

APLICAÇÃO DO MODELO NEOCLÁSSICO DE RECURSOS NATURAIS NÃO - RENOVÁVEIS PARA AS JAZIDAS DO PRÉ-SAL.

LUCÉLIA IVONETE JULIANI

SINCLAIR MALLET GUY GUERRA

PGENE/CECS/UFABC

sguerra@ufabc.edu.br

RESUMO: Este artigo pretende fazer um estudo do modelo neoclássico de recursos naturais não – renováveis aplicado às reservas de petróleo encontradas abaixo da camada pré-sal. Procurar-se-à identificar possíveis impactos que poderão afetar custos, preços, *royalties* e estoque das jazidas. Assim como avaliar os limites que o modelo apresenta no atual funcionamento do mercado de combustíveis fósseis. A hipótese desse questionamento é de que haverá um aumento nos custos de extração e que aumente a quantidade de estoques do mineral, no entanto não tem todas as propriedades para prever o impacto real sobre preços e royalties. Por outro lado, o aumento de custos e estoques como efeitos conjuntos induzem a uma situação nova de equilíbrio, próxima da realidade. O método de pesquisa deste trabalho é, ao mesmo tempo, indutivo e dedutivo, pois se utiliza de abstrações teóricas envolvendo situações e comportamentos mensuráveis e não mensuráveis sobre uma realidade concreta. Os resultados deste artigo demonstram as limitações que o modelo neoclássico possui, pois não considera falhas de mercado e externalidades como variáveis a serem incluídas e previstas.

Palavras-chave: Modelo Neoclássico de Recursos Naturais, Petróleo, Pré-Sal.

Classificação JEL: Q43

ABSTRACT: This article intends to make a study of the neoclassical model of natural non - renewable applied to the oil reserves found below the pre-salt layer. Attempt is made to identify potential impacts that may affect costs, prices, stock and stock of deposits. As well as evaluating the limits that the model has on the current functioning of fossil fuels. The hypothesis of this questioning is that there will be an increase in extraction costs and increase the amount of mineral stocks, and yet has all the properties to predict the actual impact on prices and royalties. Furthermore, increased costs and inventories as the combined effects induce a new equilibrium situation, close to reality. The research method of this work is at the same time, inductive and deductive, because it uses theoretical abstractions involving situations and behaviors and not measurable on a measurable reality. The results of this article demonstrate the limitations of the neoclassical model has therefore not considered market failures and externalities as variables to be included and provided.

Keywords: Neoclassical Model of Natural Resources, Oil, Pre-Salt.

JEL Classification: Q43

INTRODUÇÃO

A energia é um dos principais constituintes da sociedade moderna. Ela é, ao mesmo tempo, um bem em si e é necessária para criar outros, a partir de recursos naturais. Além disso, participa com insumo no fornecimento de inúmeros serviços. O crescimento econômico e os distintos padrões de vida são processos complexos que compartilham um denominador comum: a disponibilidade e um processo adequado e confiável para exploração e distribuição desses recursos em especial os não – renováveis, que existem em quantidade fixa ou cujos estoques aumentam em razão não proporcional ao seu consumo ou transformação ao longo do tempo, em comparação com sua taxa de utilização e ou extração.

A descoberta do pré-sal no Brasil tem trazido à tona várias discussões no âmbito econômico e político, no entanto pouco se discute sobre a finitude do petróleo e o impacto ambiental que a utilização do mesmo traz consigo. É como se:

“O amor ao petróleo dá a ilusão de uma vida totalmente mudada, uma vida sem trabalho, uma vida sem graça (...). O conceito do petróleo expressa com perfeição o eterno sonho humano de riqueza conquistada com um golpe de sorte (...). Nesse sentido, o petróleo é um conto de fadas, e como todo conto de fadas um pouco mentiroso”. (Ryszard Kapuscinski, apud Shah, 2007, p.7)

Afinal, sempre houve e se mantém certa previsibilidade da continuidade do uso do petróleo, embora muito se discuta sobre novas fontes de energia renováveis (FER). Ao lado dessa descoberta¹ não ocorreu nenhuma revolução energética que tenha demonstrado uma nova fonte de energia com qualidades superiores e custos inferiores. Por outro lado, as novas descobertas do pré-sal e outras áreas petrolíferas demonstram que há muito combustível fóssil a ser utilizado.

Este artigo pretende fazer um estudo do modelo neoclássico aplicado a essas novas reservas de petróleo encontradas abaixo da camada pré-sal para responder o seguinte questionamento: A hipótese fundamental deste artigo é de que haverá um aumento nos custos de extração e da quantidade de estoques do mineral, no entanto não tem todas as propriedades para prever o impacto real sobre preços e royalties após a inclusão das jazidas do pré-sal. Além disso, busca-se compreender os limites que esse modelo apresenta no atual funcionamento do mercado de combustíveis fósseis.

Aquela hipótese leva às considerações a respeito de contribuições para o aumento dos custos de extração e da quantidade de estoques do mineral. No entanto, o modelo não dispõe de todas as propriedades para prever o impacto real sobre preços e royalties. Por

¹ A descoberta do pré-sal no Brasil parece fazer parte de um momento de múltiplas outras, pois existem notícias, também, de jazidas no golfo do México e na Guiné Equatorial. Quanto a extensão do pré-sal brasileiro os comentários da mídia (ainda não oficializados pela ANP e Petrobrás) é de que seria mais ampla que a atual.

outro lado, o aumento de custos e estoques como efeitos conjuntos induzem a uma situação nova de equilíbrio, próxima da realidade.

