

## A instabilidade dos cartéis sob a ótica da teoria dos jogos: um estudo sobre a Opep

Gisele Gonçalves de Brito<sup>1</sup>

Juliana Souza Scriptore<sup>2</sup>

**Resumo:** Os cartéis constituem um importante mecanismo de controle de preços, mas são instáveis, pois muitas vezes é mais lucrativo para os membros o desrespeito às cotas de produção impostas. Foi o que ocorreu com a Opep na década de 1980. Trata-se de um processo de interação estratégica, que pode ser estudado pelo aporte teórico da Teoria dos jogos. Este trabalho visa identificar como a Teoria dos jogos explicaria os fatores que levam um cartel formado em 1960 a se manter até os dias de hoje, driblando a característica da instabilidade presente na maioria dos cartéis. A partir do modelo de *Cournot*, analisou-se um cenário simplificador em que os dois maiores produtores de petróleo da Opep em 2013 interagem. Um dos resultados obtidos é que os ganhos com a não cooperação não teriam sido significativos se comparados aos ganhos com a cooperação.

**Palavras-chave:** Opep, Instabilidade, Teoria dos jogos.

**Abstract:** The cartels are an important mechanism to control prices, but are unstable because it is often more profitable for members disrespect to those imposed production quotas, and that's what happened with Opec in the 1980s This is a process of strategic interaction, which can be studied by the theoretical framework of game theory. This paper aims to identify how game theory would explain the factors that lead a cartel formed in 1960 to keep up to the present day, dodging the characteristic of instability present in most cartels. From the Cournot model, we analyzed a simplifying scenario in which the two largest oil producers of Opec in 2013 interact. One of the results is that the gains from non-cooperation it was not significant compared to the gains from cooperation.

**Key words:** Opec, Instability, Game Theory.

### 1. Introdução

Os cartéis, embora legalmente proibidos em muitos países, constituem-se em uma junção de empresas que tentam fixar preços e produção para maximizar os lucros do setor (VARIAN, 2006, p. 533). Segundo Fiani (2009, p. 126), esta coordenação nos preços e/ou quantidades caracteriza uma coalizão, sendo que um cartel é, portanto, "um grupo de empresas competidoras que fizeram uma coalizão, de forma a maximizar seus lucros, comportando-se como uma empresa monopolista". A teoria econômica enuncia que é mais fácil formar um cartel no caso de um produto homogêneo, ou seja, quando não há nada além do preço que possa influenciar na decisão do consumidor de comprar deste ou daquele produtor (FIANI, 2009, p. 263). Um produto homogêneo largamente consumido pela sociedade contemporânea é o

---

<sup>1</sup> Discente do curso de Ciências Atuariais da Universidade Federal de Alfenas (Unifal-MG). Email: gih.brito07@gmail.com

<sup>2</sup> Professora da Universidade Federal de Alfenas (Unifal-MG). Email: juliana.scriptore@unifal-mg.edu.br  
Recebido em abril de 2016 e aceito em agosto de 2016.

petróleo. Dada sua importância econômica, existe um cartel associado a esse produto conhecido por Organização dos Países Exportadores de Petróleo (Opep).

O cartel da Opep foi formado, em 1960, por Irã, Iraque, Arábia Saudita, Kuwait e Venezuela. O objetivo era controlar os preços e o volume de produção, estabelecendo pressões no mercado petrolífero e centralizando a administração.

Atualmente composta por 12 membros, a Opep é responsável por 42,42% da produção mundial diária e possuidora de 71,94% das reservas provadas de petróleo<sup>3</sup>. A relevância em estudá-la origina-se na sua importância no mercado petrolífero.

O comportamento dos membros de um cartel pode ser estudado pelo aporte teórico da Teoria dos jogos, uma vez que um jogo é uma situação na qual dois ou mais indivíduos, os jogadores, precisam tomar decisões e cada um deve escolher uma estratégia para si, a fim de conseguir um bom resultado; porém, ao mesmo tempo, cada jogador precisa saber que as decisões dos demais também impactarão no seu próprio resultado, ou seja, as ações são interdependentes, sendo, por isso, analisadas conjuntamente (SARTINI *et al.*, 2004).

Os cartéis apresentam como característica marcante a instabilidade, pois muitas vezes os membros têm maior vantagem quando não cooperam com as cotas de produção impostas a eles.

Na década de 1980, a Opep passou por um processo semelhante, pois houve fixação de cotas de produção aos membros, mas elas foram sistematicamente desrespeitadas e a tentativa de elevação dos preços fracassou (FIANI, 2009). A Opep, porém, perdura até os dias de hoje, conseguindo de alguma maneira driblar esta instabilidade que é tão inerente aos cartéis.

Após revisão bibliográfica sobre os principais aspectos da Teoria dos jogos, o objetivo deste trabalho é identificar os motivos que levam a Opep a driblar a instabilidade que caracteriza os cartéis, fazendo com que ela se mantenha desde 1960 até os dias de hoje. Inicialmente, o modelo de *Cournot* foi abordado para explicar a interação estratégica entre os dois maiores produtores de petróleo da Opep em 2013, Arábia Saudita e Emirados Árabes. O modelo de *Cournot* é um clássico de análise de mercados com poucas empresas. De acordo com esse modelo, a variável de escolha é uma variável contínua, pois as empresas decidem simultaneamente que quantidade produzir (PINDYCK; RUBINFELD, 2010).

