque a racionalidade aqui será entendida como a *coerência entre os meios e os fins dos agentes*.

Por exemplo: um indivíduo que coletasse todas as informações relevantes sobre as decisões dos demais investidores, o comportamento das empresas e a situação do mercado de capitais, e a partir daí aplicasse seu dinheiro em ações de empresas com melhores perspectivas de ganho, estaria agindo tão racionalmente quanto um indivíduo que estivesse levantando informações acerca das formas mais eficientes de transferir seus fundos para a população de rua.

Não faz sentido, portanto, afirmar que o primeiro indivíduo estaria sendo “racional” e o segundo “irracional”, uma vez que ambos estariam fazendo o melhor possível para alcançar seus objetivos. Racionalidade, portanto, tem a ver com os *meios* que os indivíduos empregam para alcançar seus fins e *não com os*

fins em si mesmos. Isso porque a análise dos fins, ou objetivos dos jogadores, é um *juízo moral*, que obviamente pressupõe um padrão ético. Mas a teoria dos jogos não pode oferecer nenhum padrão ético.

A teoria dos jogos não pode oferecer padrões éticos porque, para julgar aplicações na bolsa, ou doações para desabrigados, é necessário um critério do que é “certo” e “errado” e, assim, uma perspectiva *crítica* dos jogadores e do processo de interação em que eles estão envolvidos. Acontece que a teoria dos jogos *considera os jogadores e sua interação estratégica como sendo dados* e, portanto, não tem capacidade para exercer crítica nem sobre os jogadores, nem sobre o jogo.

Isso não significa que, em vários modelos de jogos, não se utilize a suposição de que os objetivos dos jogadores sejam somente obter o máximo para si mesmos, sem se importarem com o bem-estar dos outros. Com efeito, veremos vários modelos em que essa hipótese é efetivamente empregada. Essa opção, contudo, não deriva de uma suposição quanto à “racionalidade” dos jogadores, mas das circunstâncias em que os jogadores interagem.

Mais especificamente, a hipótese de jogadores que buscam o máximo de benefício, sem se importarem com o prejuízo que isso possa causar aos outros (sendo que, em alguns casos, o máximo de benefício para si significa justamente o máximo de prejuízo para os outros), é em geral adotada em *modelos de competição* econômica e política, em que há fortes razões para acreditar que esse é realmente o objetivo de cada jogador.

Portanto, a definição do objetivo do jogador como egoísta, ou altruísta, depende da natureza do processo de interação em que os jogadores estão envolvidos, assim como dos objetivos que o analista acredita que esses jogadores buscam. Nada tem a ver com o fato de eles serem, ou não, “racionais”.

Depois de toda essa discussão, o leitor deve estar se perguntando: afinal, qual é o conceito de racionalidade que se emprega em teoria dos jogos? Eis uma definição do que se entende por “racionalidade” em teoria dos jogos:



Um agente racional é aquele que:

1. Aplica a lógica a premissas dadas para chegar às suas conclusões.
2. Considera apenas premissas justificadas a partir de argumentos racionais.
3. Usa evidências empíricas com imparcialidade ao julgar afirmações sobre fatos concretos.

Veja: Herbert Gintis, *Game Theory Evolving: a problem-centered introduction to modeling strategic interaction*, Princeton, New Jersey, Princeton University Press, 2000, p. 243.

Essa definição contém o mínimo que se pode esperar de um jogador racional: que ele raciocine logicamente, ou seja, extraindo conclusões a partir de premissas de uma forma coerente; que escolha as próprias premissas nas quais apoia o seu raciocínio lógico com base no emprego da razão; e que considere as evidências de forma neutra, sem distorcer os fatos ou omitir evidências.

Se os jogadores se comportarem dessa maneira, a *teoria da escolha racional* nos informa de que maneira eles farão suas escolhas, entre os diversos objetivos que podem ter em mente. Essa teoria é a base mais usualmente empregada em teoria dos jogos para especificar o que se pode esperar dos jogadores e será abordada em seguida.

A TEORIA DA ESCOLHA RACIONAL

A teoria dos jogos procura entender como os jogadores (sejam eles indivíduos, empresas, organizações, países etc.) tomam suas decisões em situações de interação estratégica. Em outras palavras, a teoria dos jogos visa a explicar como esses jogadores *fazem as suas escolhas* em situações de interação estratégica.

Para estudarmos como os jogadores tomam as suas decisões, temos de considerar as **preferências** desses jogadores, pois essas preferências é que irão nortear as escolhas dos jogadores. Utilizaremos aqui a **teoria da escolha racional**, ou seja, a teoria que parte das preferências dos jogadores para entender suas escolhas, assumindo como um princípio básico a ideia de que os jogadores são *racionais*.

Conseqüentemente, nossa discussão da teoria da escolha racional tem de se iniciar por uma caracterização das *preferências* dos jogadores e do que entendemos exatamente por *racionalidade*. O primeiro passo para formularmos essa teoria é encontrar uma maneira de expressar as preferências que norteiam as escolhas dos jogadores.

Para expressar essas preferências, precisamos do conceito de *relação*.⁷ Assim, suponha um conjunto que chamaremos de *Capitais*:

$$\textit{Capitais} = \{\text{Santiago, Montevidéu, Buenos Aires}\}$$

E suponha um outro conjunto que chamaremos de *Países do Cone Sul*:

$$\textit{Países do Cone Sul} = \{\text{Argentina, Chile, Uruguai}\}$$

⁷ Na verdade, estaremos tratando especificamente de **relações binárias**, isto é, entre dois elementos.