O método de pesquisa deste trabalho é em parte indutivo e dedutivo, pois utiliza abstrações teóricas envolvendo situações e comportamentos mensuráveis e não mensuráveis sobre uma realidade concreta. No entanto, o positivismo das afirmações e das deduções é fortemente utilizado nas análises.

O texto a seguir está desenvolvido em quatro partes além da introdução, conclusão e bibliografia. A primeira apresenta o modelo neoclássico de recursos naturais não – renováveis (RNNR); a segunda discute o objeto de estudo desse artigo – o pré-sal brasileiro –; a terceira é a aplicação do modelo às jazidas de petróleo e na quarta e última são discutidas as controvérsias demonstradas na aplicação do modelo a um caso empírico.

1. Modelo neoclássico dos recursos naturais não - renováveis

A teoria dos recursos naturais analisa aspectos do processo de extração, pelo sistema econômico de recursos naturais do ecossistema. Nesse sentido dois questionamentos são fundamentais como ponto de partida da análise. O primeiro deles é: 1) Qual o padrão, manejo e taxa de exploração ótima de recursos naturais específicos não - renováveis? e 2) Poderá a disponibilidade limitada de alguns recursos naturais vir a estabelecer limites físicos ao crescimento econômico? (Mueller, 2007, p. 335)

As respostas a essas perguntas vêm sendo sugeridas em modelos dinâmicos de equilíbrio parcial, extensões de teoremas básicos da teoria do bem estar social, assentadas na contribuição de Hotelling (1931). Tais modelos sugerem a promoção ótima ou socialmente eficiente de recursos naturais específicos e não renováveis e também procuram lidar com distorções de mercado. (Mueller, 2007, p. 335)

Percebois (1997) trabalha o modelo neoclássico baseado em Hotelling (1931) com o objetivo de entender a dinâmica de preços de mercado propostas pela OPEP (Organização dos Países Exportadores de Petróleo), isto porque o modelo introduz o preço do recurso natural como uma consequência da modelização e, no entanto, o preço é uma variável exógena.

O principal objetivo da teoria neoclássica dos RNNR é o de analisar o manejo ótimo dos recursos escassos, cujas reservas são conhecidas, dadas e fixas. A observação inicial supõe que, dada equação de demanda do recurso, a sua extração se faz a um custo que usualmente varia diretamente com a magnitude do fluxo de extração e inversamente com o nível de estoque da reserva. A variante competitiva da teoria geralmente supõe que o recurso é extraído por muitas empresas iguais, tomadoras de preços e maximizadoras de

lucro e determina as condições de extração ótima no tempo, pelo conjunto de empresas extratoras, dada uma taxa social de retorno. (Mueller, 2007, p.337)

Serão levantadas algumas considerações importantes a partir deste momento. A primeira é que um planejador que desejasse determinar a alocação eficiente de um recurso exaurível faria isso maximizando o valor presente dos benefícios líquidos (benefícios menos custos) descontados, ao longo do período relevante, sujeita a reserva do recurso no momento inicial e a uma função de custo de extração. A segunda é que o planejador também deve verificar que, dadas as reservas dos recursos, na solução ótima seu custo de oportunidade (seu royalty) teria de aumentar no tempo a uma taxa igual à de desconto. Desse modo, na medida em que o recurso for sendo extraído, a eficiência requer que, dada a técnica de extração, o preço do recurso aumente no tempo e que esse crescimento ocorra a uma taxa que, no limite, se aproxime a taxa social de desconto. A terceira consideração mostra que a indústria em concorrência perfeita explora os recursos em ritmo inicial maior, e causa exaustão mais rápida, que a indústria em regime de monopólio. (Mueller, 2007, p. 338)

Para determinar a trajetória ótima da extração do recurso deve-se considerar o custo de oportunidade (a renda ou royalty) do recurso, representado aqui por **R**, valor que se pode obter em uma data futura ao se adiar a extração da unidade marginal do recurso presente. Assim se a condição microeconômica de eficiência é

$$P = Cmg,$$

no caso de um RNNR a condição se modifica para:

$$P = Cmg + R$$

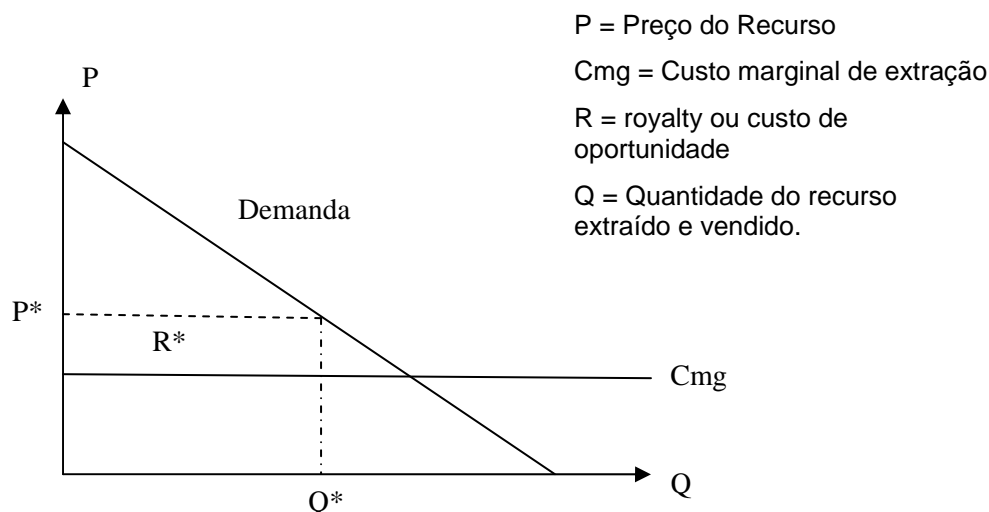
Essa condição de equilíbrio é ilustrada no gráfico 1 a seguir.

O benefício social líquido da extração do minério, em dado período de tempo é igual à área embaixo da curva de demanda e acima do custo marginal de extração e a quantidade ótima de extração do minério é representado na figura 1 por Q^* . (Mueller, 2007, p. 341)

Ao se considerar o custo de oportunidade do recurso no presente e seu **Cmg** é constante, a regra é que o valor presente do *royalty* seja o mesmo em todos os períodos. Em uma situação de equilíbrio o *royalty* necessita aumentar anualmente a uma taxa igual à taxa social de desconto. Se a taxa social de desconto do período for mais elevada, o uso do recurso no primeiro período será maior, sobrando menos para o segundo período. (Mueller, 2007, p. 342).

Com base em um modelo-gráfico desenvolvido por Perman et al. (1996, cap. 6), é possível determinar a trajetória, no tempo, tanto do preço do RNNR quanto de sua produção, considerando as hipóteses: i) disponibilidade fixa do recurso, demanda não muda; ii) **Cmg**

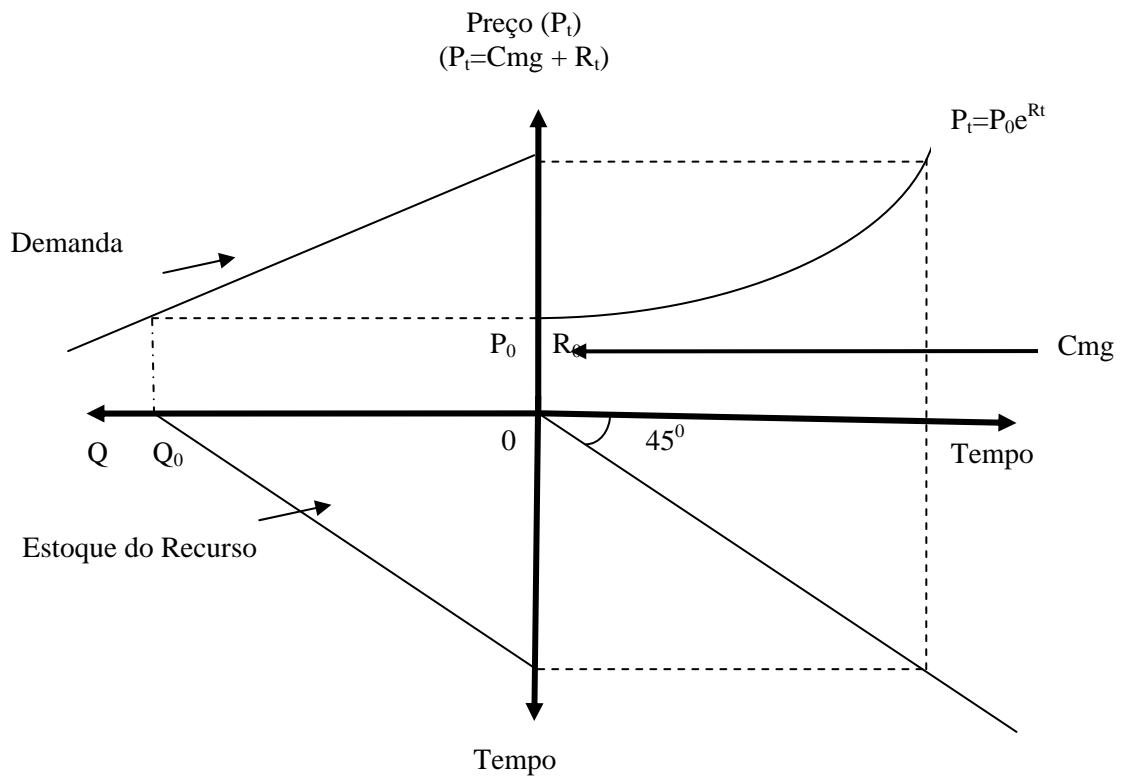
constante e iii) mercado competitivo para esse recurso. A partir dessas considerações o modelo abaixo simplificado é dinâmico e demonstra o seguinte: (Mueller 2007, p.342)