A partir dos resultados obtidos neste cenário, as conclusões para o caso da Opep foram expandidas de forma a verificar que os ganhos com a não cooperação deveriam ser maiores do que aqueles obtidos com o respeito às cotas impostas.

A análise do exemplo aplicado levou à conclusão de que tais ganhos não devem ser significativos se comparados aos ganhos com a cooperação, pois não há

---

<sup>3</sup> Segundo Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2014).

mais registros de desrespeito às cotas da maneira como ocorreu na década de 1980. Há também a possibilidade de que as retaliações sejam severas, sem falar nos benefícios que aqueles que desrespeitarem o cartel podem perder (se for o caso), seja por punição ou mesmo pela expulsão do grupo. Tudo isto permitiria à Opep driblar a característica de instabilidade presente na maioria dos cartéis.

Assim, cada membro da Opep depara-se com a missão de escolher entre respeitar ou não as cotas impostas. Porém, é preciso levar em consideração que os outros membros também fazem o mesmo, uma vez que, se ninguém respeitar, os preços caem. Além disso, este é um tipo de jogo repetido e cada país precisa considerar as possíveis retaliações que sofrerá no caso do desrespeito antes de decidir se irá ou não acatar a redução produtiva.

Este trabalho é composto por três seções. Na primeira seção, abordam-se alguns conceitos importantes relacionados à Teoria dos jogos; a segunda seção contextualiza a Opep no cenário mundial de produção petrolífera, além de tratar do modelo de *Cournot*, utilizado para explicar a relação entre preços, quantidades e lucros em casos de coalizão; a terceira seção trata dos jogos repetidos e procura relacioná-los ao caso da Opep.

## 2. O mercado oligopolista e a teoria dos jogos

Segundo Sartini *et al.* (2004), a história da teoria dos jogos remonta ao século XVIII, tendo sido estudada por autores como James Waldegravem, Augustin Cournot, Ernst Zermelo (que desenvolveu um teorema sobre jogos de xadrez); Emile Borel e John Von Neumann. Este último foi o responsável pela difusão da teoria dos jogos em áreas como Economia e Matemática Aplicada. O prêmio Nobel de Economia em 1994 foi concedido a três estudiosos por suas contribuições à teoria dos jogos: John Forbes Nash Jr., Reinhard Selten e John Harsanyi.

Entende-se por jogo uma situação na qual dois ou mais indivíduos, os jogadores, precisam tomar decisões, sendo que cada um deve escolher uma estratégia para si a fim de conseguir um bom resultado; porém, ao mesmo tempo, cada jogador precisa saber que as decisões dos demais também impactarão no seu próprio resultado, ou seja, as ações são interdependentes, sendo, por isso, analisadas conjuntamente (SARTINI *et al.*, 2004). "Em termos matemáticos, cada jogador tem uma função utilidade que atribui um número real (o ganho ou *payoff* do jogador) a cada situação do jogo." (SARTINI *et al.*, 2004).

A Teoria dos Jogos pode ser definida como "uma teoria matemática criada para se modelar fenômenos que podem ser observados quando dois ou mais 'agentes de decisão' interagem entre si." (SARTINI *et al.*, 2004). Ela surgiu para explicar as decisões interdependentes entre poucas empresas de um setor, ou seja, um oligopólio.

Um mercado oligopolista é aquele no qual os produtos podem ou não ser diferenciados, pois o importante é que apenas algumas empresas sejam responsáveis pela maior parte da produção, sendo que as barreiras à entrada de novas empresas no mercado tornam os lucros das oligopolistas muito significativos no longo prazo. (PINDYCK; RUBINFELD, 2010, p. 396).

É evidente o papel da Teoria dos jogos no processo de tomada de decisões por parte de um oligopólio. No mercado oligopolista, cada empresa determina o preço ou a produção com base, pelo menos em parte, em considerações estratégicas relativas ao comportamento dos concorrentes, pois "cada empresa deve considerar as reações dos concorrentes, ciente do fato de que estes também considerariam suas reações em relação às decisões deles." (PINDYCK; RUBINFELD, 2010, p. 397).

### 2.1. Elementos de um jogo

Segundo Sartini *et al.* (2004), um jogo tem, basicamente, os seguintes elementos: o conjunto finito  $G$  de jogadores, onde  $G = \{g_1, g_2, \dots\}$ , em que cada jogador  $g_i$  possui um conjunto finito  $S_i$  de estratégias:  $S_i = \{s_{i1}, s_{i2}, \dots\}$ , ou seja, estratégias 1, 2... do jogador  $i$ . O espaço amostral  $S$  é composto pelas combinações de cada estratégia do jogador 1 com todas as estratégias do jogador 2 (no caso de um jogo com dois jogadores). Por fim, cada jogador possui uma função utilidade  $U_i$ , que associa um número real (chamado também de ganho ou *payoff*) a cada combinação de estratégias do espaço amostral  $S$ .

É importante destacar, neste momento, dois conceitos em Teoria dos jogos: equilíbrio de *Nash* e estratégia dominante. Define-se o equilíbrio de *Nash* como uma situação em que "cada empresa está fazendo o melhor que pode em função daquilo que os concorrentes estão fazendo" (PINDYCK; RUBINFELD, 2010, p. 398). O segundo conceito importante que destacamos anteriormente é justamente a estratégia dominante, que Pindyck e Rubinfeld (2010, p. 410) definem como "aquela que é ótima independentemente do que o oponente possa vir a fazer", ou seja, é aquela que maximiza os ganhos do jogador diante de qualquer ação do adversário.

