

IMPACTOS ECONÔMICOS DA NOVA REALIDADE DA EXPLORAÇÃO DO PRÉ-SAL: EXISTE UMA AMEAÇA AO ETANOL?

Rafael Campos Bistafa
Rosenberg Associados
rafaelbistafa@gmail.com

Angelo Costa Gurgel
EESP/FGV
angelo.gurgel@fgv.br

Grupo de Pesquisa: Grupo 1 - Comercialização, Mercados e Preços.

Resumo

Em 2007 o governo brasileiro anunciou a descoberta de grandes reservas de petróleo do pré-sal. A partir daí, o então promissor cenário da indústria de etanol começou a ceder espaço para o desenvolvimento do ambicioso programa de investimento no petróleo do pré-sal. Além disso, entre 2011 e 2014 o governo implementou uma política de controle de preço da gasolina e do diesel com o objetivo de reduzir pressões inflacionárias. Considerando a importância dos setores de petróleo e de etanol para a economia brasileira, o presente estudo avalia os impactos econômicos de longo prazo da produção do petróleo do pré-sal, com atenção especial às consequências sobre o setor de etanol. Analisa-se também os impactos da política de controle de preços da gasolina sobre o etanol. Para tal, adapta-se um modelo dinâmico recursivo de equilíbrio geral computável, no qual o setor de petróleo do pré-sal é introduzido como uma tecnologia backstop. Os resultados indicam que o estímulo ao pré-sal para atingir a produção esperada pelo governo mostra-se prematuro e traz mais custos que benefícios à economia brasileira. Sem a interferência do governo, a produção do petróleo do pré-sal seria observada apenas a partir do período 2025-2035. Já os resultados sobre o setor de etanol indicam que o desenvolvimento do pré-sal não prejudica a produção do biocombustível. Contudo, a política de controle de preço da gasolina provocou um efeito negativo sobre o setor de produção de etanol.

Palavras-chave: Petróleo do pré-sal, etanol, controle de preço da gasolina, equilíbrio geral computável.

Abstract

In 2007 the discovery of large reserves of oil in the pre-salt layer in the Brazilian coastline was announced. Thus, the promising outlook for the Brazilian ethanol industry began to give way to the development of pre-salt oil with an ambitious investment program. Beyond that, between 2011 and 2014 the Government adopted a new domestic pricing policy for gasoline and diesel, aiming to reduce inflationary pressures. Considering the importance of the oil and ethanol sectors to the Brazilian economy, this study aims to evaluate the long run economic impacts of the pre-salt oil production, with special attention to the consequences to the ethanol sector. An evaluation of the 2011-2014 gasoline price control policy impacts on the ethanol sector is also performed. An adapted recursive dynamic general equilibrium model is employed in which the pre-salt oil sector is added as a backstop technology. The results suggest that premature stimulus of pre-salt production to achieve the Government's expected oil production brings more costs than benefits to the Brazilian economy. Without Government interference, the pre-salt oil production would be competitive only after 2025-2035. With respect to the impact on the ethanol industry, the pre-salt development does not impair the Brazilian ethanol production. Nonetheless, the gasoline price control policy had a negative impact on the ethanol sector.

Key words: Pre-salt oil, ethanol, gasoline price control, computable general equilibrium.

1. Introdução

A partir de 2003 o setor de biocombustíveis brasileiro, principalmente de etanol, recebia um novo impulso à produção, com o lançamento no mercado dos carros flex-fuel (bicombustíveis), após mais de uma década de forte redução da participação do etanol como combustível (Chagas, 2012). O crescente apelo internacional por fontes sustentáveis de energia, a fim de mitigar as emissões de CO₂, deu destaque à experiência brasileira. Com a enorme redução dos custos de produção, ganhos de produtividade e o aumento do preço internacional do petróleo ao longo da década de 2000, este biocombustível tornou-se altamente competitivo em relação à gasolina (Leite & Cortez, 2008). O Gráfico 1 apresenta que desde 2004 há um crescente aumento das vendas de etanol no mercado brasileiro, atingindo seu pico em 2009, quando ultrapassaram em larga escala as vendas de gasolina, que se mantém praticamente estáveis nesse período. A participação de veículos flex-fuel na frota nacional de veículos leves, por sua vez, apresentou crescimento constante e aproximou-se de recordes 55% em 2014 (Sindipeças, 2015).



Gráfico 1 – Vendas de etanol e gasolina no Brasil 2004-2014

Fonte: ANP. Elaboração própria

Concomitante a esse episódio, em 2006 ocorre a primeira descoberta de petróleo no pré-sal. As análises iniciais indicaram reservas entre 5 e 8 bilhões de barris de petróleo, incentivando a perfuração de outros poços. No final de 2007, o Governo anunciou oficialmente a nova realidade geológica: a região do pré-sal na costa litorânea brasileira, com presença de petróleo e gás em camadas ultra profundas, com extensão de 800 quilômetros, do Espírito Santo até Santa Catarina.

Anterior à descoberta do pré-sal, em 2006, as reservas brasileiras provadas se situavam ao redor de 12,2 bilhões de barris (Agência Nacional do Petróleo – ANP, 2007). A ANP afirma que as reservas do Brasil podem dobrar até 2022, passando de 15,6 bilhões de barris em 2013, para ao redor de 31 bilhões de barris (Gaier, 2014). A Secretaria da Fazenda do Estado do Rio de Janeiro conta com reservas de 50 bilhões a 70 bilhões de barris (Sefaz-RJ,

2010). Paduan (2012) afirma que nos últimos cinco anos, de cada três barris de petróleo descobertos no mundo, um foi descoberto no Brasil.

Assim, a energia limpa e renovável do etanol começa a ceder espaço a um ambicioso programa de investimentos para o desenvolvimento do pré-sal. O Plano de Negócios de 2012 da Petrobras previa investimentos de US\$ 236,5 bilhões no quinquênio de 2012 a 2016. A descoberta do pré-sal inaugurou um novo paradigma de oportunidades de desenvolvimento econômico, uma vez que uma maior oferta do combustível fóssil multiplicaria o potencial de crescimento da economia brasileira, a atração de investimentos e inovação, o desenvolvimento social, a segurança energética e nacional e até a configuração geopolítica da região continental.

Em setembro de 2010 a Petrobras realiza a maior capitalização de recursos no mercado acionário mundial, no valor de R\$ 120 bilhões (Petrobras, 2010), como uma das fontes de materialização do seu plano estratégico de exploração do pré-sal. Ao final de 2014 o Brasil configurava-se na 15ª posição no ranking mundial de reservas provadas de petróleo e na 13ª posição em termos de produção, totalizando 2,3 milhões de barris/dia, equivalente a 2,6% do total mundial (ANP, 2015). Entre 2000 e 2014, a participação do setor no PIB do Brasil aumentou de 3% para 13% (Petrobras, 2014).

A partir de 2011 o Governo passa a adotar uma nova política de preços para a gasolina e diesel, com o intuito de mantê-los artificialmente abaixo do preço internacional de forma a reduzir pressões inflacionárias. De 2011 até o final de 2014 o preço de referência internacional da gasolina sempre esteve acima do preço praticado domesticamente. Um importante efeito colateral da política de controle de preços dos combustíveis foi a gradual perda de competitividade do etanol frente à gasolina e crescente fragilidade financeira deste setor. Nota-se no Gráfico 1 que a partir de 2010 a venda doméstica de etanol entra em declínio, enquanto as vendas de gasolina dispararam. A produção brasileira de etanol passou a sofrer uma das mais agudas crises das últimas décadas, com elevado endividamento dos produtores, além de condições climáticas adversas. Desde 2008, entre 60 e 70 usinas encerraram suas atividades, outras 70 operam em regime de recuperação judicial de um universo de 380 usinas. Estima-se que, desde o início da crise, o setor de açúcar e álcool tenha eliminado 100 mil empregos diretos e 250 mil indiretos, de um total de 1,5 milhão e 2,5 milhões respectivamente (O Estado de São Paulo, 2014).

Almeida, Oliveria, & Losekann (2015) estimam que no período de 2011 a 2014 as perdas da Petrobras com a política de controle de preço dos derivados do petróleo tenha atingido R\$ 119 bilhões. Ainda, os autores concluem que o aumento de endividamento da empresa entre 2011 e 2013 foi equivalente ao valor das perdas acumuladas até 2014. Isto concomitante ao período de elevados investimentos devido a exploração do pré-sal, resultando em aumento de sua dívida e deterioração de sua situação financeira. Em conjunto com o regime de conteúdo nacional, que prejudica a eficiência produtiva, esta também foi afetada pela política de contenção de preços dos combustíveis, investimentos duvidosos, ingerência política, má gestão, corporativismo, além de notórios escândalos de corrupção. Todos esses aspectos trouxeram imensas dificuldades financeiras à Petrobras, levando ao seu rebaixamento de ratings para a categoria especulativa. No final de 2014, a empresa alcançou o posto de maior detentora de dívida corporativa do mundo, com mais de US\$ 130 bilhões (Fortune, 2015). Para piorar esse cenário, o preço internacional do petróleo caiu drasticamente. O barril de petróleo tipo West Texas Intermediate (WTI) era cotado a US\$ 105 em meados de 2014 e no final de agosto de 2015 atingiu o mínimo histórico recente abaixo de US\$ 30.