A ideia de relação está associada à presença de um vínculo entre os elementos analisados, ou de uma relação de pertinência. Assim, poderíamos estabelecer a relação R_1 entre os elementos do conjunto *Capitais* e os elementos do conjunto *Países do Cone Sul*:

$$R_1 = \{(Buenos Aires, Argentina), (Santiago, Chile), (Montevidéo, Uruguai)\}$$

Se chamarmos o primeiro elemento da relação de x e o segundo elemento de y , o conjunto R_1 expressa a relação “ x é a capital de y ”.

Como um outro exemplo, suponha um conjunto $S = \{2, 3\}$. Poderíamos definir a relação $xR_2y = “x maior ou igual a y”$ e que poderia ser representada por $x \geq y$, sendo tanto x quanto y elementos do conjunto S , com o que obteríamos:

$$R_2 = \{(2, 2), (3, 2), (3, 3)\}$$

Neste caso, em que temos uma relação entre os membros de um mesmo conjunto (o conjunto S), diz-se que a relação xRy define uma *relação sobre* S .

Uma **relação de preferência** é, então, uma relação particular, representada por \succeq (lê-se “ao menos tão bom quanto”).

Vamos ilustrar esse tipo de relação com um exemplo. Suponha um conjunto qualquer L das opções de lazer de fim de semana para um indivíduo. Se, dados dois elementos quaisquer $a, b \in L$ (por exemplo, praia e futebol com os amigos), for verdade que $a \succeq b$, isso significa que para esse indivíduo a opção a (praia) é pelo menos tão boa quanto a opção b (futebol com os amigos).

O leitor já deve ter percebido que a relação de preferência \succeq não nos permite dizer com precisão se a supera b nas preferências de um agente, ou se há indiferença entre as duas opções, sendo uma opção tão boa quanto a outra. Na verdade, podemos derivar duas relações binárias a partir de \succeq , a *relação de preferência estrita* \succ e a *relação de indiferença* \sim .

Define-se a relação de preferência estrita como sendo:

$$x \succ y \Leftrightarrow x \succeq y \text{ mas não } y \succeq x$$

O símbolo (\Leftrightarrow) acima é lido como “se, e somente se”. Utilizamos esse símbolo lógico quando duas proposições ocorrerem sempre juntas. Assim, $a \Leftrightarrow b$ significa que a é verdade somente se b for verdade, e que b é verdade somente se a for verdade, ao mesmo tempo.

Portanto, o que a expressão anterior nos informa é que x é “estritamente preferível” (\succ) a y se, e somente se, x for tão bom quanto y , mas y não for tão

bom quanto x . Por conseguinte, obtemos a relação de preferência estrita se excluirmos da relação de preferência a possibilidade de que um elemento seja tão bom quanto o outro.

Define-se a relação de indiferença como sendo:

$$x \sim y \Leftrightarrow x \succeq y \text{ e } y \succeq x$$

O que a expressão acima nos informa é que x é “indiferente” (\sim) a y se, e somente se, x for tão bom quanto y e y for tão bom quanto x . Como a relação de preferência estrita \succ exclui justamente a possibilidade de que x seja tão bom quanto y e y seja tão bom quanto x , segue-se então que o que há entre x e y é indiferença.

O leitor não deve confundir a relação binária \succeq (“ao menos tão bom quanto”) com a relação binária \geq (“maior ou igual”). Em primeiro lugar, porque as duas relações dizem respeito a comparações de natureza distinta. A relação \geq diz respeito à comparação de uma mesma dimensão entre elementos (peso, altura, somas monetárias etc.). Não faz sentido algum, portanto dizer que uma temperatura de 27°C é maior ou igual a 3 kg. Já a relação \succeq , ao representar preferências, pode obviamente admitir que sejam comparados elementos de dimensões totalmente distintas. Pode ser que para alguém 2,5 horas de cinema sejam ao menos tão boas quanto uma pizza de calabresa.

Em segundo lugar, há o fato de que a relação \geq obedece à condição:

$$\text{Se } a \geq b \text{ e } b \geq a \text{ então } a = b$$

Já a relação \succeq obedece à condição:

$$\text{Se } a \succeq b \text{ e } b \succeq a \text{ então } a \sim b$$

A relação de indiferença não exige que a e b sejam iguais, mas apenas que haja indiferença na escolha entre eles: pode acontecer uma situação em que alguém considere igualmente bons uma pizza *margherita* e uma pizza quatro queijos.

Vimos que os jogadores são supostamente racionais, ao menos para grande parte dos modelos de teoria dos jogos. Agora estamos em condições de especificar com maior precisão o que significa afirmar que os jogadores são racionais. Afirar que os jogadores são racionais em teoria dos jogos significa afirmar que *as suas preferências são racionais*.

Há um volume significativo de trabalhos discutindo as propriedades que caracterizariam preferências racionais. Optamos aqui pela formulação de Andreu Mas-Collel, Michael D. Whinston e Jerry R. Green, no livro *Microeconomic Theory* (Nova York, Oxford University Press, 1995), por ser uma das mais concisas que conhecemos.

Desta forma, afirmar que *uma relação de preferência é racional* significa que a relação binária de preferência \succeq apresenta as seguintes propriedades:

- a) A relação de preferência \succeq sobre um conjunto de escolhas possíveis A é **completa**: para qualquer $x, y \in A$, temos que $x \succeq y$, $y \succeq x$, ou ambos. Essa propriedade implica que, entre duas escolhas factíveis, sempre é possível dizer se a primeira é ao menos tão boa quanto a segunda, se a segunda é ao menos tão boa quanto a primeira, ou se as duas coisas ocorrem ao mesmo tempo, o que significa dizer que há indiferença entre as duas. Em outros termos, os agentes são capazes de definir suas preferências em relação a qualquer escolha possível.
- b) A relação de preferência \succeq sobre um conjunto de escolhas possíveis A é **transitiva**: para quaisquer $x, y, z \in A$, temos que se $x \succeq y$ e $y \succeq z$, então $x \succeq z$. Essa propriedade significa que há consistência nas escolhas: caso praia seja tão bom quanto futebol e futebol seja tão bom quanto cinema, praia tem de ser tão bom quanto ir ao cinema.