É importante ressaltar a diferença trazida por Pindyck e Rubinfeld (2010, p. 414) entre estratégias puras (os jogadores escolhem agir de determinada forma) e estratégias mistas (quando as escolhas são aleatórias e se baseiam em um conjunto de probabilidades escolhidas). Pindyck e Rubinfeld (2010, p. 415) trabalham com o jogo das moedas para exemplificar o conceito de estratégias mistas:

Nesse jogo, cada um dos participantes escolhe se mostrará cara ou coroa e ambos exibem as moedas simultaneamente. Se as moedas estiverem com lados iguais (isto é, ambos os jogadores mostrarem cara ou ambos os jogadores

mostrarem coroa), o jogador A ganhará e receberá um dólar do jogador B. Se as moedas estiverem com lados diferentes, o jogador B receberá um dólar do jogador A. (PINDYCK; RUBINFELD, 2010, p. 414).

Neste exemplo não há equilíbrio de *Nash* em estratégias puras, afinal não há um conjunto de estratégias que resulte no melhor ganho para ambos os jogadores (se A mostrar cara, é melhor para B mostrar coroa; se B mostrar cara, é melhor para A mostrar cara também; assim, não há uma maneira de satisfazer a ambos). Porém, há equilíbrio de *Nash* em estratégias mistas, quando ambos os jogadores decidem lançar a moeda ao ar com probabilidade 0,5 de obter cara e 0,5 de obter coroa. Esta é a única forma de cada um fazer o melhor que pode em função do que o outro possa fazer (PINDYCK; RUBINFELD, 2010).

## 2.2. Tipos de jogos

A análise da teoria dos jogos aplicada a cartéis torna necessária a definição de jogos repetitivos e as estratégias associadas a eles.

Pindyck e Rubinfeld (2010, p. 416) definem jogos repetitivos como "jogos nos quais as ações são tomadas e os decorrentes *payoff's* são recebidos várias vezes, de modo consecutivo". Nesse tipo de jogo, Pindyck e Rubinfeld (2010, p. 416) trabalham basicamente com duas estratégias a serem adotadas.

A primeira delas é a *tit-for-tat*, ou olho por olho, cujo nome provém da expressão olho por olho, dente por dente. Trata-se de quando o jogador B decide responder ao adversário A da mesma maneira como foi tratado. Se A cooperou, B também coopera, mas se A não cooperou, B responde com uma retaliação.

A segunda estratégia para jogos repetitivos é chamada de tiro fatal. Nesse caso, se o jogador A não cooperar com B uma vez, o jogador B nunca irá cooperar com A, independente do que este faça até o final do jogo.

## 2.3. As formas de coalizão

O termo cartel é usado para designar a união entre empresas com o objetivo de aumentar sua lucratividade, seja através de intervenções nos preços ou mesmo nas quantidades ofertadas. Segundo Fiani (2009, p. 126), esta coordenação nos preços e/ou quantidades caracteriza uma coalizão, sendo que um cartel é, portanto, "um grupo de empresas competidoras que fizeram uma coalizão, de forma a maximizar seus lucros, comportando-se como uma empresa monopolista". Fiani (2009, p. 261) ainda trata dos cartéis como sendo "um acordo entre empresas para reduzir a quantidade vendida e, com isso, elevar os preços até o nível de monopólio, ou um acordo para estabelecer diretamente esse preço de monopólio".

Legalmente, a prática de cartéis é proibida em muitos países, mas eles existem, e podem ser divididos, basicamente, em dois grupos: conluio explícito e conluio tácito. A diferença entre eles, segundo Fiani (2009, p.262) está no fato de que, em um conluio explícito, as empresas se reúnem e decidem quanto cada uma deve produzir, ao passo que no conluio tácito as empresas não se comunicam, pois há uma empresa que atua “como líder na fixação de preços para todo o mercado” (FIANI, 2009, p. 262).

Cartéis são proibidos, segundo Furquim (2007), porque resultam em prejuízos à sociedade, mas há “diversos casos que afloram à imprensa, por meio de alguma escuta telefônica ou denúncia anônima”.

Mesmo proibidos legalmente na maior parte dos países, a importância de se estudar cartéis se dá pela legislação de outros países ser mais favorável a essa prática a fim de compreender como eles se formam e como agem.

A título de exemplificação, é possível citar alguns cartéis como a *International Bauxite Association* (IBA), associado à bauxita e o *Mercurio Europeo*, associado ao mercúrio (PINDYCK; RUBINFELD, 2010).

Em relação à sua formação, “a teoria econômica nos diz que é sempre mais fácil formar um cartel no caso de um produto homogêneo do que no caso de um produto diferenciado” (FIANI, 2009, p. 263). O petróleo caracteriza-se como um produto homogêneo, ou seja, não há nada além do preço que possa influenciar na decisão do consumidor de comprar deste ou daquele produtor. Além disso, existe um cartel associado ao petróleo, que é a Opep.

### **3. A indústria petrolífera e o cartel da Opep**

A teoria dos jogos pode ser utilizada para entender o comportamento dos membros da Opep no caso da fixação de cotas de produção como forma de afetar o preço. O cartel pode reduzir a oferta de petróleo no mercado internacional e, por se tratar de um produto de baixa elasticidade-preço, obter uma alta expressiva no preço do produto.