Em função desta nova realidade, a Petrobras teve que readequar seu ambicioso plano de investimento. Em meados de 2015 anunciou a primeira redução, com intenção de investimentos de US\$ 130,3 bilhões entre 2015-2019, uma significativa redução em relação

ao plano anterior, que previa investimentos da ordem de US\$ 220,6 bilhões no período 2014-2018, com ênfase no pré-sal. No final de 2015 anunciou uma segunda redução de investimentos de US\$ 130,3 bilhões para US\$ 119,3 bilhões. Com isso, a meta de produção de petróleo no Brasil para 2020, ano no qual se estima que o pré-sal represente mais de 50% da produção nacional, foi reduzida de 4,2 milhões de barris equivalentes por dia (bpd) para 2,8 milhões de bpd (Gráfico 2).

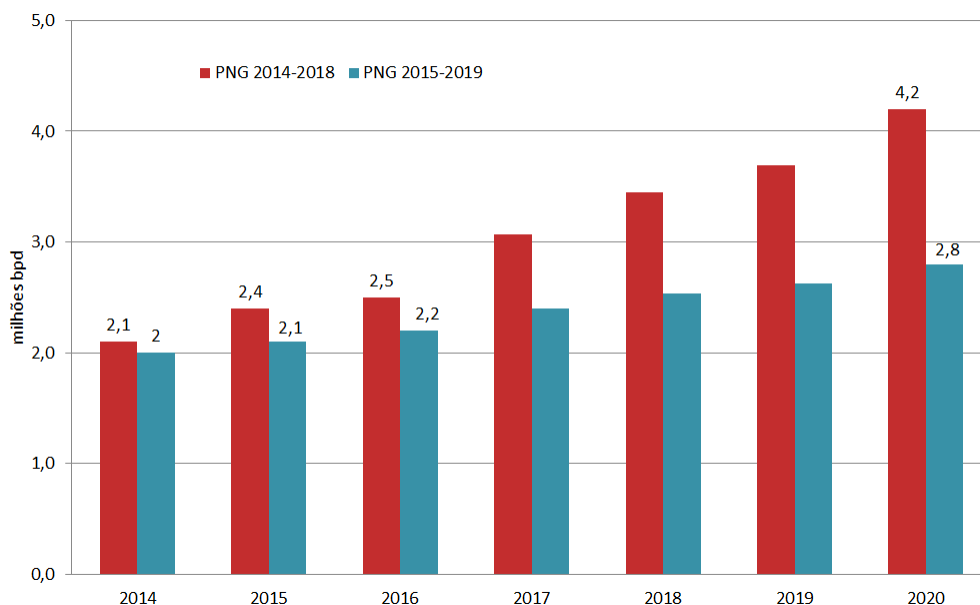


Gráfico 2 - Estimativas de produção de petróleo no Brasil.

Fonte: Plano de Negócios e Gestão, Petrobras. Elaboração própria

Em face desses desafios que atravessa o setor de petróleo, quais são os possíveis impactos do desenvolvimento do pré-sal sobre a economia brasileira? Em especial, como o aumento da produção de petróleo do pré-sal nos próximos anos deve afetar o setor de etanol? As mudanças no plano de negócios da Petrobras trazem ganhos ou perdas para a economia do país como um todo? Os investimentos no desenvolvimento do pré-sal são os mais desejáveis do ponto de vista da alocação de recursos escassos? Qual o impacto da política de controle de preços da gasolina, que vigorou de 2011 a 2014, sobre o setor de etanol?

O objetivo deste artigo é estudar os impactos macroeconômicos e setoriais associados à nova realidade da produção de petróleo no Brasil a partir da exploração do pré-sal, considerando seus desdobramentos sobre a produção de etanol. Além desta introdução, o artigo é composto por breve revisão da literatura, seguida da metodologia, seção de resultados e, por fim, as considerações finais.

2. Revisão de Literatura

O trabalho de Jacoby, O'Sullivan, & Paltsev (2011) analisa a exploração das reservas de gás de xisto na economia americana e os impactos sobre emissões. Utilizam um modelo de equilíbrio geral computável similar ao utilizado neste artigo. Concluem que a oferta do gás de xisto é uma bênção para a economia americana e ajuda sua política climática.

Canelas (2007) descreve a crescente importância da indústria de petróleo, anterior ao anúncio da descoberta do pré-sal. Sua participação relativa no PIB aumentou de 3,8% em 1990

para 8,1% em 2004. Estudo mais recente da Confederação Nacional da Indústria (2012) buscou complementar o trabalho do Canelas (2007) e medir a contribuição do setor brasileiro de petróleo, gás e biocombustíveis, incorporando informações mais atualizadas. Em 2010, a participação do setor de petróleo e gás no PIB brasileiro alcançou o patamar recorde de 12%, com geração de 400 mil empregos.

Os trabalhos de Haddad & Giuberti (2011), Magalhães & Domingues (2012) e Moraes (2013) foram os primeiros a analisar os possíveis impactos da exploração do pré-sal na economia brasileira, utilizando para tal modelos de equilíbrio geral computável. Em uma análise regional, do Espírito Santo, Haddad & Giuberti (2011), impõem ao modelo um choque exógeno de tecnologia, que eleva a produtividade proporcional ao aumento de produção esperada para simular a entrada do pré-sal. Os resultados mostram um aumento do PIB do Espírito Santo de mais de 7%. O setor de não comercializáveis se beneficia do aumento da produção de petróleo, enquanto o setor de comercializáveis é o mais prejudicado, com evidências de desindustrialização e apreciação do câmbio real condizente com a doença holandesa.

Já o estudo de Magalhães & Domingues (2012) se concentra na economia brasileira como um todo, especialmente sobre a indústria e exportações. Os choques foram aplicados através do aumento da oferta de recursos naturais no setor para se atingir o crescimento esperado de produção do pré-sal. Os resultados sugerem que a exploração do pré-sal eleva em 1,37% a produção mundial de petróleo até 2020, em relação ao cenário base e reduz em 9,8% o preço internacional do petróleo. Os efeitos encontrados sobre o PIB e exportações são positivos e relevantes, de 4,8% e 19,7%, respectivamente até 2020, em relação ao cenário base. Assim como Haddad & Giuberti (2011), também encontra sintomas de doença holandesa.

Os choques simulados nos estudos citados são formas limitadas de introduzir o pré-sal, uma vez que este é um tipo de petróleo que difere do convencional ao possuir maiores custos de extração e de tecnologias adicionais para explorá-lo. Para contornar essa simplificação, Moraes (2013), utiliza o modelo de equilíbrio geral computável dinâmico EPPA e introduz um setor de petróleo não convencional, com uma tecnologia alternativa. Ao simular um cenário que assegura a produção do pré-sal projetada pela Petrobras, encontra resultados de uma alocação ineficiente dos recursos, principalmente capital, com redução do PIB e sintomas de doença holandesa.

A Petrobras é a empresa que mais investe no Brasil e durante o período 2010-2014 engendrou-se numa acelerada expansão de investimento, sendo responsável por 8,8% do total de investimentos no país (1,8% do PIB) (Ministério da Fazenda, 2015). Os desafios domésticos e internacionais mais recentes impostos à Petrobras, resultando em uma forte redução de investimentos no setor, geraram impacto negativo estimado em 2% PIB em 2014 (Ministério da Fazenda, 2015). Colomer & Rodrigues (2015) estimam que a Petrobras deixe de gerar R\$ 62 bilhões em renda até 2019.

A viabilidade econômica da exploração do pré-sal é rodeada por incertezas. A Petrobras afirma que não identifica risco de inviabilidade na exploração do bloco de Libra em função da queda do preço do petróleo, apesar da empresa ter estabelecido o preço do barril de petróleo acima dos US\$ 45 como marca de viabilidade do pré-sal, incluindo a remuneração do capital (Nunes & Pita, 2015).

Ao menos em sua fase inicial, os custos de extração no pré-sal são maiores que os dos reservatórios convencionais. Em 2008, o custo médio de extração de petróleo pela Petrobras era estimado em US\$ 30 por barril e admitia-se que o custo de extração no pré-sal era 50% maior (Câmara dos Deputados, 2009). Recentemente, o presidente da estatal Pré-sal Petróleo

S.A. declarou que o preço mínimo necessário para viabilizar economicamente o projeto de Libra no pré-sal deve superar US\$ 55 (Ramalho, 2015).