A hipótese de que a relação de preferência \succeq é completa nos permite afirmar que os jogadores são sempre capazes de expressar uma preferência estrita entre quaisquer duas possibilidades (uma é efetivamente melhor para o jogador do que a outra) ou, ao menos, são indiferentes entre as duas possibilidades. Em outras palavras, nenhum dos jogadores ficaria paralisado no momento de fazer sua escolha por não saber como avaliar as possibilidades.

A hipótese de que a relação de preferência \succeq é transitiva impede que o jogador esteja sujeito a um comportamento irracional, o qual permitira que esse jogador fosse explorado por outro jogador. Para entender como isso se daria, imagine um jogador que prefira A a B , B a C , mas prefira C a A , ou seja, que suas preferências não fossem transitivas. Vamos chamá-lo de jogador 1. Imagine agora algum outro jogador – vamos chamá-lo de jogador 2 – que saiba que as preferências do jogador 1 não são transitivas e decida explorá-lo: o que ele faria?

Você talvez já tenha adivinhado. Suponha que o jogador 1 possua C , que ele menos prefere. O jogador 2 poderia oferecer a troca de C por B , depois propor a 1 trocar B por A . Como o jogador 1 prefere C a A , ele aceitará trocar A , mais

uma pequena soma em dinheiro, por C , com o jogador 2. E então o jogador 1 terminaria com C (com que começou o jogo), *menos uma pequena quantidade de dinheiro*.

Se o jogador 2 for suficientemente paciente para repetir o mesmo ciclo tantas vezes quantas forem necessárias, o jogador 1 acabará sem nenhum dinheiro. Daí o apelido que este tipo de situação ganhou na literatura: “bomba de dinheiro” (em inglês, *money pump*), por analogia a uma bomba d’água.

Preferências completas e transitivas são chamadas de **preferências ordinais**, uma vez que elas ordenam as preferências de um jogador com relação a determinados resultados. É por intermédio desse tipo de preferências que iremos caracterizar, daqui por diante, o fato de que os jogadores são racionais.

Definida dessa maneira nossa expectativa quanto à racionalidade dos jogadores, pode parecer que estamos exigindo muito pouco deles. Em outras palavras, pode parecer que essas hipóteses quanto à relação de preferência sejam tão simples e óbvias que isso não cause maiores problemas à aplicação da teoria dos jogos. Na verdade não é bem assim, como veremos adiante.

Em primeiro lugar, veremos que, mesmo com essas hipóteses acerca da relação de preferências aparentemente simples podemos chegar a resultados paradoxais. Em segundo lugar veremos que, apesar da nossa caracterização de racionalidade parecer trivial, em muitas situações da vida concreta as condições necessárias para o exercício da racionalidade, tal como a definimos, não estão presentes.

JOGANDO COM AS PREFERÊNCIAS: O PARADOXO DE CONDORCET

Vimos, no jogo de votação da diretoria, que quando analisamos votações, algumas vezes podemos nos surpreender com o resultado. O paradoxo de Condorcet (também conhecido como paradoxo da votação pelos economistas) nos adverte que preferências racionais do tipo que estamos estudando também podem levar a resultados surpreendentes.

O paradoxo de Condorcet⁸ mostra que o fato de as preferências dos indivíduos, quando tomados isoladamente, serem transitivas, *não implica* que as preferências dos indivíduos, *quando tomados em grupo*, também serão transitivas.

⁸ Esse paradoxo deve seu nome a Marie Jean Antoine Nicolas Caritat, marquês de Condorcet (1743-1794), filósofo, matemático e um dos precursores dos cientistas políticos modernos. Liberal, defendia a educação pública gratuita e igual para todos, igualdade de direitos para homens e mulheres, assim como para indivíduos de todas as raças. Como matemático, realizou contribuições importantes em cálculo integral. Preso pela Revolução Francesa em 1794, foi encontrado morto em sua cela no dia 28 de março do mesmo ano, em Bourg-la-Reine.

Para ilustrar o que estamos querendo dizer, considere um parlamento imaginário, em que os deputados se dividem em três partidos, sendo que os deputados de um mesmo partido possuem todos o mesmo ordenamento de preferências, e os três partidos possuem um número idêntico de deputados. Vamos chamar o primeiro partido de Partido Conservador, o segundo partido de Partido Moderado e o terceiro partido de Partido Radical.

Esses deputados devem votar em um orçamento nacional, no qual terão de decidir se desejam:

- Aumentar o número de programas sociais, que chamaremos de proposta G ;
- Manter o número de programas sociais, que chamaremos de proposta M ;
- Diminuir o número de programas sociais, que chamaremos de proposta D .

A Figura 1.3 expressa as preferências dos três partidos:

Partido Conservador	$D \succ G \succ M$
Partido Moderado	$M \succ D \succ G$
Partido Radical	$G \succ M \succ D$

Figura 1.3 As Preferências dos Partidos no Paradoxo de Condorcet

A proposta que o Partido Conservador prefere é reduzir os programas sociais. Em segundo lugar, vem aumentar o número desses programas, pois dessa forma o Partido Conservador acredita que o governo seria obrigado a aumentar a carga fiscal, o que repercutiria negativamente na população e levaria, na votação do orçamento nacional do ano seguinte, efetivamente a uma redução nesses programas.

O pior resultado para o Partido Conservador é ficar tudo como está, pois ele não conseguirá nem implementar a redução nos gastos sociais nesse ano, nem terá a perspectiva de fazê-lo no ano seguinte.