O país que desrespeitar as cotas impostas irá vender mais e lucrar com os preços altos, mas se todos as desrespeitarem os preços altos não se sustentariam. Em particular, estudaremos o fato ocorrido em meados da década de 1980, quando o cartel foi mantido apenas pela Arábia Saudita (por um tempo), pois os outros membros escolheram não respeitar as cotas impostas (FIANI, 2009).

Fundada em 1960, a Opep tinha como membros originais a Angola, a Argélia, a Líbia, a Nigéria, a Venezuela, o Equador, a Arábia Saudita, os Emirados Árabes Unidos, o Irã, o Iraque, o Kuwait e o Catar, e como ex-membros o Gabão e a Indonésia (de todos eles, apenas a Angola não era membro na década de 1980).

Atualmente, a Opep possui 12 países membros: Argélia, Angola, Equador, Irã, Iraque, Kuwait, Líbia, Nigéria, Qatar, Arábia Saudita, Emirados Árabes Unidos, Venezuela<sup>4</sup>.

A tabela 1 apresenta a situação dos membros da Opep em relação às reservas e à produção.

**Tabela 1. Reservas e produção de petróleo da Opep em 2013**

	Reservas (bilhões barris)	Participação das reservas(%)	Produção (barris/dia)	(%) da produção
Arábia Saudita	265,9	15,75	11.525.000	13,28
Irã	157	9,3	3.558.000	4,1
Emirados Árabes Unidos	97,8	5,79	3.646.000	4,2
Iraque	150	8,89	3.141.000	3,62
Venezuela	298	17,67	2.623.000	3,02
Nigéria	37,1	2,2	2.322.000	2,67
Angola	12,7	0,75	1.801.000	2,07
Argélia	12,2	0,72	1.575.000	1,81
Catar	25,1	1,5	1.995.000	2,3
Equador	8,2	0,49	527.000	0,61
Líbia	48,5	2,87	988.000	1,14
Kuwait	101,5	6,01	3.126.000	3,6
Total Opep	1.214,2	71,94	36.827.000	42,42
Total mundial	1.687,9	100	86.808.000	100

Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2014)

Em 2013, a Opep detinha 71,94% das reservas provadas de petróleo<sup>5</sup> e era responsável por 42,42% da produção mundial, com destaque para a Arábia Saudita, responsável por 13,28% da produção mundial de petróleo<sup>6</sup>. Domingues (2009) define (em conformidade com a ANP) as reservas provadas como aquelas reservas de petróleo e gás que, com base na análise de dados geológicos e de engenharia, "se estima recuperar comercialmente de reservatórios descobertos e avaliados, com elevado grau de certeza, e cuja estimativa considera as condições econômicas vigentes e os métodos operacionais usualmente viáveis". A Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) define ainda a produção como "o conjunto de operações coordenadas de extração de petróleo ou gás natural de uma jazida e de preparo para sua movimentação" (DOMINGUES, 2009).

A Opep já passou por vários problemas relacionados a oscilações do preço do barril de petróleo. Um deles, segundo Fiani (2009), foi quando teve início a guerra do *Yon Kippur*, em 1973 (vale lembrar que no ano anterior, 1972 o petróleo chegou a custar US\$3,00 o barril). Nessa guerra, Israel era atacado pela Síria e Egito e os EUA apoiavam a causa israelense, juntamente com outras nações desenvolvidas do ocidente. Este apoio levou os países árabes a determinarem uma interdição de petróleo aos países que apoiavam Israel. Fiani (2009) trata ainda de outras guerras que

<sup>4</sup> Fonte: [http://www.opec.org/opec\\_web/en/about\\_us/25.htm](http://www.opec.org/opec_web/en/about_us/25.htm).

<sup>5</sup> O mapa em anexo traz informações sobre as reservas provadas de petróleo em 2013, por regiões geográficas.

<sup>6</sup> Segundo Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2014).

também levaram a restrições da oferta de petróleo, como a revolução no Irã (1979) e a guerra Irã-Iraque (1980).

No entanto, houve uma elevação nos preços a partir daí e, em 1981, ele custava US\$35,00 o barril, mas estes aumentos foram todos negativos para o controle dos preços pela OPEP, pois eles provocaram uma busca por tecnologias mais eficientes em energia, o que fez com que a demanda se reduzisse (FIANI, 2009).

Por outro lado, os altos preços provocaram um aumento na oferta de petróleo inclusive nos países que não eram membros da Opep, o que ajudou na redução dos preços. A partir daí, o cartel passou a se esforçar para manter os altos preços, por meio da aplicação, entre 1982 e 1985, de cotas de produção restritivas para os países que eram membros do cartel (FIANI, 2009). Porém, os membros viram no desrespeito a estas cotas uma oportunidade de expansão dos lucros, pois venderiam muito e a preços altos, com exceção da Arábia Saudita, que, sozinha, respeitou as cotas, sustentando, assim, todo o cartel. Porém, segundo Fiani (2009, p. 17), "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 período de 2004-2013, segundo a ANP, os preços tanto do petróleo *Brent* quanto do *WTI* também oscilaram, apresentando altas e baixas. A diferença entre eles está no destino da exportação, pois o *Brent* é aquele produzido e exportado para a Europa e o *WTI* é aquele produzido e exportado para os Estados Unidos (DOMINGUES, 2009). Ambos atingiram seu menor valor em 2004, quando o *Brent* chegou a custar US\$38,21 o barril e o *WTI* chegou a US\$41,42 o barril<sup>7</sup>. Em 2013, o petróleo *Brent* custava US\$108,60 o barril e o *WTI* US\$97,93.