Fonte: Adaptado Mueller 2007, p. 339

Gráfico 1 – Equilíbrio de mercado no caso do RNNR

Parte-se do momento zero, com o preço do recurso P_0 ; esse preço de extração do recurso é igual a distancia OQ_0 . No momento inicial $P_0 = Cmg + R_0$ e a quantidade de recurso disponível S_0 que na figura está representado pelo triângulo Q_0OT . Ocorre que com a extração, diminui o estoque de recurso e, portanto, a área do triângulo também diminui, tornando mais escasso o recurso e elevando o seu *royalty* (custo de oportunidade). Pela condição $P_t = Cmg + R_t$, e dado que o Cmg é, por hipótese, constante, o aumento de R fará o preço P , aumentar. Esse aumento diminui a quantidade demandada e assim a extração do recurso. E isso continuará a ocorrer até que desapareça a condição de extração do recurso ao custo marginal constante. Isso de dará no momento T em que o *royalty* terá atingido R_T levando o preço do recurso a P_T . Como se pode ver, esse preço será tão elevado que não haverá mais demanda para o recurso. (Mueller 2007, p. 342-343)



Fonte: Adaptado Mueller 2007, p. 343

Gráfico 2 – Modelo de multiperíodo para a determinação da trajetória ótima

Para determinar a equação da trajetória dos preços, leva-se em consideração a definição de *royalty*: observa-se que, no ponto de equilíbrio para cada período, este é igual ao preço menos o custo marginal de exploração. Supondo um número indefinido de períodos, tendo por base a relação

$$R_t = (P_t - Cmg), \text{ logo:}$$

$$(P_0 - Cmg) = (P_0 - Cmg) / (1 + r)^t$$

dessa equação obtém-se:

$$P_t = Cmg + (P_0 - Cmg) * (1 + r)^t$$

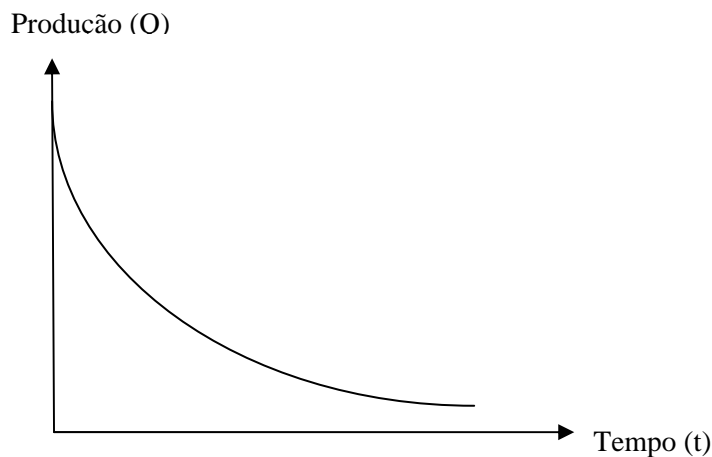
ou seja

$$P_t = Cmg + R_0 (1 + r)^t$$

Assim, a trajetória ótima de extração do recurso requer que o preço do mineral cresça no tempo a uma taxa igual à taxa social de desconto. O *royalty* aumenta cada vez mais, chegando a predominar na composição do preço e, *coeteris paribus*, será atingido um

momento no tempo em que o preço se tornará tão elevado que a demanda cairá à zero. (Mueller, 2007, p.344)

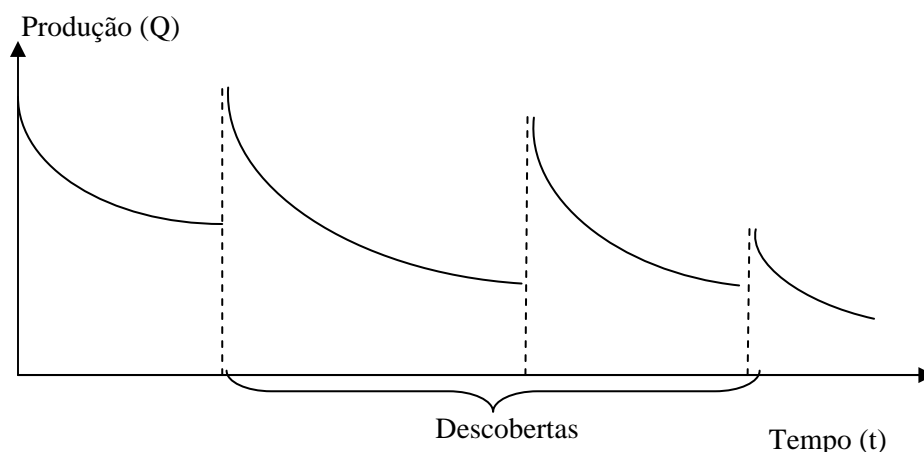
No que tange a produção do recurso usando como base o modelo da figura 2, as reservas no momento inicial são fixas e não se descobrem novas reservas. A demanda permanece imutável, logo a trajetória da produção terá o perfil semelhante ao gráfico 3, a seguir. Isso porque, com o aumento contínuo do preço do recurso, causado pela evolução de R , a quantidade demandada sofre redução e, com esta, a produção. (Mueller, 2007, p. 345)



Fonte: adaptado de Mueller, 2007, p. 345

Gráfico 3 – Trajetória de produção no caso de reservas sem novas descobertas

Ocorrendo novas descobertas, em função da atividade de exploração, a trajetória de produção (e a dos preços) sofre descontinuidades, criando um perfil no formato de serra. As variações no tempo dos preços, e assim da produção, ficam sujeitas aos puxões das descobertas e da depleção, como demonstrado no gráfico 4. (Mueller, 2007, p. 345)



Fonte: Adaptado Mueller, 2007, p. 346

Gráfico 4 – Trajetória de produção com novas descobertas

2. o pré-sal brasileiro

O Brasil possui uma longa história sobre o recurso natural petróleo. Oficialmente, foi na década de 1930 que o primeiro poço de petróleo foi encontrado na Bahia, nesse período o presidente Getulio Vargas incentivou a busca dos pesquisadores por novos poços, na perspectiva de que essa era uma riqueza inquestionável e que poderia levar o país ao crescimento econômico.