O Partido Moderado, que faz jus a seu nome, prefere manter os programas sociais como estão. Se não for possível mantê-los como estão, o Partido Moderado prefere uma redução nos programas a um aumento, que seria a pior opção para o partido, pois os moderados não gostam de correr riscos.

Por último, temos o Partido Radical, que defende o aumento dos programas sociais. Se não for possível aumentá-los, pelo menos tentará mantê-los como estão. A pior opção para o Partido Radical é uma diminuição no número de programas sociais.

Podemos falar que existe uma *preferência do Parlamento* quanto a essas propostas? Vamos supor que cada proposta é confrontada com outra aos pares, na votação dos parlamentares:

a) Primeira rodada: *G versus M*

A partir da Figura 1.3 podemos ver que no confronto entre *G* e *M*, o Partido Radical votaria em *G* (sua primeira preferência), o Partido Moderado votaria em *M* (sua primeira preferência) e o Partido Conservador votaria em *G* (sua segunda preferência, pois *M* é a sua última preferência). Com isso, *G* venceria com dois terços dos votos do Parlamento.

b) Segunda rodada: *M versus D*

Na Figura 1.3 podemos ver que no confronto entre *M* e *D*, o Partido Radical votaria em *M* (sua segunda preferência), o Partido Moderado votaria em *M* (sua primeira preferência) e o Partido Conservador votaria em *D* (sua primeira preferência). Com isso, *M* venceria com dois terços dos votos do Parlamento.

Até aqui, como *G* venceu *M* e *M* venceu *D* teríamos a seguinte ordem de preferências no Parlamento: $G \succ M \succ D$. Mas vamos supor que houvesse uma votação entre *G* e *D*. O que ocorreria?

c) Terceira rodada: *G versus D*

A Figura 1.3 mostra que no confronto entre *G* e *D*, o Partido Radical votaria em *G* (sua primeira preferência), o Partido Moderado votaria em *D* (sua segunda preferência) e o Partido Conservador votaria em *D* (sua primeira preferência). Com isso, *D* venceria com dois terços dos votos do Parlamento.

Assim, teríamos a seguinte ordem de preferências expressando as preferências do parlamento: $G \succ M \succ D \succ G$ – um ordenamento de preferências **intransitivo**, que se fecha em um ciclo. *Não temos, portanto, como afirmar que qualquer das propostas expressa a preferência do Parlamento*: tudo depende da ordem das votações.

Portanto, o fato de que os deputados individualmente tenham preferências transitivas, que obedecem às condições da escolha racional, que vimos anteriormente, não implica que o mesmo acontece quando tomamos os deputados coletivamente.

AFINAL, A VIDA É UM JOGO?

Das propriedades das preferências racionais dos jogadores que acabamos de ver, pode parecer que poucas seriam as situações em que a teoria dos jogos não poderia ser aplicada. Afinal, são inúmeras as situações de interação em que indivíduos e organizações agem estrategicamente e se comportam racionalmente, da forma como definimos.

Na verdade, contudo, não é bem assim. Antes de discutirmos os limites da hipótese de racionalidade dos jogadores – o que é muito importante para entender os próprios limites da aplicação da teoria dos jogos –, é preciso discutir as vantagens dessa hipótese, que são significativas, e alguns problemas atribuídos *indevidamente* a ela.

A vantagem do modelo de escolha racional é que ele permite extrair uma série de conclusões interessantes a partir de um conjunto muito pequeno de hipóteses (de que os jogadores são capazes de estabelecer suas preferências de forma completa e transitiva). Isso *não* significa afirmar que os jogadores não podem cometer erros. Essa possibilidade, em um contexto de incerteza (quando o resultado das ações não pode ser antecipado com absoluta certeza), pode ser perfeitamente acomodada à hipótese de que os jogadores são racionais, como veremos neste livro.⁹

Em segundo lugar, jogadores racionais não reagem de forma idêntica diante das mesmas situações. Não só eles podem ter preferências diferentes quanto aos resultados de suas decisões (lembre-se de que racionalidade nada tem a ver com os objetivos dos jogadores), como podem ter diferentes preferências também quanto aos riscos que estão dispostos a correr, em caso de incerteza.

Vistas assim as críticas que, algumas vezes, são feitas indevidamente à hipótese de racionalidade dos jogadores, vejamos agora algumas limitações que, efetivamente, são importantes na aplicação dessa hipótese.

Em primeiro lugar, há dificuldades importantes quando os jogadores não dispõem da informação necessária antes do processo de interação estratégica se iniciar e são obrigados a executar algum tipo de procedimento de “busca” de informação. A hipótese de que os jogadores são racionais não nos permite antecipar como se daria essa busca.

Nesse caso, o recurso a uma hipótese de racionalidade também na busca de informação, ou seja, uma hipótese adicional de que os jogadores buscariam informações até o ponto em que o benefício de obter um pouco mais de informação fosse

⁹ Para entender como erros podem ser conciliados com a hipótese de racionalidade em contextos de incerteza, imagine um jogador de futebol que bate um pênalti para o mesmo lado para o qual o goleiro se atirou, e com isso o goleiro consegue realizar a defesa. O fato de o jogador ter chutado no mesmo lado que o goleiro escolheu não pode, a princípio, ser atribuído a uma irracionalidade do jogador, mas sim à incerteza inerente da situação.

exatamente igual ao custo dessa busca, simplesmente não funciona. Isso porque o valor de um pouco mais de informação somente pode ser avaliado *depois* que já temos a informação.

Contudo, teríamos de saber o valor da informação *antes* de obtê-la e não depois, para que esse valor pudesse ser comparado ao custo da obtenção da informação. Um segredo somente é valioso porque não o conhecemos. Mas se não o conhecemos, como saber o seu valor?