A Opec destaca que as reservas do pré-sal, considerando o campo de Libra, com estimativa de 8 a 12 bilhões de barris, possuem um break-even com o preço do petróleo acima de US\$ 55 por barril (Opec, 2015). Considera também que, alguns de seus mais importantes poços podem estar operando com prejuízo. Já Pacca, Moreira & Parente (2014) estimam um custo de US\$ 49 por barril para o pré-sal e US\$ 41,4 por barril para o petróleo convencional brasileiro.

Em suma, os custos do pré-sal possuem elevado grau de incerteza e carecem de informações transparentes e precisas, dificultando a análise de sua viabilidade econômica. Com isso, será necessário simular diferentes hipóteses acerca do custo de extração do petróleo do pré-sal.

Os biocombustíveis são alternativas relevantes para os combustíveis fósseis e possuem potencial considerável de mitigação de emissão de gases do efeito estufa. No Brasil o etanol foi apresentado como uma alternativa econômica e ambientalmente sustentável à gasolina (Serigati, 2014) e ganhou novo impulso com a introdução dos motores flex-fuel a partir de 2003.

O desenvolvimento histórico da indústria brasileira de etanol desde 1970 é descrito por Hira & Oliveira (2009) e Serigati (2014). As perspectivas para o setor de etanol brasileiro são abordadas por Jonker, et al. (2015) e os resultados sugerem que os custos de cultivo de cana-de-açúcar podem ser reduzidos em até 37% de 2010 até 2030, impulsionando sua competitividade. Perspectivas promissoras para o setor de etanol brasileiro também são evidenciadas por Ajanovic & Haas (2014), ao analisar o mercado de biocombustíveis até 2030 para o Brasil, Estados Unidos e União Europeia, que juntos representaram três quartos da oferta global de biocombustíveis. Atualmente, apenas a produção do etanol brasileiro possui custo-benefício favorável, cujo custo de produção é em média duas vezes menor que na União Europeia.

Os impactos do aumento de demanda de etanol versus gasolina na economia brasileira foi abordado por Costa, Guilhoto, & Moraes (2011). Utilizando uma Matriz Insumo-Produto inter-regional, apontam o potencial de geração de empregos e renda num cenário de substituição de gasolina por etanol. Defendem a política tributária diferenciada para o setor de etanol uma vez que há significativo benefício socioeconômico e destacam a importância da consolidação do etanol na matriz energética brasileira, já que gera externalidades sociais positivas para toda a população.

As primeiras preocupações dos impactos do pré-sal sobre o setor de etanol surgiram logo após o anúncio de sua descoberta. Para Pires & Schechtman (2008), as políticas de combustíveis veiculares no Brasil sempre foram caracterizadas por movimentos cíclicos em resposta a situações conjunturais, sem uma visão de longo prazo. Consideram alvissareira a descoberta do pré-sal, mas que poderia levar a um retrocesso na matriz energética nacional. Visão compartilhada por Serigati (2014), que aponta que o biocombustível deixou de ser prioridade na política energética do país.

Já Pacca, Moreira & Parente (2014) buscam avaliar o potencial de bioenergia vis a vis a o potencial das reservas do pré-sal para atender a demanda brasileira por energia até 2070. Realizam análises de custo-benefício em diversos cenários de produção de petróleo convencional, pré-sal e etanol. Concluem que os biocombustíveis são alternativas relevantes aos combustíveis fósseis. A taxa de retorno dos investimentos (ROI) em etanol é maior que o ROI do pré-sal na maioria dos cenários analisados.

Já os impactos negativos da política de controle de preços da gasolina sobre a Petrobras foram estimados por Almeida, Oliveria & Losekann (2015), como da ordem de R\$

119 bilhões, levando à deterioração financeira da empresa e sua capacidade de investimento. A FAO (2014) aborda a influência da política de controle de preços de derivados de petróleo no preço do etanol no Brasil e estima uma perda de R\$ 0,15 por litro de etanol vendido no país. Na ausência da política de controle de preços da gasolina, entre outros fatores, o litro do etanol seria vendido em média 60% acima, o que causou uma severa perda de competitividade e rentabilidade da indústria de etanol.

Apesar dos estudos descritos acima, nota-se uma carência de estudos quantitativos sobre os possíveis impactos da exploração do pré-sal e da política de controle de preços da gasolina sobre o setor de etanol e para a economia brasileira como um todo. Estudos dessa natureza são importantes para orientar as decisões políticas e de investimentos privados na direção da fonte energética mais promissora e custo-efetiva.

3. Metodologia

Os modelos de equilíbrio geral computável (CGE) buscam representar uma economia real complexa e são importantes em auxiliar na identificação de efeitos de equilíbrio geral causados por mudanças exógenas e que não seriam facilmente identificados a priori por sua complexidade ou por relações inesperadas e não-óbvias (Piermartini & The, 2005). A formulação do modelo é expressa em termos matemáticos como um sistema de equações simultâneas representando as condições de equilíbrio de mercado, utilizando a teoria econômica como uma ferramenta operacional para análises de orientação empírica sobre questões relacionadas a economias de mercado, alocação de recursos, fluxos comerciais, entre outras (Sadoulet & De Janvry, 1995).

O Modelo EPPA é um modelo CGE dinâmico recursivo, multi-regional e multi-setorial com um horizonte de simulação de longo prazo. Este modelo foi desenvolvido para o estudo de políticas climáticas e energéticas e sua caracterização é descrita por Paltsev, et al. (2005) e Gurgel (2011), e considera as interações entre os diversos setores econômicos, consumidores, governo e fluxo de comércio bilateral de bens e serviços entre os países, representando a economia global através de 16 regiões e países.

Os dados que alimentam o modelo são formados principalmente por matrizes de insumo-produto que representam as estruturas das economias das regiões, provenientes do Global Trade Analysis Project (GTAP) (Hertel, 1997) e (Dimaranan & McDougall, 2002). Trata-se de um banco de dados consistente sobre consumo macroeconômico regional, produção e fluxos de comércio bilateral. Dados sobre produção e uso de energia em unidades físicas são provenientes tanto da base de dados do GTAP 7 quanto da Agência Internacional de Energia (IEA, 1997, 2004, 2005). A modelagem do setor de etanol foi construída conforme descrito em Melillo & et al (2009) e Gurgel, Reilly & Paltsev (2007).

Neste artigo foi utilizado o modelo EPPA – versão 5, calibrado para o ano base de 2004. As simulações são feitas em intervalos correspondentes a cada 5 anos, a partir de 2005 até 2100. Os dados do GTAP para a economia mundial foram organizados nos países e regiões, setores e fatores de produção apresentados na Tabela 1.

Funções de produção para cada setor da economia descrevem as combinações de fatores primários e insumos intermediários para gerar bens e serviços. Em cada região há um consumidor representativo que tem como objetivo a maximização do bem-estar através do consumo de bens e serviços. O governo é modelado como uma entidade passiva que recolhe impostos e distribui o valor total dos recursos às famílias.

Tabela 1 - Agregação de regiões, setores e fatores utilizados no modelo EPPA

Regions	Sectors		Factors
United States (USA)	Non-Energy	Energy¹	Capital
Canada (CAN)	Agriculture - Crops (CROP)	Coal (COAL)	Labor
Mexico (MEX)	Agriculture - Livestock (LIVE)	Conventional Crude Oil (OIL)	Crude Oil
Japan (JPN)	Agriculture – Forestry (FORS)	Refined Oil (ROIL)	Shale Oil
European Union (EUR)	Food (FOOD)	Natural Gas (GAS)	Coal
Australia and New Zealand (ANZ)	Services (SERV)	Elec.: Fossil	Natural Gas
Russia (RUS)	Chemicals, Rubber, Plastics and Paper (CRPP)	Elec.: Hydro	Hydro
Eastern Europe (ROE)	Iron and Steel Industry (IRON)	Elec.: Nuclear	Nuclear
China (CHN)	Energy Intensive (EINT)	Elec.: Wind	Wind & Solar
India (IND)	Other Industry (OTHR)	Elec.: Solar	Land – Crops
Brazil (BRA)	Transportation (TRAN)	Elec.: Biomass	Land – Livestock
East Asian (ASI)		Elec.: NGCC	Land - Forestry
Middle East (MÊS)		Elec.: NGCC– CCS	Natural Forests
Africa (AFR)		Elec.: IGCC– CCS	Natural Pastures
Latin America (LAM)		Synthetic Gas	
Rest of Asia (REA)		Biofuels - 2nd gen.	
		Shale Oil	
		Biofuels – 1st gen.	

Fonte: Gurgel (2011). Elaboração própria

O comportamento da firma objetiva maximizar lucro sujeita à restrição tecnológica, escolhendo em cada região e em cada setor, um nível de produto, uma quantidade de fatores primários e de insumos intermediários de outros setores. Já o consumidor representativo possui dotações de fatores de produção que podem ser vendidas ou arrendadas às firmas e escolhe em cada período e região os níveis de consumo e poupança que maximizam seu bem-estar, sujeita à restrição orçamentária para o seu nível de renda.