Em 1946, já com as comprovações das jazidas de petróleo o povo brasileiro saiu às ruas para reivindicar a posse desse recurso natural, durante o movimento “O petróleo é nosso”. Com essa pressão às autoridades pertinentes criaram uma empresa estatal denominada Petrobrás que tinha por função pesquisar, extrair e distribuir o petróleo nacional, assim como os recursos financeiros gerados a partir desse mineral.

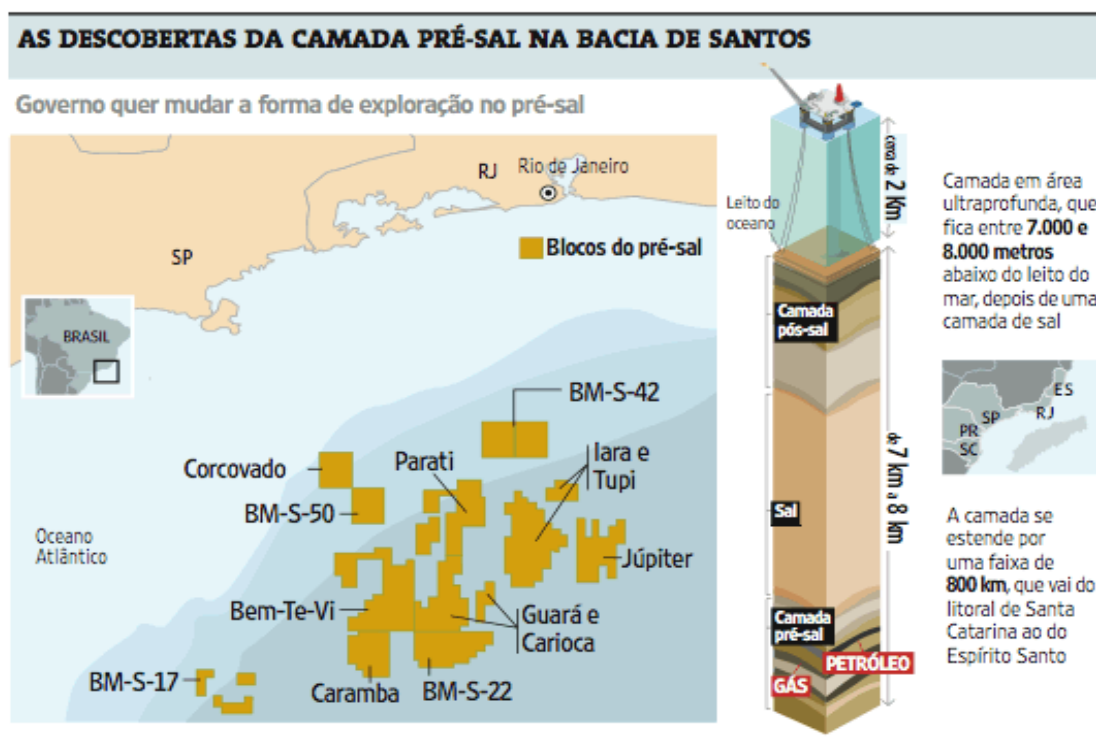
Ao longo das décadas posteriores a Petrobras seguiu pesquisando e descobrindo poços de petróleo em terra (*on shore*) e também os que se encontravam no mar (*offshore*). A bacia de Campos dos Goytacases (RJ) até então teria sido a maior jazida a ser encontrada. Nesse contexto, a Petrobrás como estatal assumia altos custos de capital e riscos de exploração, pois esses poços apresentavam baixa rentabilidade e a empresa encontrava dificuldades de captar investimentos externos. Foi o período desenvolvimento do chamado PROCAP – Programa de Capacitação em Águas Profundas, cujo maior resultado vai ocorrer anos depois.. Em 1997, foi “quebrado” o monopólio da Petrobras, abriu-se o capital para captação de recursos financeiros de outros investidores.

Entre 1997 e 2009 muito foi feito na busca de novas jazidas de petróleo até ser encontrado o que passou a ser denominado de pré-sal. Há, a partir desse momento, uma nova

discussão a respeito do papel do Estado na economia dos RNNR, em especial o petróleo. Isso porque há a necessidade de dinamização da política industrial de fornecedores de bens e serviços com elevado conteúdo nacional, assim como a necessidade de agregar valor à cadeia do petróleo.