Uma segunda dificuldade diz respeito ao fato de que, às vezes, a hipótese da racionalidade não basta para determinar o que os jogadores irão fazer: é preciso considerar o contexto social e cultural em que se encontram, para podermos analisar seu comportamento. Em outras palavras, algumas vezes a racionalidade somente é exercida em *um dado contexto* de regras sociais ou de valores culturais.

Como ilustração, considere a seguinte hipótese. Imagine que você deseja conhecer empresários nos Estados Unidos interessados em adquirir o produto que você deseja vender, e que esses empresários, por sua vez, também estariam interessados no seu produto. Como estabelecer contatos comerciais?

Ao aplicar a hipótese de racionalidade a essa situação, você provavelmente concluiria que a melhor decisão seria fazer contato por telefone, correio eletrônico ou em visitas pessoais aos escritórios desses executivos, com o objetivo de realizar seus negócios da forma mais rápida e barata, para você e seus clientes, correto?

Segundo Eric Posner, em seu livro *Law and Social Norms* (Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press, 2000), essa escolha seria uma decisão totalmente equivocada! Para fechar seus negócios, você deveria adotar um método mais lento, custoso e peculiar, mas eficaz: tornar-se membro do clube de golfe local e aprender a jogar.

Isso porque a maioria dos empresários norte-americanos gosta de fechar seus negócios em longas partidas de golfe. E haveria ainda mais um ritual a cumprir: o negócio somente deveria ser tratado no final da partida. Antes, você deveria falar de sua família, de esportes etc., como se não estivesse ali para fechar um negócio.

Os empresários que fecham seus negócios em partidas de golfe não deixaram de ser racionais. Apenas exercem essa racionalidade em um *contexto cultural e social*, que recomenda que os negócios sejam tratados em partidas de golfe. O exercício da racionalidade aqui se encontra subordinado a *normas sociais*, e utilizar exclusivamente a hipótese de que os jogadores são racionais não nos permitira entender a forma como o jogo de negociação é jogado.

Na verdade, nem mesmo as hipóteses que caracterizam as preferências dos jogadores como racionais podem ser consideradas válidas em todos os casos.

Consideremos inicialmente a hipótese de que as preferências são completas. Uma observação óbvia a ser feita é que nem sempre conseguimos comparar duas possibilidades, pelo simples fato de não termos informações suficientes. Por exemplo, muitas pessoas poderiam ter dificuldade para responder à seguinte pergunta: o que você preferiria, uma viagem grátis a Burkina Fasso ou a Sumatra?

Assim, as possibilidades da teoria dos jogos, como instrumento de compreensão e análise de uma realidade de interação estratégica, devem ser estabelecidas com muito cuidado. A teoria dos jogos não deve ser utilizada indiscriminadamente como instrumento de previsão do comportamento de agentes em situações de interação estratégica, nem tampouco como “receita” pronta de como se deve agir em uma situação específica.

Na verdade, como vimos na ilustração fornecida pelo livro de Eric Posner, muitos fatores podem interferir na realidade concreta em comparação com aquilo que é previsto pela teoria.

É possível estabelecer algumas condições necessárias (ainda que não suficientes),¹⁰ para que os agentes possam apresentar um comportamento racional em uma situação de interação estratégica. Essas condições foram estabelecidas por Ken Binmore, um dos mais importantes estudiosos de teoria de jogos da atualidade:¹¹

1. O jogo (isto é, a representação do processo de interação estratégica) é relativamente simples.
2. Os jogadores jogaram o jogo muitas vezes antes, e assim tiveram a possibilidade de aprender por meio de tentativa e erro.
3. Os incentivos para jogar bem (isto é, *racionalmente*) são adequados.

Mais adiante discutiremos essas três condições mais detalhadamente. Por agora podemos adiantar que, sendo o jogo relativamente simples, os agentes não terão muita dificuldade em levantar as informações necessárias para formular e corrigir suas hipóteses acerca da melhor maneira de jogar.

Se os jogadores aprenderam por meio de várias tentativas, não terão dificuldade em compreender quais são as regras do jogo, os tipos de jogadores que podem enfrentar e as melhores estratégias para cada caso: muitas vezes abrimos mão de um comportamento racional apenas porque a complexidade da si-

¹⁰ Essas condições não são suficientes porque, conforme foi visto, mesmo quando os jogadores desejam agir racionalmente, o cálculo racional pode falhar.

¹¹ K. Binmore, *Fun and Games*, Lexington, Mass., D. C. Heath, 1992, p. 51.

tuação ou nossa ignorância do que está em jogo tornam evidente a impossibilidade de chegar a uma decisão de maneira racional.

Finalmente, se os incentivos a jogar bem, isto é, racionalmente, são adequados, podemos esperar que os jogadores fiquem menos tentados a decidir com base nas suas emoções, no recurso a alguma tradição ou a seus valores pessoais, pelo fato de que esses incentivos tornam uma decisão estratégica equivocada muito custosa.

É fácil perceber que as três condições anteriores se aplicam a um grande número de situações de interação estratégica na economia, especialmente aquelas que envolvem grandes empresas. Consideremos a primeira condição, de que a interação estratégica representada na forma de um jogo seja *simples*.

Por interação estratégica simples devemos entender uma situação em que o número de jogadores envolvidos, suas características, as estratégias de que dispõem e as circunstâncias do ambiente que podem afetar o desenvolvimento do jogo não tornam difícil a compreensão e a modelagem do processo de interação estratégica por parte de cada jogador.