No EPPA, a tecnologia de produção é representada por funções de elasticidades de substituição constante (Constant Elasticity of Substitution – CES) aninhadas, com vários níveis de desagregação, possibilitando maior possibilidade de substituição de insumos e tornando mais flexível a escolha de elasticidades de substituição.

Na modelagem do EPPA existe uma estrutura aninhada comum entre os setores de serviços, transportes, intensivos em energia e outras indústrias. Insumos intermediários são considerados complementares perfeitos (Leontief), juntos com uma cesta de capital-trabalho-energia (KLE), que por sua vez consiste em uma agregação de valor adicionado e energia. As importações de um determinado bem com origem em diferentes regiões são primeiramente combinadas como bens Armington sob a elasticidade σ_{MM} , ou seja, bens da mesma indústria provenientes de diferentes regiões são considerados substitutos imperfeitos, e posteriormente, o agregado de importações é combinado com a produção doméstica do mesmo bem, sob a elasticidade σ_{DM} , de forma a criar uma cesta de bens ofertados dentro da região.

¹NGCC: Natural Gas Combined Cycle; CCS: Carbon Capture and Sequestration and IGCC: Integrated Gas Combined Cycle with Carbon Capture and Sequestration

O setor de petróleo refinado (ROIL) considera o petróleo bruto como insumo intermediário complementar para a geração de produtos de petróleo refinado, e não como parte da demanda por energia, como pode ser observado na Figura 1.

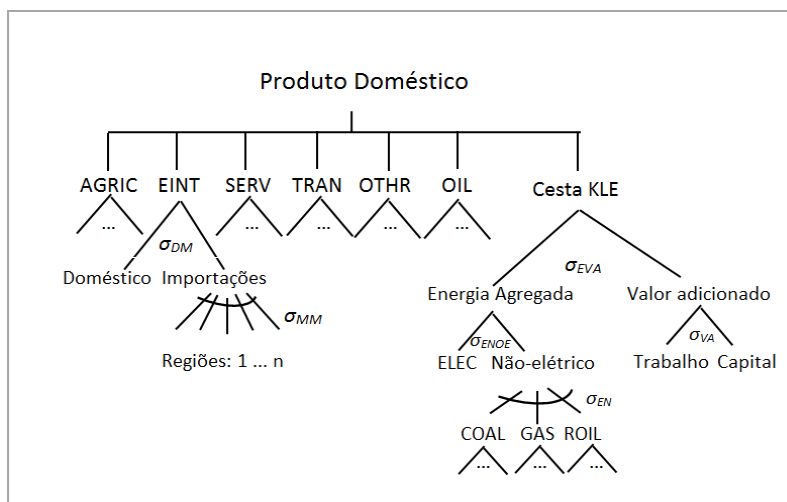


Figura 1 - Estrutura aninhada do setor de petróleo refinado.

Fonte: Paltsev, et al. (2005). Elaboração própria

Os fatores que influenciam a evolução do modelo no tempo estão relacionados ao acúmulo de capital, aumento da força de trabalho, alterações na produtividade dos fatores e insumos, alterações nos padrões de consumo através da evolução da renda, e esgotamento de recursos naturais. Esses aspectos, em conjunto com os choques implementados no modelo nos diversos cenários, determinam a dinâmica do modelo.

Neste artigo, o modelo foi adaptado para incluir a produção do pré-sal como uma tecnologia backstop alternativa, assim como realizado por Moraes (2013), tornando endógeno os custos e benefícios da exploração das reservas do pré-sal, assim como sua capacidade de competir com outras tecnologias de energia. Essa adaptação do modelo foi baseada, com as devidas adaptações para o caso brasileiro, no trabalho de Choumert et al. (2006), que modificou o modelo EPPA original aprimorando os setores de petróleo e refino. Para modelar o pré-sal de maneira endógena, foi adicionado o setor de produção específico que produz petróleo bruto a partir da reserva de combustível fóssil extraída do pré-sal, conforme pode ser observado na Figura 2, tornando o produto um substituto perfeito para o petróleo bruto extraído das reservas convencionais.

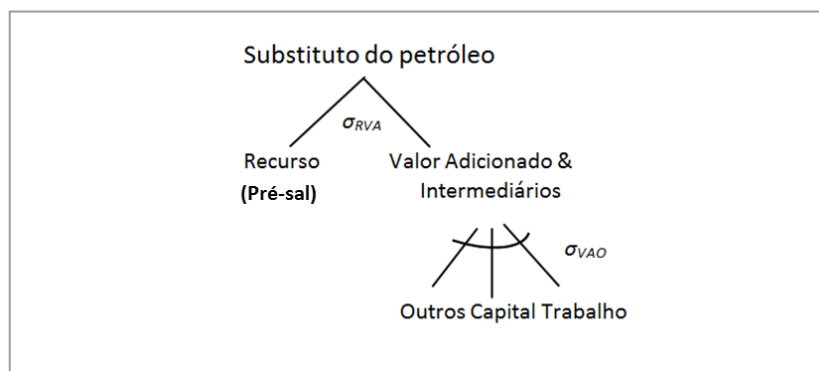


Figura 2 - Setor de produção do pré-sal.

Fonte: Adaptação de Choumert, Paltsev & Reilly (2006)

A tecnologia de biocombustível, que representa o setor de etanol no modelo, tem a mesma estrutura do petróleo de xisto, porém, o recurso específico é a terra. Além disso, os recursos do xisto são esgotáveis, enquanto o recurso terra é considerado renovável e sua produtividade aumenta de maneira exógena com o tempo.

Em função da carência de dados e de estimativas detalhadas sobre os custos de extração e produção do pré-sal, as elasticidades de substituição utilizadas para esse setor são as mesmas consideradas no setor de produção de areia betuminosa ($\sigma_{RVA}=0,5$ e $\sigma_{VAO}=0,2$) do trabalho de Choumert, Paltsev, & Reilly (2006). A fim de reduzir as incertezas sobre tais elasticidades, Moraes (2013) realizou uma análise de sensibilidade dessas elasticidades sobre os resultados e não encontrou mudanças relevantes nos seus resultados. Quanto à composição de insumos e fatores produtivos na tecnologia de extração, Choumert, Paltsev & Reilly (2006) ajustaram as porcentagens de capital e trabalho nos custos de produção de areia betuminosa com base em hipóteses sobre a composição das despesas de capital (CAPEX) e despesas operacionais (OPEX) desse recurso. Em função da indisponibilidade dessas informações sobre o pré-sal, foram utilizadas as mesmas porcentagens de capital e trabalho nos custos da produção do pré-sal. O modelo também considera a reserva tecnicamente recuperável estimada no pré-sal.

Calibrou-se a quantidade inicial de reserva de recurso fóssil disponível e introduziu-se uma curva de aprendizado tecnológico representada por uma redução gradual no mark-up, um avanço em relação às simulações realizadas por Moraes (2013). Conforme já descrito na revisão de literatura, os custos do pré-sal possuem elevado grau de incerteza e carecem de informações transparentes e precisas, foram simulados diversos cenários alterando o nível de mark-up de custo dessa nova tecnologia em relação à tecnologia de extração de petróleo convencional. Os cenários simulados foram comparados com o cenário BAU (Business As Usual), que representa a trajetória da economia projetada pelo modelo EPPA sem considerar a produção do pré-sal, porém ajustado para reproduzir a produção de petróleo nacional até 2010 e a diferença entre os cenários simulados e BAU representa o efeito do pré-sal considerando as hipóteses assumidas em cada modelo.

Para reproduzir o cenário de acordo com o Plano de Negócios e Gestão 2015-2019 da Petrobras (2015) faz-se necessária a introdução de um subsídio à produção do pré-sal, uma vez que a tecnologia de extração da camada pré-sal é mais intensiva em recursos e, portanto, mais cara que a extração das reservas tradicionais. A introdução de subsídios é a forma mais próxima de representar o esforço de captação de recursos por parte da Petrobras para investimentos no pré-sal, recursos esses que estariam disponíveis para serem utilizados em outro setor da economia, caso não existisse o pré-sal.