O pré-sal encontra-se em uma faixa rochosa de aproximadamente 800 km de extensão entre os Estados do Espírito Santo e Santa Catarina. Da costa brasileira até essa faixa a distância é de aproximadamente 300 km e a profundidade na qual que esse óleo se encontra é de 6 a 7 mil metros. A figura abaixo demonstra a localização de todos os poços já descobertos e também a profundidade em que o óleo se encontra

Figura 1 – Localização e extensão dos poços de petróleo do pré-sal



Fonte: www.blogspetrobras.com.br/.../mapa-pré-sal.JPG

Três aspectos são muito importantes e devem ser considerados neste estudo. O primeiro diz respeito aos elevados custos que a Petrobras e as empresas que participam do processo de pesquisa em busca de novas reservas tiveram ao longo do tempo e estão tendo em função da alta tecnologia adotada para a prospecção em altas profundidades. Associado a esse custo elevado está o risco de não serem encontradas quantidades inferiores às projetadas ou ainda quanto à qualidade, a ponto de não cobrir os investimentos iniciais.

O segundo aspecto, não menos importante que o primeiro, é o quanto essas reservas representam em termos econômicos ao país. Atualmente o Brasil ocupa a 16ª posição mundial em termos de reservas provadas perfazendo 14 bilhões de barris de óleo equivalente, considerando as novas descobertas do pré-sal provadas que até o momento são quatro poços. Nestes a produção será de 10,6 a 16 bilhões de barris de óleo equivalente, possibilitando ao país dobrar suas reservas. Se todas as expectativas de outras descobertas, forem confirmadas as reservas podem ser duplicadas ou quadruplicadas o que levaria o Brasil a estar entre as dez maiores reservas de petróleo do mundo. (www.mme.gov.br/cartilhapre-sal)

O terceiro aspecto a ser considerado é quanto à cotação internacional dos preços do petróleo. Atualmente tais preços são determinados e controlados pelas cotações estabelecidas para o mercado mundial pela OPEP (Organização dos Países Exportadores de Petróleo). Essa organização é formada por países grandes produtores de petróleo e seus objetivos são estabelecer uma política petrolífera comum a todos os países membros; definir estratégias de produção; analisar e gerar conhecimentos para os países membros sobre o mercado de petróleo mundial e controlar o volume de produção de petróleo da organização. (<http://www.suapesquisa.com/geografia/petroleo/opec.htm>)

Atualmente são países membros da OPEP: Arábia Saudita, Emirados Árabes Unidos, Irã, Iraque, Kuwait e Qatar (países do Oriente Médio), Angola, Argélia, Líbia e Nigéria (países do continente Africano), Equador e Venezuela (países da América Latina). O Brasil não faz parte da OPEP, mas após a descoberta do pré-sal abriu-se a discussão de incluí-lo como membro em função do tamanho que essas reservas representam ao país e ao mundo. (<http://www.suapesquisa.com/geografia/petroleo/opec.htm>)

3. Aplicação do modelo neoclássico de RNNR: O caso do pré-sal

A aplicação do modelo neoclássico de RNNR deve ter início no primeiro impacto causado a partir da descoberta das jazidas de pré – sal que, foi e ainda esta sendo, o aumento dos custos de produção da empresa. Ao se levar em consideração o tempo e o risco incorrido na pesquisa para encontrar tal recurso, assim como a tecnologia necessária para sua constatação houve um longo espaço temporal com custos elevados, análogo ao modelo simplificado dinâmico como descrito por Mueller (2007 p. 343, veja-se o gráfico 2 deste artigo). Por isso, pode-se afirmar que o **Cmg** de produção elevou-se no longo prazo. Logo os movimentos nas demais variáveis se darão conforme especificado no gráfico 5.

O aumento de **Cmg₀** para **Cmg₁** faz com que diminua o tamanho dos *royalties*, a renda do petróleo ou ainda aumenta o custo de oportunidade de extração do recurso. Nesse caso, a

em função do potencial das reservas descobertas, que vai aumentar o tempo de depleção, ou seja o modelo encontrará o equilíbrio ao longo do tempo.

No entanto, há outras duas consequências que ocorrem exogenamente a esse modelo: i) os preços do barril de petróleo e ii) a forma mista da empresa de produção do recurso, que atualmente é parte estatal e parte privada, com maioria de votos da estatal, isso pode levar a um comportamento monopolista, o que com certeza configuraria o modelo simplificado dinâmico de outra forma. Por outro lado algumas ações da empresa mista têm características concorrenciais.

Os fatores acima mencionados são conhecidos na teoria econômica como *falhas de mercado*. Por exemplo, a OPEP é o cartel que controla o preço mundial do barril de petróleo e as empresas em geral – não só a brasileira – são monopólios. A regra de maximização do lucro do monopolista requer que este produza em nível que iguale o **Cmg**, e não o preço do recurso (como ocorre em concorrência perfeita), à sua receita marginal. Como a curva de demanda é negativamente inclinada, o monopolista está restringindo a produção para obter um preço mais alto que o prevalecente em regime de mercado de concorrência perfeita. O monopolista restringe sua produção relativamente à solução competitiva, visando a aumentar o preço do recurso. (Mueller, 2007, p. 350)

Outras *falhas de mercado* que ainda podem impactar a alocação eficiente do modelo são:

- 1) a divergência entre as taxas social e privada de retorno. Se esta for maior que a social e se for incorporada ao processo de decisão intertemporal, a depleção do recurso será muito rápida e
- 2) o impacto das incertezas, que são muito grandes nos casos de minérios. (Mueller, 2007, p. 351)