Voltando a nossos exemplos, tomando o caso de uma montadora de automóveis que opera em um oligopólio e tem de decidir sobre seu preço, como em qualquer caso de cartel, temos, *em geral*, uma situação de interação relativamente simples: são frequentemente poucos jogadores (senão o cartel é inviável), as empresas têm aproximadamente as mesmas características (cartéis em geral são formados por empresas mais ou menos homogêneas), as estratégias são limitadas (preço igual ou menor do que os dos concorrentes), e a legislação de defesa da concorrência não muda com frequência, de forma que, em geral, o ambiente no qual a interação se processa é relativamente estável.

Vejamos agora a segunda e a terceira condições. No que diz respeito à segunda condição, como setores oligopolizados são relativamente estáveis (há pouca entrada e saída de empresas), os jogadores já tiveram oportunidade de aprender, por meio de tentativa e erro, quais são as características das outras empresas, da demanda do mercado etc.

Com relação à terceira condição, há fortes incentivos para que os jogadores se comportem racionalmente, pois decisões irracionais, isto é, decisões que sejam inadequadas em relação ao objetivo de maximização de lucros, podem colocar em risco os empregos dos executivos responsáveis pelas estratégias das empresas.

Todavia, ainda assim é preciso cuidado ao utilizar a teoria dos jogos para um caso concreto. Isso porque, também muitas vezes, a situação de interação estratégica não é simples, ou é nova para os jogadores, ou os incentivos não são adequados. Para entender isso basta alterar um pouco alguns dos nossos exemplos.

Imagine, por exemplo, que a empresa química que citamos está decidindo acerca da construção de uma nova planta em um país estrangeiro onde ainda não opera ou que o país da Opep tem de tomar sua decisão em um momento em que existe a possibilidade de uma nova guerra no Oriente Médio. Como muitas vezes a simplicidade da situação, o conhecimento dos jogadores do processo de interação e os incentivos são enganosos, é sempre necessário cuidado ao lidar com um caso concreto.

UMA MUITO BREVE HISTÓRIA DA TEORIA DOS JOGOS

Olhando retrospectivamente, vários autores foram precursores daquilo que hoje chamamos de teoria dos jogos. Talvez o primeiro a elaborar elementos importantes do método que seria formalizado e aplicado mais tarde na solução de um jogo tenha sido o matemático francês Antoine Augustin Cournot (1801-1877), que publicou em 1838 seu livro *Recherches sur les Principes Mathématiques de la Théorie des Richesses*.

No Capítulo 7 de seu livro, Cournot apresentou o famoso modelo de duopólio que hoje leva seu nome. Naquele modelo, duas empresas produzindo um bem homogêneo decidiam que quantidade cada uma iria produzir, sabendo que a quantidade que a outra produzisse afetaria seus lucros. Cournot derivou uma solução em que as duas empresas decidiam produzir quantidades que eram compatíveis entre si.

No século XX, o método empregado por Cournot para a solução do seu modelo de duopólio foi considerado por alguns economistas não apenas um precursor da análise de equilíbrio em jogos não-cooperativos (isto é, situações de interação estratégica em que não há a possibilidade de os agentes estabelecerem acordos acerca do seu comportamento durante a interação antes de ela ocorrer), mas verdadeiramente uma aplicação do mesmo método que John Nash, a respeito de quem falaremos mais adiante, desenvolveria mais tarde. Assim, há algumas referências na literatura a um equilíbrio de Cournot-Nash.

Roger B. Myerson argumenta convincentemente que isso é um equívoco. Myerson afirma que ainda que possamos considerar Cournot o fundador da análise moderna do oligopólio, não há fundamento para considerá-lo o fundador da teoria dos jogos. A razão disso é que sua solução de duopólio, embora apresente características do método que seria mais tarde empregado em jogos não-cooperativos, nunca se pretendeu uma teoria *geral* das interações estratégicas entre agentes, o que caracterizaria a análise de Cournot efetivamente como fundadora da teoria dos jogos.

Robert J. Leonard, por outro lado, argumenta que houve uma nova interpretação de Cournot a partir dos trabalhos de Nash, o que torna ainda mais discutível a primazia de Cournot sobre Nash no desenvolvimento da teoria dos jogos.

Outro precursor importante do advento da teoria dos jogos foi o matemático alemão Ernst Friedrich Ferdinand Zermelo (1871-1953). Zermelo demonstrou que o jogo de xadrez sempre tinha uma solução, ou seja, que a partir de qualquer posição das peças no tabuleiro, um dos jogadores tem sempre uma estratégia vitoriosa, não importando o que o outro jogador faça.

A importância dessa solução residia, na verdade, no método empregado por Zermelo, que antecipava a técnica de solução que ficaria conhecida como indução reversa, e que será estudada neste livro.

Um terceiro precursor a ser lembrado é o matemático francês Félix Edouard Justin Emile Borel (1871-1956). Antecipando a perspectiva que seria adotada em teoria dos jogos, Borel escreveu uma vez que “Os problemas de probabilidade e análise que se propõem com relação à arte da guerra, ou especulações econômicas e financeiras, não são isentos de analogia com os problemas que dizem respeito a jogos, embora possuam um maior grau de complexidade”.

Na verdade, Borel não estava interessado em jogos de sorte, mas naqueles jogos que “dependiam simultaneamente da sorte e da habilidade do jogador”, ou seja, em *jogos estratégicos*.

Com efeito, Borel foi o primeiro a formular o conceito moderno de *estratégia*, à qual denominou “método de jogo”, e que definiu como um “código que determina para cada circunstância possível (supostamente finitas em número) exatamente o que a pessoa deve fazer” (*apud* Myerson, 1999, p. 1.071). John von Neumann daria crédito a Borel, mais tarde, pelo pioneirismo na formulação do conceito de estratégia.