A fim de analisar o impacto da exploração do pré-sal sobre o setor de etanol, foi realizada uma comparação entre a produção esperada de etanol em cada cenário, em relação à produção no cenário desconsiderando a exploração do pré-sal (Business as Usual). Por fim, para analisar o cenário de política de controle de preços da gasolina que vigorou entre 2011 e 2014, foi introduzido um subsídio ao consumo de gasolina no Brasil, correspondente a uma redução de 15% no preço desse derivado durante o período de 2011 a 2015, equivalente à defasagem média do preço doméstico versus o preço internacional, neste período. Em suma, os cenários simulados no presente trabalho são:

- **BAU:** cenário sem a presença o setor de pré-sal no modelo;
- **mkp 75%:** cenário com a presença do pré-sal, com 75% de mark-up de custo em comparação ao petróleo convencional e uma curva de aprendizado que reduz tal custo em cerca de 1% ao ano;

- **mkp 50%:** cenário com a presença do pré-sal, com 50% de mark-up de custo em comparação ao petróleo convencional e uma curva de aprendizado que reduz tal custo em cerca de 1% ao ano;
- **mkp 25%:** cenário com a presença do pré-sal, com 25% de mark-up de custo em comparação ao petróleo convencional e uma curva de aprendizado que reduz tal custo em cerca de 1% ao ano;
- **mkp 10%:** cenário com a presença do pré-sal, com 10% de mark-up de custo em comparação ao petróleo convencional e uma curva de aprendizado que reduz tal custo em cerca de 1% ao ano;
- **mkp 50% com subsídio:** cenário com a presença do pré-sal, com 50% de mark-up de custo em comparação ao petróleo convencional, uma curva de aprendizado que reduz tal custo em cerca de 1% ao ano e uma curva de subsídios aos investimentos para tornar o pré-sal competitivo na presente década, de forma a reproduzir a produção projetada no Plano de Negócios e Gestão 2015-2019 da Petrobras;
- **controle de preços:** cenário com a política de controle de preços domésticos da gasolina, com introdução de subsídio a fim de simular uma redução do preço doméstico médio de 15% em relação à variação do preço internacional (ajustado pela variação do câmbio) para o período 2011 a 2015.

4. Resultados

A produção doméstica de petróleo nos cinco cenários simulados é apresentada na Figura 3. A produção de petróleo no cenário BAU é bastante próxima à produção efetiva observada nos últimos anos. Na ausência da exploração do petróleo do pré-sal, o modelo projeta que a produção total de petróleo no Brasil atingirá o pico equivalente de 2,8 milhões de barris de petróleo equivalente por dia em 2045 e inicia processo de declínio em diante devido à gradual exaustão das reservas. Ao adicionar as reservas do pré-sal no modelo, a produção nacional de petróleo pode atingir até 5,5 milhões de barris de petróleo equivalente por dia, dependendo do nível de mark-up considerado. Isso é equivalente a aproximadamente metade da produção da Arábia Saudita em 2014, historicamente um dos maiores produtores mundiais de petróleo.

A Figura 3 também apresenta a projeção de produção de petróleo estipulado no último Plano de Negócios e Gestão 2015-2019 da Petrobras até o ano de 2020, Petrobras (2015), em que prevê um aumento da produção de petróleo dos atuais 2,1 milhões de barris de petróleo equivalente por dia em 2015 para 2,8 milhões em 2020. Os cenários mkp 10% e o cenário mkp 50% com subsídio são os mais próximos de reproduzir essa curva projetada pela Petrobras. O cenário mkp 10% é bastante otimista quanto ao custo de exploração do petróleo do pré-sal, abaixo das estimativas divulgadas nas diversas fontes analisadas e mesmo assim, sua trajetória até 2020 é um pouco inferior à meta de produção da Petrobras. Já o cenário mkp 50% com subsídio assume uma curva de subsídios ao investimento em capital no pré-sal, calibrado para atingir os níveis de produção esperados pela Petrobras. A produção de petróleo em 2015 em todos os cenários é similar ao que se produz atualmente nos campos do pré-sal e nos campos convencionais. Com base nas estimativas de custo disponíveis, acredita-se que as calibrações de mark-up nos cenários mkp 50% e mkp 75% são as que melhor representam a realidade de custos da extração do pré-sal. Uma evidência importante é que, considerando tais cenários mais realistas, a produção de petróleo no pré-sal se torna competitiva apenas a partir de 2025 no cenário mkp 50% e a partir de 2035 no cenário mkp 75%, caso as forças de mercado operem livremente na produção de petróleo e derivados e nos investimentos para o setor. Tais resultados sugerem que os esforços e capital empenhados em se extrair tais

reservas com a máxima celeridade pode não ser considerada a melhor estratégia, em termos de timing e custos de oportunidade envolvidos, dadas as condições globais de preço, produção e reservas.

As trajetórias indicam que, para gerar uma produção de petróleo compatível com as metas de produção da Petrobras nos próximos anos, será necessária a introdução de subsídios, que transferem recursos produtivos para o setor do pré-sal. Essa realocação forçada, gerada pela introdução do subsídio, em comparação à alocação anterior, gerada pela livre atuação das forças de mercado, impacta o produto agregado da economia, entre outras consequências.

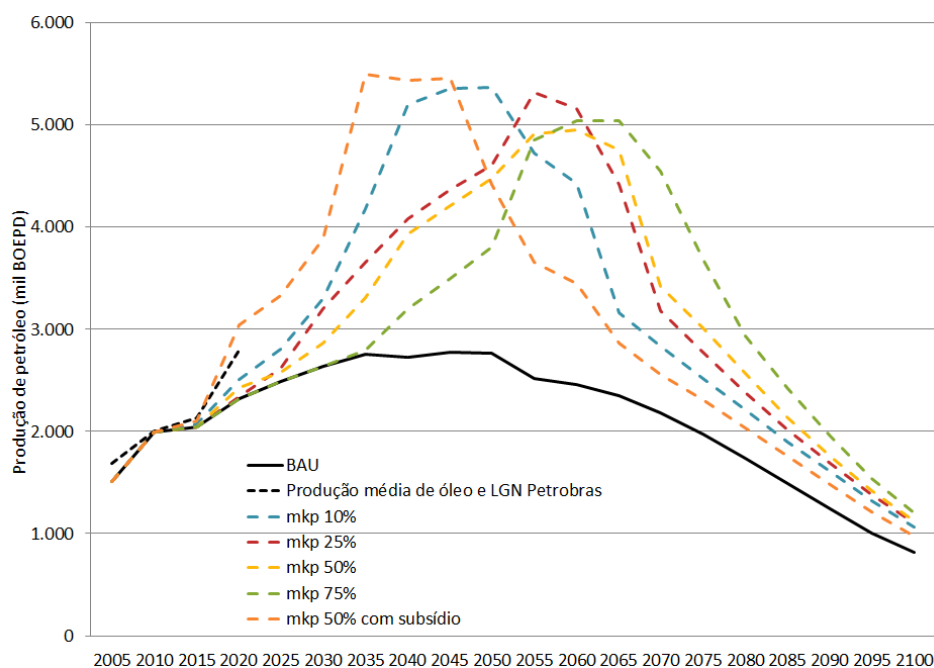


Figura 3 – Produção de petróleo doméstica nos cenários simulados.

Fonte: Elaboração própria

A Figura 4 mostra a trajetória da variação do PIB entre os diversos cenários simulados em relação ao cenário de referência BAU. É importante notar que impactos negativos não necessariamente significam retração do PIB, mas que o crescimento será menor que no cenário de referência BAU. Nota-se que o impacto do pré-sal sobre o PIB, com exceção do cenário mkp 75%, é predominantemente negativo ao longo de todo o período analisado e piora na medida em que o mark-up é reduzido. O maior impacto negativo no PIB se dá no cenário com a introdução da curva de subsídios, alcançando um efeito negativo máximo de aproximadamente 4% do PIB que seria observado no cenário de referência BAU em 2055. Os efeitos negativos sobre o PIB observados no cenário mkp 50% com subsídio se devem predominantemente à distorção da alocação de investimentos e fatores primários provenientes dos incentivos (subsídios) introduzidos ao setor do pré-sal. Já os efeitos negativos sobre o PIB observados nos cenários mkp 10%, mkp 25%, mkp 50% podem ser creditados principalmente a indícios de doença holandesa, como evidências encontradas por Haddad & Giuberti (2011), Magalhães & Domingues (2012) e Moraes (2013).

No cenário de mkp 75%, a exploração do pré-sal tem início após 2035 e possui efeitos positivos sobre o PIB ao longo da maior parte do período analisado e o impacto começa a ter efeito no momento em que a produção no pré-sal se torna competitiva, resultado do aumento da disponibilidade de recursos energéticos não-renováveis, provavelmente em um período em que o petróleo torna-se mais escasso no mundo e a exploração do pré-sal torna-se mais

rentável. Nota-se também um aspecto temporal importante dos impactos dos cenários no PIB. Em todos os cenários sem subsídio o PIB aumenta nos primeiros anos de produção do pré-sal, em relação ao cenário BAU, uma vez que a exploração desse recurso se torna competitiva, porém, declina gradualmente posteriormente, na medida em que o setor de petróleo cresce, ocupando maior peso na economia e drenando mais capital e trabalho dos demais setores, que aos poucos perdem competitividade, que é intensificada também pelo efeito de apreciação da taxa de câmbio resultante da exportação de grande parte das reservas, tornando assim a redução da competitividade dos demais setores gradual e não imediata. Na medida em que o pré-sal ganha escala, aumenta a competição do mesmo por recursos (capital e trabalho) na economia e os efeitos sobre a apreciação cambial, drenando os fatores dos demais setores e reduzindo suas competitividades, tendo um efeito líquido negativo sobre o PIB. Após o pico de exploração de petróleo, quando a curva de produção do pré-sal entra o período de declínio, em função do esgotamento gradual das reservas, os recursos produtivos antes utilizados nessa atividade ficam mais disponíveis para o restante da economia, sendo realocados aos poucos para os demais setores, recuperando gradualmente suas competitividades e retornando ao patamar de atividade próximo ao observado no cenário BAU.