Com o aporte teórico da teoria dos jogos, será apresentado o comportamento dos membros deste cartel, com base nas estratégias por eles tomadas.

### **3.1. O modelo de Cournot**

Antes de apresentar o modelo que rege o comportamento dos membros de um cartel, é importante estudar o modelo clássico de análise de mercados com poucas empresas: o modelo de *Cournot*. De acordo com esse modelo, a variável de escolha é uma variável contínua, pois as empresas decidem simultaneamente que quantidade produzir (PINDYCK; RUBINFELD, 2010).

Na próxima subseção será apresentado o modelo mais simples, com apenas duas empresas.

#### **3.1.1. O Modelo de Cournot com duas empresas**

---

<sup>7</sup> Esses valores consideram o preço médio no mercado spot de petróleo e o Brent calculado a partir do dólar em valor corrente.



O modelo teórico enunciado nessa seção será baseado em Fiani (2009). Trata-se de um jogo com dois jogadores, a empresa 1 e a empresa 2, fabricantes de produtos homogêneos, que disputam o mesmo mercado, tomam suas decisões simultaneamente e visam maximizar seus lucros. A importância de serem produtos homogêneos é o fato de que apenas os preços irão influenciar na decisão de compra do consumidor.

Supondo que o preço  $p$  é dado por uma função de demanda linear do tipo:

$$p(q) = a - b(q_1 + q_2) \quad (1)$$

Aqui variáveis  $a$  e  $b$  são constantes e a soma  $(q_1 + q_2)$  representa a quantidade total do produto que é ofertada no mercado, sendo  $q_1$  a quantidade produzida pela firma 1 e  $q_2$  a quantidade produzida pela firma 2. Sabe-se que a receita total de uma empresa é dada pela multiplicação entre a quantidade por ela produzida e o preço do produto. Assim, as receitas totais de cada firma,  $RT_1$  e  $RT_2$ , são dadas por:

$$RT_1 = p(q)q_1 = aq_1 - bq_1^2 - bq_1q_2 \quad (2)$$

$$RT_2 = p(q)q_2 = aq_2 - bq_1q_2 - bq_2^2 \quad (3)$$

Vamos supor ainda que as funções custo de ambas as empresas sejam idênticas e dadas por uma expressão do tipo:

$$C_1 = cq_1 \quad (4)$$

$$C_2 = cq_2 \quad (5)$$

Assim, como temos as receitas totais e os custos totais, podemos agora encontrar as funções lucro de cada empresa, uma vez que o lucro ( $\pi$ ) é dado por receita menos custo. Assim:

$$\pi_1 = aq_1 - bq_1^2 - bq_1q_2 - cq_1 \quad (6)$$

$$\pi_2 = aq_2 - bq_1q_2 - bq_2^2 - cq_2 \quad (7)$$

"O passo seguinte é tomar a primeira derivada de cada uma das duas equações anteriores e igualar a zero, de acordo com a condição de primeira ordem para maximização" (FIANI, 2009)

$$\frac{\partial \pi_1}{\partial q_1} = a - 2bq_1 - bq_2 - c = 0 \quad (8)$$

$$\frac{\partial \pi_2}{\partial q_2} = a - bq_1 - 2bq_2 - c = 0 \quad (9)$$

Se colocarmos  $q_1$  e  $q_2$  em evidência, encontraremos as quantidades que cada empresa produz em função do nível de produção da outra, ou seja, as funções de reação de cada uma, onde  $q_1^e$  e  $q_2^e$  representam as quantidades esperadas das empresas 1 e 2:

$$q_1 = \frac{a - bq_2^e - c}{2b} \quad (10)$$

$$q_2 = \frac{a - bq_1^e - c}{2b} \quad (11)$$

Pelo conceito de equilíbrio de Nash, cada jogador faz o melhor que pode em função do que os outros fazem, ou seja, "a estratégia adotada por cada empresa (a quantidade que decidiu produzir) deve ser igual ao que a outra empresa esperava dela, e vice-versa." Algebricamente:

Quando  $q_2^e = q_2$  e  $q_1^e = q_1$ , vem que (substituindo (10) em (11)):

$$q_2 = \frac{a - b\left(\frac{a - bq_2 - c}{2b}\right) - c}{2b} \quad (12)$$

Cancelando o "b", temos que:

$$q_2 = \frac{a - \left(\frac{a - bq_2 - c}{2}\right) - c}{2b} \quad (13)$$

Podemos reescrever assim:

$$q_2 = \frac{2a - a + bq_2 + c - 2c}{2} \times \frac{1}{2b} \quad (14)$$

Simplificando, temos as seguintes expressões:

$$q_2 = \frac{a + bq_2 - c}{4b} \quad (15)$$

$$a + bq_2 - c = 4bq_2 \quad (16)$$

Isolando  $q_2$ , temos que:

$$3bq_2 = a - c \quad (17)$$

A partir daí, encontra-se a seguinte equação que determina a quantidade do equilíbrio de Cournot:

$$q_2^* = \frac{a-c}{3b} \quad (18)$$

Com o mesmo procedimento, encontra-se:

$$q_1^* = \frac{a-c}{3b} \quad (19)$$

Esses valores correspondem a equilíbrios de *Nash*, pois nenhuma das duas empresas tem qualquer incentivo para alterar suas estratégias, porque uma é a melhor resposta à outra, e vice-versa.