4. Controvérsias do modelo neoclássico

A evolução das reservas e da oferta mundial de petróleo após os choques de 1970, bem como o crescimento das reservas parece dar suporte às críticas neoclássicas. No total 86% por cento da energia na economia são derivados de hidrocarbonetos fósseis. Em termos geológicos e no que diz respeito aos seres humanos, os combustíveis fósseis são uma reserva fixa. Contudo por varias razões, é extremamente difícil dizer, com precisão, qual o montante dessa reserva. Essa constatação esta contida em MUELLER (2007), em PERCEBOIS (1987) e em DALY (2004). Flagrantes posições entre o modelo neoclássico da economia ambiental e a ecológica.

Outro aspecto importante a ser considerado é quanto à questão do nível de preços que é determinado exogenamente ao modelo, no caso pela OPEP. Estudos mostram que, ao longo do tempo, o nível de preços refletiu a escassez do RNNR logo, mesmo que o modelo

neoclássico seja violado nesse aspecto é possível afirmar que em termos gerais o nível de preços determinado exogenamente está muito próximo do que o modelo daria como resultado. À medida que os recursos tornam-se escassos e os preços aumentam a renda do petróleo ou o aqui chamado de *royalty* deve aumentar.

Um exemplo da intervenção da OPEP foi em 1974 quando promoveu um aumento significativo no preço do petróleo, logo os países que não produziam petróleo tinham pouca margem de escolha no tocante a política energética. Neste período, os Estados Unidos produziam metade do seu consumo doméstico, e o congresso julgou injusto que os produtores domésticos recebessem lucros extraordinários proveniente de um aumento descontrolado dos preços. Assim o governo americano arquitetou um plano para conter o preço dos produtos que utilizavam petróleo como insumo. (Varian, 2006, p.447)

A política adotada ficou conhecida como “dois preços ligados” e funcionava assim: o petróleo importado seria vendido por qualquer preço que fosse no mercado mas o petróleo doméstico seria vendido ao preço antigo, isso para segurar o preço da gasolina diesel e seus derivados. Essa política de preços contribuiu para exaurir mais rápido os recursos domésticos pois estão mais baratos, não resolvendo o problema fundamental que foi a elevação brusca dos preços do petróleo. (Varian, 2006, 448)

Já DALY (2004), afirma que os preços dos combustíveis fósseis flutuam terrivelmente e que os recursos recuperáveis, definidos dessa forma após a constatação de que se está encontrando mais reservas do que se esgotando, apresentam ao longo do tempo, variações caóticas semelhantes. Um dado importante que pode corroborar com DALY é que, por exemplo, em 1997 o preço do barril do petróleo era US\$ 19 dólares e em 2009 aproximadamente US\$ 69 dólares, considerando que atualmente as reservas mundiais de petróleo aumentaram consideravelmente, principalmente com descobertas de pré-sal.

Outro indicador importante a se considerar diz respeito aos custos unitários de exploração, ou seja, o custo de se aumentar em uma unidade a reserva recuperável de um recurso não – renovável. O exame da tendência do custo de exploração como indicador de escassez apóia-se em duas premissas. A primeira, quanto mais escasso o recurso, mais difícil e dispendioso será ampliar suas reservas, E segundo, em situação de equilíbrio competitivo as descobertas de RNNR serão feitas até o ponto em que o custo de encontrar uma unidade adicional do recurso seja igual ao benefício decorrente da descoberta da unidade, ou seja, o custo de oportunidade. (Mueller, 2007, p. 357)

Essas premissas são observáveis no caso pré-sal, pois a incerteza a cerca da escassez do produto no Brasil fez a empresa investir em tecnologia e pesquisa para encontrar novos poços. Essa busca levou aproximadamente cinco anos até a comprovação do primeiro poço, o custo e o risco dessa operação foi e esta sendo muito alto. No entanto a aposta era de que a especificidade do óleo abaixo da camada pré-sal fosse de excelente qualidade e

isso se comprovou em 2009. Logo o custo de oportunidade que no começo da pesquisa era alto passou ao longo do tempo a se estabilizar a ponto de ser coberto.

Para DALY (2004) a questão dos custos é observada definindo recursos recuperáveis em termos entrópicos, em que um hidrocarboneto é recuperável se houver lucro líquido na extração, ou seja, se custar menos de um barril de petróleo para se obter quantidade equivalente. Essa medida tem de incluir todos os custos energéticos, incluindo os da exploração. Embora as mudanças tecnológicas possam reduzir esses custos, existe um limite irreduzível aos custos da energia de extração. À medida que as reservas mais acessíveis de hidrocarbonetos são acessadas é preciso buscar aquelas menos acessíveis que terão, com certeza, um custo muito mais alto que o retorno energético do investimento. Logo é necessário fazer um rateio da extração bruta em relação à energia econômica necessária direta ou indiretamente para trazer o combustível à sociedade, de maneira útil.