Apesar desses precursores, a origem da teoria dos jogos está diretamente relacionada ao nome do matemático John von Neumann (1903-1957). Nascido na Hungria, von Neumann emigrou para os Estados Unidos na década de 1930. Sua primeira publicação sobre jogos data de 1928 (“Zur Theorie der Gesellschaftsspiele”, *Mathematische Annalen* 100, 295-320), na qual demonstra que a solução para jogos de soma zero (jogos em que o ganho de um jogador representa necessariamente uma perda para o outro) pode ser determinada utilizando-se técnicas matemáticas.

A análise dos jogos de soma zero viria a ser desenvolvida mais tarde em seu livro *The Theory of Games and Economic Behavior*, publicado em 1944 e escrito em coautoria com o economista alemão Oskar Morgenstern (1902-1977), também emigrado para os Estados Unidos.

Além de jogos de soma zero, *The Theory of Games and Economic Behavior* também definiu a representação de jogos em forma extensiva, em que são identificadas as decisões de cada jogador em cada estágio do jogo, quando o jogo se desenvolve em etapas sucessivas; e discutiu cooperação e formação de coalizões entre os jogadores.

Embora tenha sido a pedra fundamental da teoria dos jogos, *The Theory of Games and Economic Behavior* tinha uma limitação séria: o fato de se concentrar em jogos de soma zero.

Obviamente, essa não é a descrição adequada para um grande número de interações sociais. Como instrumento de análise das interações entre indivíduos e organizações na sociedade, em particular na economia, os jogos de soma zero se mostram inadequadamente restritivos. Era preciso encontrar ferramentas teóricas que permitissem analisar uma variedade maior de modelos de interação estratégica.

Essas ferramentas seriam elaboradas, a partir de 1950, por John F. Nash, Jr., John C. Harsanyi e Reinhard Selten, o que acabaria fazendo com que os três fossem premiados com o Nobel de Economia em 1994. Vamos apresentar agora, muito resumidamente, as principais contribuições desses autores, não apenas pelo reconhecimento que o Prêmio Nobel lhes conferiu, mas também por acreditarmos que foram de fundamental importância para a crescente popularidade que a teoria dos jogos passou a desfrutar.

John F. Nash, Jr. (1928-), matemático norte-americano, é um dos mais importantes matemáticos do século XX. Nash definiu, em um artigo de 1951 ("Non-Cooperative Games", *Annals of Mathematics* 54, 286-295), uma noção de equilíbrio para modelos de jogos que não se restringia apenas aos jogos de soma zero.

Como teremos oportunidade de ver mais detalhadamente neste livro, o equilíbrio de Nash é aquele que resulta de cada jogador adotar a estratégia que é a melhor resposta às estratégias adotadas pelos demais jogadores.

A contribuição de John Nash foi fundamental para o desenvolvimento da teoria dos jogos. A partir de sua noção de equilíbrio foi possível estudar uma classe de jogos muito mais ampla do que os jogos de soma zero. Foi possível também demonstrar que, em alguns casos, quando cada jogador escolhe racionalmente aquela estratégia que seria a melhor resposta às estratégias dos demais, pode ocorrer que o resultado final para todos os jogadores seja insatisfatório e que, portanto, nem sempre a busca de cada indivíduo pelo melhor para si resulta no melhor para todos.

A principal contribuição do economista húngaro John C. Harsanyi (1920-2000) para a teoria dos jogos, na forma de três artigos ("Games with

Incomplete Information Played by “Bayesian” Players, Parts I, II and III”, *Management Science* 14, 159-182, 320-334 e 486-502), está relacionada ao fato de que, muitas vezes, alguns jogadores dispõem de informação privilegiada em relação aos demais sobre algum elemento importante do jogo.

Em outros termos, temos uma situação de *informação assimétrica*. Harsanyi desenvolveu um modelo para tratar desse tipo de situação, ao qual denominou modelo de informação incompleta. Ele mostrou que o conceito de equilíbrio de Nash poderia ser estendido para os modelos de informação incompleta.

Antes da contribuição de Harsanyi, os economistas não dispunham de instrumental adequado para tratar da situação de interação estratégica em que a assimetria de informação produzia incerteza. Assim, na maior parte dos modelos, ou se supunha absoluta certeza, ou se supunha que havia uma distribuição de probabilidades objetivamente relacionada aos eventos possíveis, e que essa distribuição de probabilidades era do conhecimento de todos os agentes. A partir da contribuição de Harsanyi, os economistas se viram em condições de tratar formalmente situações de interação estratégica envolvendo assimetria de informação.

O matemático e economista alemão Reinhard Selten (1930-), em seu artigo publicado em 1965 “Spieltheoretische Behandlung eines Oligopolmodells mit Nachfrageträgheit” (*Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft* 121, 301-324 e 667-689), foi responsável por um refinamento da noção de equilíbrio que ficou conhecido como “equilíbrio perfeito em subjogos”, significando que uma determinada estratégia, para ser considerada um equilíbrio perfeito em subjogos, tem de ser ótima considerando-se todos os possíveis desdobramentos do processo de interação estratégica.

Esse refinamento (que conduz a uma noção mais restritiva de equilíbrio do que o equilíbrio de Nash) foi de fundamental importância em análises estratégicas, pois, em jogos que envolvem compromissos e ameaças, permitiu determinar quais compromissos e ameaças eram plausíveis e quais não eram.

Mas os desenvolvimentos em teoria dos jogos não se limitaram apenas aos casos anteriores. Foi graças às formulações matemáticas de Robert J. Aumann que os teóricos de jogos conseguiram demonstrar que, se a relação entre os indivíduos ou as organizações tem uma boa chance de durar por tempo indeterminado – e caso não haja uma grande pressa de ganhos em curto prazo –, a cooperação deve se estabelecer, mesmo em uma situação como a do dilema do prisioneiro.