A título de exemplificação do modelo anterior, consideraremos os dois maiores produtores de petróleo da Opep em 2013: Arábia Saudita, que produzia 11,525 milhões de barris de petróleo por dia, e os Emirados Árabes, cuja produção era de 3,558 milhões de barris de petróleo por dia. Em 2013, o petróleo *Brent*, que usaremos na análise, custava US\$108,60 o barril. Além disso, vamos assumir o pressuposto (simplificador) de que o custo de produção do barril de petróleo é o mesmo para ambos os países, e igual a US\$5,00.

De acordo com o modelo enunciado acima, temos que o valor da variável  $c$  será igual a 5. Faremos outra simplificação da realidade em nosso modelo, assumindo o pressuposto de que cada um dos dois países produz a média das produções observadas, ou seja, 7,5 milhões de barris de petróleo por dia. Com esses valores para  $q_1$ ,  $q_2$  e  $c$ , temos que  $a$  e  $b$  podem ser encontrados mediante a solução do sistema dado por:

$$\frac{a-5}{3b} = 7.500.000 \quad (20)$$

$$a - b(7.500.000 + 7.500.000) = 108 \quad (21)$$

Solucionando o sistema, temos que  $a = 314$  e  $b = 0,000013733$ .

A nossa função custo do modelo é dada por:

$$C_i = 5q_i \quad (22)$$

Logo, temos que  $C_1 = C_2 = 5 \times 7.500.000 = 37.500.000$ . O lucro de cada país, então, será dado por:

$$\pi_1 = \pi_2 = 108 \times 7.500.000 - 37.500.000 \quad (23)$$

$$\pi_1 = \pi_2 = US\$ 772.500.000 \quad (24)$$

Este é o lucro do equilíbrio de *Cournot*. Porém, se elas decidirem formar um cartel, as duas agirão como se fossem uma única empresa, e, portanto, teriam uma função custo da forma:

$$C_1 + C_2 = 5q_1 + 5q_2 = 5q_i + 5q_i = 10q_i = 10q \quad (25)$$

O lucro, então, seria dado por:

$$\pi = (314 - 0,000013733q) \times q - 10q \quad (26)$$

Efetuando a multiplicação, temos que:

$$\pi = 314q - 0,000013733q^2 - 10q \quad (27)$$

Sabemos que a condição de maximização do lucro determina que é preciso derivar a equação em função de  $q$  e igualar o resultado a zero. Assim:

$$\frac{\partial \pi}{\partial q} = 314 - 0,000027466q - 10 = 0 \quad (28)$$

Isolando o  $q$ , temos que a quantidade do cartel será de 11.068.229,81 barris de petróleo por dia, ou seja, Arábia e EMU produzirão, cada um, 5.534.114,91 barris de petróleo por dia. Substituindo esta quantidade na equação (21), temos que o preço será de US\$162 no caso de uma coalizão. Com estes valores, o lucro de cada um será dado por:

$$\pi_1 = \pi_2 = 162 \times 5.534.114,91 - 5 \times 5.534.114,91 = \text{US\$ } 868.856.040,9 \text{ por dia} \quad (29)$$

Este valor corresponde ao lucro de cada um dos dois países no caso de uma coalizão, que é um valor maior do que aquele encontrado no equilíbrio de *Cournot*.

Assim, do ponto de vista das empresas (ou países, como no caso do exemplo), o equilíbrio de *Nash* do modelo de *Cournot* é Pareto ineficiente, pois é possível, por meio de uma coalizão, isto é, de um cartel, aumentar os lucros das duas empresas ao mesmo tempo (FIANI, 2009).

Porém, Fiani (2009) destaca que apesar de um cartel aumentar a lucratividade, nem sempre as empresas vão formar cartéis, pois em muitos países eles são proibidos legalmente, além de serem muito instáveis. Muitas vezes, os membros do cartel aumentarão ainda mais seus lucros pelo desrespeito às normas estabelecidas, o que gera problemas de cooperação.

#### 4. A diferença de se jogar uma vez e infinitas vezes

Na subseção 3.1.1, vimos que se Arábia Saudita e Emirados Árabes, os dois maiores produtores de petróleo da Opep em 2013, decidissem formar uma coalizão, seus lucros iriam aumentar significativamente em relação aos lucros obtidos caso não cooperassem. Porém, se um dos dois desrespeitar as regras do cartel, seus ganhos serão ainda maiores. É deste assunto que se tratará na próxima seção (ainda conforme Fiani (2009)).

##### 4.1. O problema da cooperação

Supondo que o país 1 decida produzir não mais a quantidade do cartel, mas os 10 milhões de barris do equilíbrio de Cournot. O preço, então, será dado por:

$$P = 314 - 0,000013733 \times (5.534.114,91 + 7.500.000) = \text{US\$ } 135 \quad (30)$$

O lucro do país que desrespeitou o cartel será de:

$$\pi_1 = 135 \times 7.500.000 - 5 \times 7.500.000 = \text{US\$ } 975.000.000 \quad (31)$$

O país 2, que produziu a quantidade do cartel, terá seu lucro dado por:

$$\pi_2 = 135 \times 5.534.114,91 - 5 \times 5.534.114,91 = \text{US\$ } 719.434.938, \quad (32)$$

Podemos elaborar a matriz de *pay-offs* deste jogo, utilizando os lucros como as recompensas obtidas, conforme tabela 2.