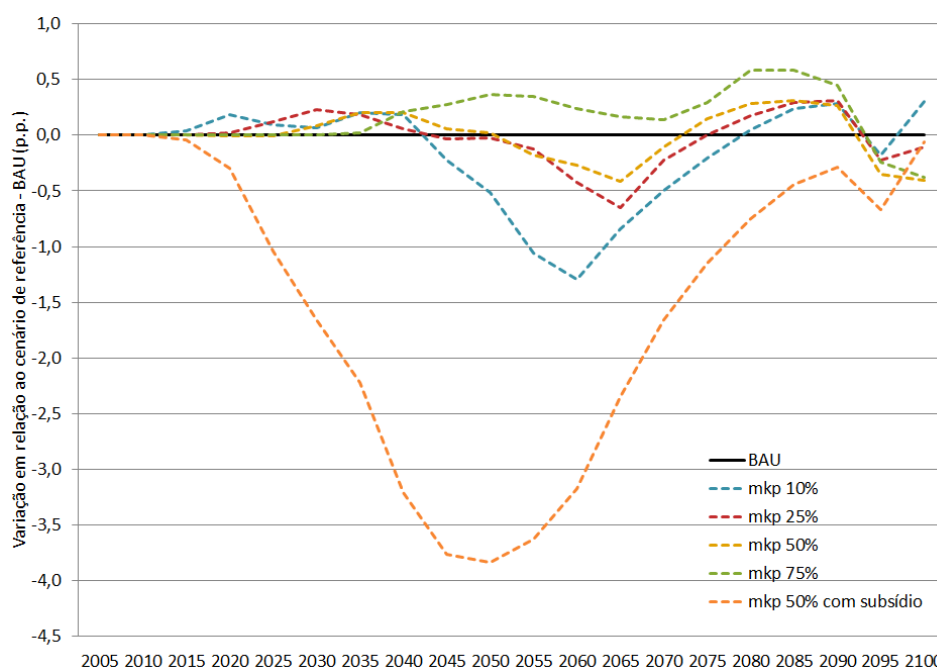


Figura 4 - Impactos sobre o PIB dos cenários simulados em relação ao cenário BAU.

Fonte: Elaboração própria

Merece destaque também o impacto da exploração do pré-sal sobre o preço internacional do petróleo. Pode-se aventar a hipótese que, com a exportação de volumes consideráveis de petróleo resultante da extração do pré-sal, poderia ocorrer uma pressão baixista sobre o preço internacional desta commodity. Entretanto, de acordo com a Figura 5, os resultados do modelo indicam uma redução máxima de 2% no preço internacional do petróleo durante o período de pico de produção de cada cenário, o que sugere que o pré-sal não possui impacto relevante sobre o preço internacional dessa commodity, em relação ao cenário de referência, diferentemente das evidências encontradas em Magalhães & Domingues (2012) em que a exploração do pré-sal pode reduzir o preço internacional do petróleo em até 10%. A diferença se dá uma vez que o trabalho de Magalhães & Domingues (2012) aplica um choque produtividade positivo na extração de recursos petrolíferos

convencionais no modelo, simulando um incremento na quantidade deste recurso natural, enquanto que no presente trabalho, ao considerar os custos explícitos de extração do pré-sal, superiores aos da extração do petróleo convencional, não há um incremento abrupto da oferta de uma só vez. A baixa influência do pré-sal no preço do petróleo internacional significa que este passa a substituir em parte a oferta de alguma outra fonte global de petróleo menos competitiva.

As projeções do modelo para o preço internacional do petróleo (em termos reais) indicam tendência consistente com as tendências do cenário de referência de preços projetados pela agência americana U.S. Energy Information Administration (EIA) até o horizonte de projeção (2040) (EIA, 2014).

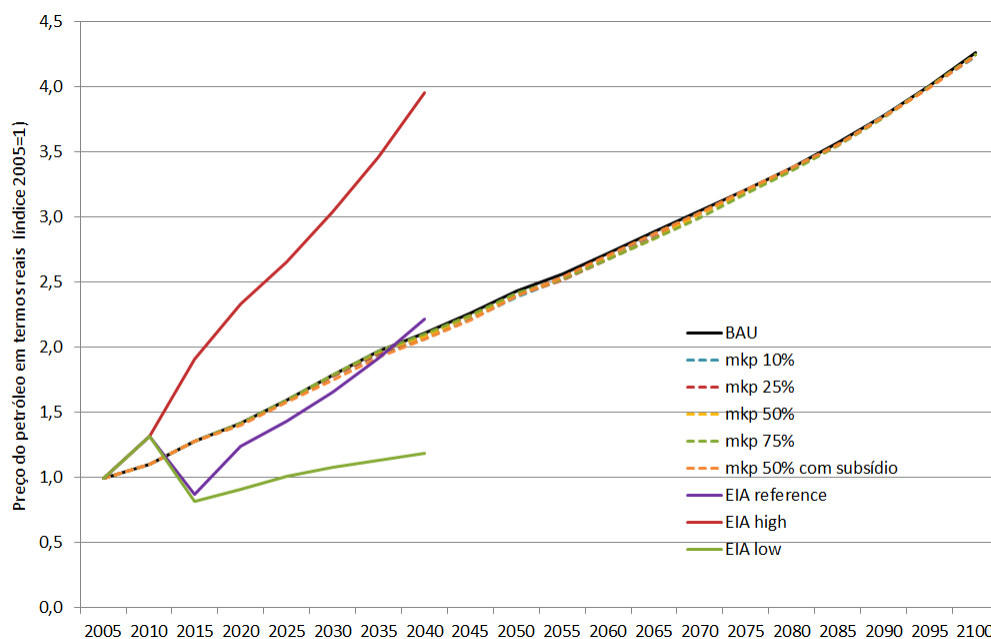


Figura 5 – Preço do petróleo (em termos reais) projetado nos cenários simulados e pela EIA.
Fonte: EIA (2014) e elaboração própria

Em suma, apesar das limitações de dados e a dependência das hipóteses assumidas, os cenários que modelam o pré-sal como uma tecnologia backstop permitem perceber como a representação dos custos econômicos do desenvolvimento do pré-sal são essenciais para entender os impactos desse investimento sobre a economia brasileira. Sendo a exploração do pré-sal mais custosa que a exploração do petróleo convencional, mesmo considerando uma curva de aprendizagem/avanço tecnológico, os resultados indicam uma alocação ineficiente de recursos escassos, caso o pré-sal seja estimulado prematuramente.

A Figura 6 evidencia como o desenvolvimento do pré-sal afeta o setor de etanol em relação ao cenário BAU. Em todos os cenários simulados no modelo, com exceção ao cenário mkp 75% apontam para uma mesma dinâmica, diferenciando-se apenas em sua magnitude. Em um primeiro momento, a exploração do pré-sal resulta em uma retração do setor de etanol, sendo o cenário mkp 50% com subsídio o que afeta mais negativamente o setor, com impacto máximo em relação ao cenário BAU de aproximadamente -6,0 p.p. em 2040. Esse impacto está relacionado a dois fatores: o primeiro, de predominância do efeito competição direta dos derivados de petróleo com o etanol nos veículos flex-fuel, uma vez que o combustível renovável fica relativamente mais caro diante do aumento da oferta de petróleo (efeito “substituição”); e o segundo, de menor atividade econômica resultante do efeito

macroeconômico da exploração do pré-sal, implicando em menor demanda por combustíveis em geral (efeito “renda”).

A partir de 2060, a exploração do pré-sal começa a afetar positivamente o setor de etanol em relação ao cenário BAU. Isso ocorre tanto devido ao aumento do preço relativo dos derivados de petróleo em relação ao etanol, na medida em que a curva de produção de petróleo entra em declínio e seus derivados se tornam relativamente mais escassos, aumentando o consumo do biocombustível.

É importante notar que, no cenário BAU, como a produção de petróleo é consideravelmente menor na ausência do pré-sal, os biocombustíveis acabam ganhando um maior espaço nos tanques dos veículos leves bem antes de 2050, havendo pouco incremento do seu consumo após o meio do século. Já nos cenários em que o petróleo do pré-sal é produzido, a participação dos biocombustíveis é mais modesta até 2050/2060, mas crescente, ganhando maior espaço a partir de então, devido ao declínio da produção de petróleo do pré-sal e maior crescimento da indústria de refino de petróleo doméstica, o que leva a um rápido incremento no consumo deste biocombustível e, consequentemente maiores volumes consumidos em relação ao cenário BAU.