Por ultimo, o modelo neoclássico não prevê de forma alguma a exaustão do meio ambiente em relação ao recurso não – renovável, nem mesmo prevê o esgotamento do mineral. Das duas colocações a primeira é mais preocupante, pois o combustível extraído e utilizado não desaparece, voltando ao ecossistema como lixo. Chuvas ácidas, aquecimento global, monóxido de carbono, poluição pelo calor e derrames de petróleo estão associados inevitavelmente à sua utilização. Em pequena escala esses resíduos poderiam ser tratados pelos sistemas naturais, mas em alta escala como a atual a natureza não consegue absorver e suportar. A crescente acumulação de resíduos dos combustíveis fósseis e os impactos negativos que tem sobre o ecossistema são provavelmente um perigo muito mais eminente ao bem estar humano, que o esgotamento da reserva. (Daly, 2004, p. 115)

Se os resíduos do uso de combustíveis fósseis diminuïrem a capacidade do ecossistema de capturar energia, haverá custos maiores na extração de combustíveis fósseis que os custos diretos discutidos anteriormente. A essas conseqüências em economia dá-se o nome de externalidades, conceito não considerado no modelo neoclássico de RNNR, porém fazendo parte da mesma corrente de pensamento.

CONCLUSÕES

Todo e qualquer modelo é uma representação da realidade, que mostra apenas o que é relevante para a questão específica, negligenciando os demais aspectos. Em síntese é um conjunto de hipóteses estabelecidas a priori sobre o comportamento de um fenômeno com base em uma teoria já existente ou a partir de novas proposições teóricas.

O modelo neoclássico de RNNR tem o objetivo de analisar o manejo ótimo de recursos escassos, cujas reservas são dadas e fixas, e tenta determinar as condições para uma depleção ótima no tempo do recurso.

O modelo consegue atingir o objetivo traçado, no entanto em função de suas limitações não consegue mostrar a realidade como tal, em função da condição *coeteris paribus*. O modelo não prevê efeitos exógenos, que atualmente são importantíssimos na determinação de condições ótimas de depleção do recurso aqui estudado, petróleo.

A primeira variável que é contestada é o nível de preços. Atualmente como já mencionado os preços são determinados pela OPEP, organização que possui um conjunto de países membros considerados os maiores produtores de petróleo, porém o Brasil não faz parte destes membros porque até a descoberta do pré-sal não era um dos maiores produtores de petróleo do mundo, mas passará a ser a partir das descobertas do pré-sal.

Apesar do modelo não demonstrar com exatidão o nível de preços, ele pode sim prever o comportamento dos mesmos de acordo com o movimento das demais variáveis. Se os estoques dos recursos forem se tornando escassos os preços vão aumentar e se os custos de produção aumentarem, provavelmente os preços se elevarão.

Os *royalties* ou o custo de oportunidade terão seu comportamento atrelado ao nível de preços, quando os custos aumentam diminui os ganhos com a renda do petróleo. No caso brasileiro, a descoberta do pré-sal demonstra que inicialmente há um investimento elevado em pesquisa e tecnologia para sua descoberta e mais o risco de não encontrar nada disso faz os custos de produção subirem e a renda do petróleo cair, porém uma vez provada as reservas e dado o início da extração o preço passa a cair, os custos tendem a diminuir, porém não ao nível inicial de antes da pesquisa porque é muito mais oneroso e difícil perfurar poços *offshore* que os *on shore*,

Veja-se que na prática os preços internacionais do barril de petróleo não sofreram nenhuma alteração significativa em função do pré-sal porque a OPEP é um cartel e somente com um movimento generalizado de custos mundiais e ou aumento de reservas faria os preços oscilarem.

De outra parte, o modelo neoclássico considera para a otimização a condição de concorrência, o que nos casos de minerais como o petróleo é raro. Em geral a estrutura de

mercado das empresas de extração de petróleo são monopólios ou oligopólios. Isso faz com que os movimentos do modelo tenham uma configuração diferente.

Por fim, há um consenso entre a economia neoclássica do meio ambiente e a ecológica, sobre a exaustão dos combustíveis fósseis. De fato a tecnologia tem avançado a tal ponto que cada vez são encontradas novas reservas, porém, é claro, com custos mais elevados e *royalties* menores.

Finalmente, é possível afirmar que o modelo neoclássico de RNNR não admite hipóteses como as *falhas de mercado* e as *externalidades econômicas*. Logo, fica o questionamento, como formular um modelo analítico que contemple o máximo de variáveis possíveis para fazer uma otimização mais próxima da realidade?

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DALY, H. & FARLEY, J. (2004). Economia ecológica: princípios e aplicações. Tradução: Alexandra Nogueira/Gonçalo Couceiro Feio/Humberto Nuno Oliveira. Instituto Piaget. Lisboa. 2004.

MUELLER, Charles C. Os Economistas e as Relações entre o Sistema Econômico e o Meio Ambiente. Finatec, UNB. Brasília, 2007

SHAH, Sonia. A História do Petróleo. L&PM. Porto Alegre, RS, 2007.

VARIAN, Hal R. Microeconomia: Princípios Básicos. Elsevier, Rio de Janeiro, 2006.

PERCEBOAIS, Jacques. Énergie ET Théorie Économique. Éditions Cujas, Paris, 1997.

<http://www.suapesquisa.com/geografia/petroleo/o pep.htm>

<http://www.mme.gov.br/cartilhapre-sal><http://www.blogspetrobras.com.br/.../mapa-pré-sal.JPG>