**Tabela 2: Matriz de *payoff's* dos países 1 e 2**

País 1	País 2	
	Coopera	Não coopera
Coopera	(868.856.040,9 868.856.040,9)	(719.434.938,3 975.000.000)
Não coopera	(975.000.000 719.434.938,3)	(772.500.000 772.500.000)

Fonte: Elaboração própria

Por esta matriz, percebe-se que não cooperar é uma estratégia estritamente dominante, pois “é sempre melhor não cooperar, não importa o que a outra empresa decida” (FIANI, 2009, p. 266).

É importante ressaltar que a não cooperação apresenta suas desvantagens (apesar do lucro inicial se elevar), pois a empresa que adotou esta estratégia pode sofrer retaliações no longo prazo e até mesmo ser expulsada do cartel. Isto ocorre porque, na verdade, estamos diante de um chamado jogo repetitivo, ou seja, um jogo no qual “as ações são tomadas e os decorrentes *payoff*'s são recebidos várias vezes, de modo consecutivo” (PINDYCK; RUBINFELD, 2010, p. 434). Como as empresas optam por uma ou outra estratégia diante deste impasse? Como um cartel se sustenta, se a não cooperação é uma estratégia estritamente dominante?

#### 4.2. O problema da estabilidade dos cartéis

Segundo Fiani (2009), o que os membros de um cartel fazem consiste em comparar os ganhos futuros da não cooperação com os ganhos da cooperação, trazendo todos eles a valor presente.

Para esse cálculo, utiliza-se o fator de desconto  $v$  de acordo com fórmula:

$$v = \frac{1}{1+i} \quad (33)$$

em que  $i$  é a taxa de juros (logo, quanto maior  $i$ , menor será o fator  $v$ ). Quanto menor a taxa de juros, maior o fator de desconto e maiores os valores presentes dos ganhos.

Observou-se na seção anterior que o lucro do cartel ( $\pi_m^i$ ) é maior que o lucro da competição ( $\pi_c^i$ ), mas menor que o lucro da não cooperação ( $\pi_{NC}^i$ ). Se os dois países obedecerem ao cartel, suas recompensas serão, a valor presente, iguais a:

$$\pi_m^i + v\pi_m^i + v^2\pi_m^i + \dots \quad (34)$$

O valor descontado desta série é igual a:

$$\frac{\pi_m^i}{1-v} \quad (35)$$

Porém, se um dos países desobedecer ao cartel na primeira etapa do jogo, supondo que o outro coopere, os ganhos de quem não cooperou serão de:

$$\pi_{NC}^i + v\pi_c^i + v^2v\pi_c^i + \dots \quad (36)$$

Esta série converge para:

$$\pi_{NC}^i + \frac{\pi_c^i}{1-v} \quad (37)$$

Sendo assim, o cartel só conseguirá se sustentar se:

$$\frac{\pi_m^i}{1-v} > \pi_{NC}^i + \frac{\pi_c^i}{1-v} \quad \left( \text{ou ainda, se o fator de desconto } v > \frac{\pi_{NC}^i - \pi_m^i}{\pi_{NC}^i - \pi_c^i} \right) \quad (38)$$

Ou seja, se o valor presente dos ganhos com a não cooperação for tão alto a ponto de superar o valor presente dos ganhos com a cooperação (FIANI, 2009).

No exemplo desse estudo (Arábia Saudita e Emirados Árabes), é possível calcular o valor do fator de desconto que torna atraente a não cooperação, dado que:

$$\pi_{NC}^i = \text{US\$}1.280.000.000; \pi_c^i = \text{US\$}1.020.000.000; \pi_m^i = \text{US\$}1.147.450.980 \quad (39)$$

$$v > \frac{1.280.000.000 - 1.147.450.980}{1.280.000.000 - 1.020.000.000}, \text{ ou seja, } v > 0,51 \quad (40)$$

Pindyck e Rubinfeld (2010, p. 415) trabalham ainda com a segunda condição de sobrevivência do cartel, que é a necessidade de haver espaço para o poder de monopólio, pois mesmo que o cartel consiga resolver seus problemas organizacionais, haverá pouca possibilidade de elevação do preço caso ele esteja diante de uma curva de demanda altamente elástica. A possibilidade do poder de monopólio pode ser considerada a condição mais importante para a obtenção de sucesso, pois se os ganhos decorrentes da cooperação forem grandes, os membros do cartel terão mais estímulo para resolver os problemas organizacionais.

### 4.3. A Opep na década de 1980

O que ocorreu com a tentativa de aumento de preços por parte da Opep na década de 1980 ilustra bem a questão da estabilidade dos cartéis. Houve imposição de cotas de produção aos países, mas elas foram desrespeitadas por praticamente todos os membros (FIANI, 2009). Os ganhos com a não cooperação deveriam compensar as retaliações que poderiam vir no longo prazo. O problema foi que todos os países raciocinaram da mesma maneira, o que fez com que o preço do barril de petróleo despencasse, chegando a custar US\$10 já em 1986<sup>8</sup>.