Já o cenário mkp 75% não impacta o setor de etanol até 2040, quando tem início a produção do pré-sal, mas a partir do seu desenvolvimento, o setor de etanol, diferentemente dos demais cenários, apresenta um impacto inicialmente positivo, que se mantém ao longo de todo o horizonte de análise, alcançando um impacto positivo máximo de 9,26 p.p. acima do cenário BAU na produção de etanol em 2080. Esse aumento pronunciado da produção de etanol em relação ao cenário BAU é consequência da expansão maior do setor de refino em relação ao BAU na segunda metade do horizonte temporal do modelo, considerando complementariedade do etanol anidro, uma vez que a capacidade de substituição do etanol pela gasolina na frota flex já é bastante reduzida nesses anos.



Figura 6 – Impactos sobre o setor de etanol em relação ao cenário BAU.

Fonte: Elaboração própria

Não obstante, o anúncio da descoberta do pré-sal ter ocorrido no final de 2007, um momento em que o setor de etanol ganhava tração, aumento de investimentos, incremento de produção, destaque internacional, além de publicidade e destaque pelo governo brasileiro, alterou subitamente o foco da política energética nacional. A campanha pelo biocombustível, o combustível verde, limpo, com baixa emissão e carbono, de tecnologia nacional, vantagens comparativas e sintonizado com o movimento global de incentivo às fontes renováveis de energia, foi perdendo fôlego, cedendo espaço para os investimentos nas expressivas reservas do pré-sal. Em outras palavras, os resultados sugerem que o impacto negativo do pré-sal sobre a produção de etanol tem motivos mais associados a aspectos de prioridades políticas e setoriais dados à política energética do que em fundamentos econômicos.

Embora os cenários simulados anteriormente evidenciem que os impactos de longo prazo da exploração do pré-sal não inviabilizam a tecnologia do setor de etanol, nem provocam impactos negativos pronunciados na sua produção, o cenário simulado da política de controle de preços domésticos da gasolina que vigorou entre 2011 e 2014 é um exemplo dos efeitos nocivos quando uma política equivocada é posta em prática.

A Figura 7 evidencia o impacto sobre a produção doméstica de etanol em relação ao cenário BAU quando o consumo da gasolina é subsidiado, resultando em uma diminuição do preço doméstico em 15% em relação ao preço internacional, conforme foi simulado no cenário controle de preços. Se o incentivo (subsídio) ao consumo de gasolina por um lado prejudicou a saúde financeira da Petrobras, comprometendo também a exploração do pré-sal conforme descrito por Almeida, Oliveria, & Losekann (2015).

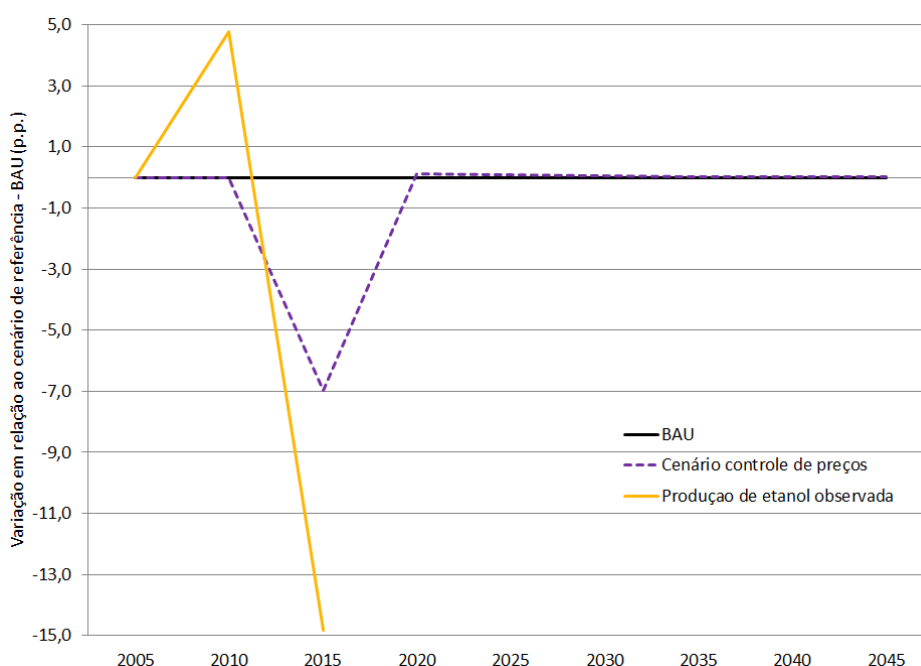


Figura 7 – Impactos do cenário controle de preços sobre a produção de etanol em relação ao cenário BAU e produção de etanol observada no Brasil.

Fonte: ÚNICA, elaboração própria

Por outro lado, a simulação do cenário demonstra que houve efeitos nocivos sobre o setor de etanol, desequilibrando sua competitividade em relação à gasolina. O efeito estimado de tal choque de política sobre a produção do biocombustível é uma redução de 7% durante o período analisado, em relação ao cenário BAU. Essa queda é maior que a queda de produção resultante em todos os demais cenários simulados, demonstrando que o efeito de se controlar

artificialmente o preço do combustível pode ser mais danoso ao setor de etanol que o desenvolvimento do pré-sal. Não obstante, na ausência de novos controles de preços no futuro, o efeito negativo dessa política é eliminado até 2020, de acordo com o modelo, levando a produção de etanol ao mesmo patamar que seria observado no cenário BAU.

Considerações Finais

O presente estudo teve como objetivo investigar os impactos macroeconômicos associados ao desenvolvimento da exploração do pré-sal, considerando a revisão das metas contidas no Plano de Negócios e Gestão 2015-2019 da Petrobras (2015), e com atenção às consequências sobre o setor de etanol. Além disso, buscou-se avaliar, os impactos da política de controle de preços domésticos da gasolina que vigorou entre 2011 e 2014. Utilizou-se para tal o modelo de equilíbrio geral computável dinâmico EPPA. A introdução do pré-sal no modelo se deu através da incorporação de um novo setor na economia brasileira, atuando de maneira endógena, com características próprias, como seu custo mais elevado de exploração em relação ao petróleo convencional. Foram simulados diversos cenários de custo dessa tecnologia em relação à produção de petróleo convencional.

Os resultados obtidos mostram que a exploração do pré-sal é antecipada na medida em que se reduz-se o mark-up em relação ao petróleo convencional, porém os principais impactos macroeconômicos e setoriais são, em sua maioria, similares entre os diferentes cenários, a não ser pelo deslocamento intertemporal e de magnitudes marginalmente alteradas. O desenvolvimento e exploração prematura das reservas do pré-sal trazem mais custos que benefícios à economia brasileira no longo prazo, mesmo considerando um gradual aperfeiçoamento dos níveis atuais de tecnologia e conhecimento para o desenvolvimento do setor. Os incentivos necessários para atingir as atuais metas de produção da Petrobras prejudicam a economia ao forçar o direcionamento de recursos para um setor menos produtivo, atraindo artificialmente fatores primários e insumos produtivos de outros setores da economia, distorcendo a alocação eficiente de recursos. Isso resultaria em um crescimento do PIB até 4p.p. menor do que ocorreria num cenário desconsiderando as descobertas do pré-sal. Caso o desenvolvimento do pré-sal ocorra sem a introdução de incentivos ele se tornará competitivo entre 2025 e 2035, bem depois do período desejado pelo governo.

Conclui-se também que a exploração do pré-sal de maneira prematura reduz a produção doméstica de etanol em cerca de 6% até 2035. Caso o desenvolvimento do pré-sal ocorra sem a introdução de incentivos específicos, o setor de etanol é levemente prejudicado nas primeiras décadas de exploração e beneficiado na medida em que ocorre a exaustão gradual das reservas no horizonte pós 2050, em relação ao cenário desconsiderando o desenvolvimento do pré-sal. Assim, conclui-se que a produção de petróleo das reservas do pré-sal não impede o desenvolvimento do setor de etanol e que as duas fontes energéticas podem coexistir caso deixadas às forças de mercado na determinação de suas viabilidades. Entretanto, o anúncio das descobertas do pré-sal no final de 2007, num momento em que o setor de etanol ganhava tração e destaque internacional, fez com que o foco da política energética nacional subitamente mudasse em direção ao desenvolvimento prematuro do pré-sal. A campanha pelo biocombustível limpo e renovável, com menor emissão de carbono em relação aos combustíveis fósseis, de tecnologia nacional, com vantagens comparativas para ser exportado para o mundo e sintonizado com o movimento global de incentivo às fontes renováveis de energia, foi perdendo fôlego, cedendo espaço para os investimentos nas reservas do pré-sal.