Assim, mesmo que haja um ganho significativo no desrespeito a um contrato, e desde que as empresas envolvidas tenham a expectativa de que a relação se prolongue e não estejam muito impacientes pela realização desses ganhos

(como poderia ser o caso se estivessem endividadas, precisando cobrir suas dívidas), há uma boa chance de a cooperação se estabelecer.

As aplicações desse tipo de análise são várias. Por exemplo, conforme teremos a oportunidade de ver neste livro, uma aplicação importante se dá no estudo de cartéis, uma vez que um cartel é uma situação semelhante àquela representada no dilema do prisioneiro: se a empresa cumpre a determinação do cartel e reduz sua produção para aumentar o preço de mercado de seu produto, ela ganha. Contudo, se a empresa não cumpre a determinação do cartel e não reduz sua produção, ela ganha ainda mais, pois sua produção, cujo nível será normal, será vendida a um preço de mercado mais alto, resultado do fato de que as demais empresas do cartel estarão reduzindo a produção delas para sustentar o cartel.

Mas, se todas as empresas pensarem assim – é razoável supor que elas pensem desse modo, pois empresas tendem a agir racionalmente –, nenhuma delas reduz sua produção, e o cartel fracassa. A formulação de Aumann nos ajuda a entender, em situações como essa, quando o cartel pode ser bem-sucedido, apesar dessa possibilidade de ganho.

Também na guerra fria entre Estados Unidos e a extinta União Soviética, teóricos de jogos tiveram uma participação importante. Em 1960, Thomas C. Schelling publicou um de seus mais importantes livros, *The Strategy of Conflict*, em um dos momentos críticos da guerra fria entre os Estados Unidos e a então União Soviética. Naquele momento, a escalada armamentista e a questão da dissuasão de uma ameaça nuclear eram centrais para a sobrevivência das grandes potências.

The Strategy of Conflict apresentava um grande número de intuições importantes pela aplicação da teoria dos jogos não apenas aos problemas das grandes potências, mas também a todas as situações de cooperação ou conflito. Vamos mencionar apenas algumas delas.

Uma dessas intuições foi a de que uma das formas de deter uma ameaça é tornar a resposta a ela imprevisível, e isso não apenas para o inimigo, mas também para quem está sendo ameaçado. Se a resposta a uma agressão não for perfeitamente previsível – inclusive para a parte que responde à agressão –, estará sendo criado, para o inimigo, um risco que pode ser suficientemente forte para detê-lo.

Schelling também mostrou que, em algumas situações, pode ser interessante deixar para si mesmo somente a pior opção. Um exemplo é o caso de um general que elimina qualquer chance de retirada, para deixar bem claro ao inimigo que, em caso de ataque, não lhe restará nada a não ser lutar até o fim.

Outra contribuição importante de Schelling diz respeito à ideia de ponto focal. Um ponto focal é um elemento que se destaca em um contexto e que

permite aos indivíduos coordenarem suas decisões, de forma a promover um resultado melhor para todos, mesmo quando não há a possibilidade de comunicação.

Por exemplo: imagine que você chegou a uma pequena cidade onde deve encontrar uma pessoa, mas com a qual não tem como se comunicar para definir o local de encontro. Se a cidade tiver cem casas, duas escolas e uma igreja, a escolha mais natural é que ambos se encaminhem para a igreja, que, por ser única, se destaca do contexto.

Esse tipo de coordenação é atualmente utilizado para estudar normas sociais como pontos focais, instrumentos que permitem aos agentes se coordenarem antes mesmo de se comunicarem. Esse é o papel, por exemplo, de um clube que seja o único frequentado por empresários que queiram fechar negócios.

Assim, novos campos de pesquisa, que vão desde os problemas de negociação envolvendo barganha até a evolução de populações, têm sido objeto de desenvolvimentos teóricos, na forma de jogos. A teoria dos jogos é hoje aplicada à economia, administração, direito, ciência política, questões de natureza militar e biologia, tendo se tornado instrumento essencial no estudo de qualquer processo de interação em que os agentes reconheçam que suas decisões se influenciam mutuamente.

EXERCÍCIOS

- 1.1. Discuta se a relação binária \succeq ("maior ou igual a") poderia expressar preferências racionais.
- 1.2. Quais são as propriedades da relação de preferência estrita \succ ?
- 1.3. Quais são as propriedades da relação de indiferença \sim ?
- 1.4. Um filho único de uma mãe viúva se preocupa tanto com a sua renda quanto com a renda de sua mãe, embora não more mais com ela. Como ela já é idosa e não tem boa saúde, ele atribui uma satisfação duas vezes maior à renda que sua mãe obtém em comparação com a renda que ele mesmo consegue obter. Pede-se:
 - a. Determinar em que ordem o filho ordena as seguintes recompensas (o primeiro valor é a sua própria renda, o segundo é a renda de sua mãe): (3,2), (4,0) e (1,5).
 - b. Determinar uma função a ser aplicada às suas recompensas e às de sua mãe, que seja consistente com o ordenamento de suas preferências.
- 1.5. Seja o conjunto Y de sobremesas à disposição de um indivíduo, onde $Y = \{\text{abacaxi, banana, sorvete, doce de leite}\}$. Suponha que o indivíduo expresse a seguinte relação de preferências \succeq entre as sobremesas: $\text{abacaxi} \succeq \text{banana}$, $\text{banana} \succeq \text{sorvete}$, $\text{sorvete} \succeq \text{doce de leite}$, $\text{abacaxi} \succeq \text{sorvete}$, $\text{abacaxi} \succeq \text{doce de leite}$, $\text{banana} \succeq \text{doce de leite}$. Você diria que as preferências que ele expressou são racionais?