<sup>8</sup> FIANI, Ronaldo. *Teoria dos jogos*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

## 5. Considerações finais

Com o aporte teórico da teoria dos jogos, especialmente com o modelo de *Cournot*, o problema da instabilidade dos cartéis foi investigado, uma vez que não cooperar com as cotas impostas é uma estratégia estritamente dominante, mas que possui consequências no futuro, já que estamos diante de um jogo que se repete. Nestes jogos, os jogadores, no caso os países, precisam decidir se vale ou não a pena cooperar com o cartel, pensando nas consequências futuras das retaliações que, provavelmente, virão.

A prática de cartéis é ilegal em muitos países, pois permite às empresas manter um preço muito elevado por meio da restrição da oferta de seus produtos no mercado. Diante dessas situações, o consumidor fica prejudicado.

O cartel da Opep, porém, é legalizado, centralizando a administração da atividade, o que inclui um controle de preços e do volume de produção, estabelecendo pressões no mercado.

Quando cotas de produção são impostas, cada membro da Opep depara-se com a decisão de respeitar ou não tal cota. Se um deles não respeita e os outros continuam cooperando, os lucros daquele que não cooperou são maiores do que se ele também tivesse cooperado. Porém, se todos pensarem assim e ninguém cooperar, a tentativa de aumentar os preços fracassa.

Além disso, há outra implicação de não cooperar com as cotas impostas, que é a retaliação. Cada membro da Opep deve analisar também se é ou não financeiramente viável não cooperar, pois há o risco de até mesmo ser expulso do cartel. Esta análise é feita comparando-se o valor presente dos ganhos com a cooperação e com a não cooperação, conforme vimos nas equações anteriores. É por isso que os cartéis são tão instáveis: muitas vezes é mais vantajoso desrespeitar as cotas do que cooperar. Porém, a decisão de não cooperar é uma estratégia estritamente dominante, ou seja, é a melhor estratégia para todos os países diante de qualquer estratégia que os demais possam a vir a adotar. Sendo assim, há uma chance grande de todos pensarem dessa forma e levarem o cartel ao fracasso.

A Opep, porém, existe desde 1960. Desde que foi fundada, crises ocorreram, mas mesmo assim a Opep se mantém até os dias de hoje.

Na década de 1980, a tentativa de aumento dos preços fracassou, pois ocorreu exatamente o que discutimos anteriormente: todos os países tomaram a decisão de não cooperar e os preços despencaram. Provavelmente, naquela época, era muito vantajoso adotar a estratégia de não cooperar. Os ganhos com a não cooperação deveriam ser bem maiores do que aqueles obtidos com o respeito às



cotas impostas. Em termos do fator de desconto, a relação  $v > \frac{\pi_{NC}^i - \pi_m^i}{\pi_{NC}^i - \pi_c^i}$  não deveria ocorrer.

É possível concluir que tais ganhos não devem ser tão significativos se comparados aos ganhos com a cooperação, pois não há mais registros de desrespeito às cotas da maneira como ocorreu na década de 1980. Há também a possibilidade de que as retaliações sejam severas (talvez sejam do tipo tiro fatal), sem falar nos benefícios que aqueles que desrespeitarem o cartel podem perder (se for o caso), seja por punição ou mesmo pela expulsão do grupo. Tudo isto permitiria à Opep driblar a característica de instabilidade presente na maioria dos cartéis.

Pindyck e Rubinfeld (2010, p. 415) trabalham também com a necessidade de haver espaço para o poder de monopólio, pois mesmo que o cartel consiga resolver seus problemas organizacionais, haverá pouca possibilidade de elevação do preço caso ele esteja diante de uma curva de demanda altamente elástica. No caso da Opep, vimos na tabela 2 que ela é detentora de 71,94% das reservas provadas de petróleo, ou seja, o cartel controla a grande maioria das reservas mundiais, o que pode contribuir para que ele exerça este poder de monopólio.

Trata-se de um processo de interação estratégica, e provavelmente a Opep encontrou uma maneira de tornar a cooperação mais vantajosa para seus membros, de modo que estes pensem melhor antes de adotar a estratégia de não cooperar com o cartel.

## Referências

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEL. **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**. 2014. Disponível em: < <http://anp.gov.br/?id=661>>. Acesso em: 29 out. 2014.

DOMINGUES, João Carlos de Aguiar. **Perda do valor de recuperação em ativos de exploração e produção de petróleo e gás**. 2009. Dissertação de Mestrado – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2009.

FIANI, Ronaldo. **Teoria dos jogos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

FURQUIM, Paulo. **Introdução à Economia**. [S.l.: s.n.], 2007.

ORGANIZATION OF THE PETROLEUM EXPORTING COUNTRIES. **About us**. 2014. Disponível em: < [http://www.opec.org/opec\\_web/en/about\\_us/25.htm](http://www.opec.org/opec_web/en/about_us/25.htm)>. Acesso em: 29 out. 2014.

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

PINDYCK, Robert; RUBINFELD, Daniel. **Microeconomia**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

SARTINI, Alexandre Brígida et al. **Uma introdução à teoria dos jogos**. Trabalho apresentado na II Bienal da SBM – Universidade Federal da Bahia, Bahia, 25 a 29 de outubro de 2004.

VARIAN, Hal R. **Microeconomia: conceitos básicos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

### Anexo. Reservas provadas de petróleo em 2013



Fonte: BP Statistical Review of World Energy 2014, ANP/SDP