Não obstante, a política de controle do preço doméstico da gasolina, para fins de atenuação de pressões inflacionárias se mostrou equivocada para ambos os setores. Por um

lado, atuou nocivamente sobre o etanol, resultando em retração da produção e consumo em um momento delicado para o setor. Por outro lado, prejudicou o desenvolvimento do pré-sal, uma vez que comprometeu a saúde financeira da Petrobras, na época a maior empresa brasileira. Nota-se também que a política de controle de preços é mais prejudicial ao etanol que a exploração das reservas do pré-sal.

A partir deste estudo, percebe-se que há espaço na literatura para aprimoramento das informações sobre custos e detalhamento tecnológico em estudos sobre a produção de petróleo do pré-sal. Ainda, métodos alternativos, como a modelagem dinâmica de otimização intertemporal seriam desejáveis para investigar o tema. Por fim, os efeitos do desenvolvimento precoce do pré-sal e de possíveis incentivos à produção de etanol sobre a evolução da matriz energética brasileira são assuntos relevantes de serem investigados em futuros estudos.

Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo e do Gás Natural 2007. Rio de Janeiro, 2007.
- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2015. Rio de Janeiro, 2015.
- AJANOVIC, A.; & HAAS, R. On the future prospects and limits of biofuels in Brazil, the US and EU. Applied Energy, pp. Volume 135 730–737, 2014.
- ALMEIDA, E.; OLIVERIA, P.; LOSEKANN, L. Impactos da contenção dos preços de combustíveis no Brasil e opções de mecanismos de precificação. Revista de Economia Política, pp. v. 35, n. 3, p. 531-556, 2015.
- CANELAS, A. L. Evolução da importância econômica da indústria de petróleo e gás natural no Brasil: contribuição a variáveis macroeconômicas, 2007.
- CHOUMERT, F.; PALTSEV, S.; REILLY, J. Improving the refining sector in EPPA. MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change, Technical Note 9 Cambridge. 2006.
- COLOMER, M., & RODRIGUES, N. Impactos macroeconômicos da crise na indústria de petróleo no Brasil. Infopetro. Disponível em: <https://infopetro.wordpress.com/2015/10/26/impactos-macroeconomicos-da-crise-na-industria-de-petroleo-no-brasil/>.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. A contribuição do setor brasileiro de petróleo, gás e biocombustíveis para o desenvolvimento sustentável no país. Brasília: Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis, 2012.
- COSTA, C.; GUILHOTO, J.; MORAES, M. Impactos sociais do aumento de demanda de etanol hidratado versus gasolina c na economia brasileira. IX Encontro Nacional da EcoEco, 2011.
- DIMARANAN, B.; MCDUGALL, R. Global trade, assistance, and production: the GTAP 5 Data Base. West Lafayette: Center for Global Trade Analysis, Purdue University. 2002
- EIA. International Energy Outlook. Washington, 2014.
- FAO. Box 3.2. The influence of petrol price controls on hydrous ethanol prices. 2014.
- FORBES. The World's Biggest Public Companies. Acesso em 13 de Outubro de 2015. disponível em [forbes.com: http://www.forbes.com/global2000/list/#industry:Oil%20%26%20Gas%20Operations](http://www.forbes.com/global2000/list/#industry:Oil%20%26%20Gas%20Operations), 2015
- FORTUNE. Global 500. Disponível em Fortune: <http://fortune.com/global500/petrobras-28/>. Acesso em 06 de Outubro de 2015.

- GAIER, R. V. Reservas provadas de petróleo do Brasil devem dobrar até 2022, diz ANP. Disponível em Reuters Brasil: <http://br.reuters.com/article/domesticNews/idBRKBN0DU1VY20140514>. Acesso em 06 de Outubro de 2015.
- GURGEL, A. Modelagem dinâmica de equilíbrio geral para o estudo de políticas climáticas. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, 2011.
- GURGEL, A.; REILLY, J.; PALTSEV, S. Potential Land Use Implications of a Global Biofuels Industry. Journal of Agricultural & Food Industrial Organization, Volume 5 Article 9, 2007
- HADDAD, E.; GIUBERTI, A. Economic impacts of pre-salt on a regional economy: the case of Espírito Santo, Brasil. Nereus, 2011.
- HERTEL, T. Global trade analysis: modeling and applications. Cambridge: Cambridge University Press. 1997.
- HIRA, A.; OLIVEIRA, L. No substitute for oil? How Brazil developed its ethanol industry. Energy Policy, pp. Volume 37, 2009.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. (1997). Renewable energy policy in IEA countries. Paris: OECD/IEA. 1997.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. World Energy Outlook. Paris: OECD/IEA. 2004.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Energy balances of non-OECD countries. Paris: OECD/IEA, 2005.
- JACOBY, H.; O'SULLIVAN, F.; PALTSEV, S. The influence of shale gas on U.S. Energy and Environmental Policy. MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change, p. Report No. 207, 2011.
- JONKER, J.; et al. Outlook for ethanol production costs in Brazil up to 2030, for different biomass crops and industrial technologies. Applied Energy, pp. Volume 147, 593–610, 2015.
- LACERDA, M. Modelagem econômica e soluções computacionais aplicadas à montagem de cenários para a produção de petróleo. Revista do BNDES, nº32, 2009.
- LEITE, R.; CORTEZ, L. O etanol combustível no Brasil. Biocombustíveis no Brasil: realidades e perspectivas, pp. 61-75, 2008.
- MAGALHÃES, A.; DOMINGUES, E. Benção ou maldição: impactos do pré-sal na indústria brasileira, 2012.
- MELILLO, J.; et al. Indirect emissions from biofuels: How important? Science, 326:1397–1399, 2009.
- MINISTÉRIO DA FAZENDA. Impactos da redução dos investimentos do setor de óleo e gás no PIB. Brasília: Secretaria de Política Econômica.
- MORAES, M. J. Impactos do pré-sal na economia brasileira. 2013. 122 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2013.
- NUNES, F.; PITA, A. O pré-sal é viável, mesmo com a queda no preço do petróleo. Disponível em O Estado de São Paulo: economia.estadao.com.br/noticias/geral,o-pre-sal-e-viavel-mesmo-com-a-queda-no-preco-do-petroleo,10000000649. Acesso em 12 de Novembro de 2015.
- O ESTADO DE SÃO PAULO. O tamanho da crise do etanol. Disponível em Estadão: <http://opiniao.estadao.com.br/noticias/geral,o-tamanho-da-crise-do-etanol-imp-,1582369>. Acesso em 06 de Outubro de 2015.
- OPEC. Monthly oil market report. Austria: Organization of the Petroleum Exporting Countries (Opec), 2015.

- PACCA, S.; MOREIRA, J.; PARENTE, V. The future of oil and bioethanol in Brazil. *Energy Policy*, pp. Volume 65, 7-15, 2014.
- PADUAN, R. (27 de Junho de 2012). Pré-sal, o maior desafio do Brasil. Disponível em Exame.com: <http://exame.abril.com.br/revista-exame/edicoes/1019/noticias/pre-sal-o-maior-desafio-do-brasil>. Acesso em 06 de Outubro de 2015.
- PALTSEV, S.; et al. The MIT emissions prediction and policy analysis (EPPA) Model: version 4. Cambridge: MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change. 2005.
- PETROBRAS. Participação do setor de petróleo e gás chega a 13% do PIB brasileiro. Disponível em Petrobras: <http://www.petrobras.com/pt/magazine/post/participacao-do-setor-de-petroleo-e-gas-chega-a-13-do-pib-brasileiro.htm>. Acesso em 06 de Outubro de 2015.
- PETROBRAS. Plano de Negócios e Gestão 2015 - 2019. Rio de Janeiro, 2015.
- PIERMARTINI, R.; THE, R. Demystifying modeling methods for trade policy. *WTO Discussion Papers*, Nº10, 2005.
- PIRES, A., & SCHECHTMAN, R. A ameaça do pré-sal aos biocombustíveis. Disponível em Unica: <http://www.unica.com.br/convidados/1047269292039673243/a-ameaca-do-pre-sal-aos-biocombustiveis/>. Acesso em 11 de Outubro de 2015.
- RAMALHO, A. Pré-sal é viável com barril acima dos US\$ 55. Disponível em Valor Econômico: <http://www.valor.com.br/empresas/4279086/pre-sal-e-viavel-com-barril-acima-dos-us-55>, Acesso em 12 de Novembro de 2015.
- SADOULET, E.; DE JANVRY, A. Quantitative development policy analysis. Baltimore: The Johns Hopkins University, 1995.
- SEFAZ-RJ. Pré-sal: de quanto estamos falando? Rio de Janeiro, 2010.
- SERIGATI, F. Petrobras : a vilã poderia ser a solução. *Agroenergia*, pp. 25-28, 2014.
- SINDIPEÇAS. Relatório da frota circulante de 2015. São Paulo, 2015.