

Impactos econômicos da nova realidade da exploração do pré-sal. Existe uma ameaça ao etanol?

Rafael Campos Bistafa¹, Angelo Costa Gurgel² e Sergey Paltsev³

Resumo - Em 2007 foi anunciada a descoberta de grandes reservas de petróleo na camada pré-sal no Brasil. Com isso, a perspectiva promissora para a indústria brasileira de etanol começou a dar lugar ao desenvolvimento do pré-sal com um ambicioso programa de investimentos. Além disso, entre 2011-2014 foi adotada uma nova política de controle de preços domésticos da gasolina e diesel, que reduziu gradualmente a competitividade do etanol. Considerando a importância dos setores de petróleo e etanol para a economia brasileira, este estudo tem como objetivo avaliar os impactos econômicos de longo prazo da exploração do pré-sal, com especial atenção para as consequências sobre o setor de etanol. É realizada uma avaliação dos impactos da política de controle do preço da gasolina sobre o setor de etanol. Um modelo adaptado de equilíbrio geral dinâmico recursivo é empregado no qual o setor do petróleo do pré-sal é adicionado como uma tecnologia *backstop*. Os resultados sugerem que o estímulo precoce da produção do pré-sal traz mais custos do que benefícios para a economia brasileira. Sem interferência do governo, a produção de petróleo do pré-sal torna-se competitiva somente após 2025-2035. Com relação ao impacto sobre a indústria do etanol, verificou-se que a exploração do pré-sal não enfraquece a produção brasileira de etanol. No entanto, a política de controle de preço da gasolina teve um impacto negativo sobre o setor de etanol.

Palavras-chave: Pré-sal. Petróleo. Etanol. Controle do preço da gasolina. Equilíbrio geral computável.

Abstract - In 2007 the discovery of large reserves of oil in the Brazilian pre-salt layer 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 2011-2014 a new pricing policy for gasoline and diesel was adopted, gradually reducing ethanol competitiveness. 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 gasoline price control policy impacts on the ethanol sector is realized. 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 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, it was found that the pre-salt development does not impair the Brazilian ethanol production. Nonetheless, the gasoline price control policy had a negative impact on ethanol sector.

Keywords: Pre-salt. Oil. Ethanol. Gasoline price control. Computable general equilibrium.

Classificação no JEL: Q4, O13, C68

Classificação ANPEC: Área 11 – Economia Agrícola e do Meio Ambiente

¹ Escola de Economia de São Paulo – Fundação Getulio Vargas (EESP/FGV), rafaelbistafa@gmail.com

² Escola de Economia de São Paulo – Fundação Getulio Vargas (EESP/FGV), angelo.gurgel@fgv.br

³ MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change, paltsev@mit.edu

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 deu destaque à experiência brasileira. Com redução dos custos de produção, ganhos de produtividade e o aumento do preço internacional do petróleo ao longo da década de 2000, o etanol tornou-se altamente competitivo em relação à gasolina (Leite & Cortez, 2008). O Gráfico 1 aponta que desde 2004 houve um crescente aumento das vendas de etanol no mercado brasileiro, atingindo seu pico em 2009, quando ultrapassaram as vendas de gasolina. 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. 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 ultraprofundas, com extensão de 800 quilômetros, do Espírito Santo até Santa Catarina.

A descoberta gerou grande repercussão nos mais diversos setores da sociedade brasileira. O então presidente Luiz Inácio Lula da Silva afirmava que o Brasil havia ganhado um “bilhete premiado” e que o pré-sal é o “passaporte para o futuro” ao mencionar as gigantes reservas (Goy, 2008). Em 1º de maio de 2009, dia do trabalhador, o então presidente declarava a “autossuficiência do petróleo” e a conquista da “segunda independência do Brasil” (Biblioteca da Presidência da República, 2009).

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). Com o pré-sal, de acordo com a ANP, 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 a 70 bilhões de barris (Sefaz-RJ, 2010). De acordo com Polito (2014), a Pré-sal Petróleo S.A. afirma potencial de reservas entre 28 a 35 bilhões de barris. Assim, as descobertas do pré-sal se configuraram entre as mais importantes da década. Paduan (2012) afirma que nos últimos cinco anos, de cada três barris de petróleo descobertos no mundo, um foi descoberto no Brasil.

Dessa forma, a energia limpa e renovável do etanol começa a ceder espaço a um ambicioso programa de investimentos para o desenvolvimento do pré-sal. A ANP estimava que os investimentos no pré-sal poderiam exceder US\$ 400 bilhões em materiais, plataformas, embarcações, sondas de perfuração, sistemas, equipamentos e serviços até 2020 (Portal Brasil, 2012). O Plano de Negócios de 2012 da Petrobras previa investimentos de US\$ 236,5 bilhões no quinquênio de 2012 a 2016. O grupo britânico BG, previa investimentos da ordem de US\$ 30 bilhões e a Repsol YPF, a cifra de US\$ 14 bilhões, com o Brasil oferecendo as maiores oportunidades globais para a indústria de petróleo *offshore* (Ernst & Young Terco, 2011).

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 recursos para a materialização da exploração do pré-sal. No final de 2010 o Congresso Nacional conclui a alteração da legislação no setor de petróleo, que estabeleceu a Petrobras como operadora obrigatória, com participação mínima de 30% nos projetos. Revigora-se a política desenvolvimentista e intervencionista de conteúdo local, com o intuito de ampliar a participação da indústria nacional na cadeia de fornecimento de bens e serviços do petróleo, através de regras de conteúdo local. 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 e reduzir pressões inflacionárias. Nota-se no Gráfico 2 que de 2011 até o final de 2014 o preço de referência internacional da gasolina sempre esteve acima do preço praticado domesticamente.

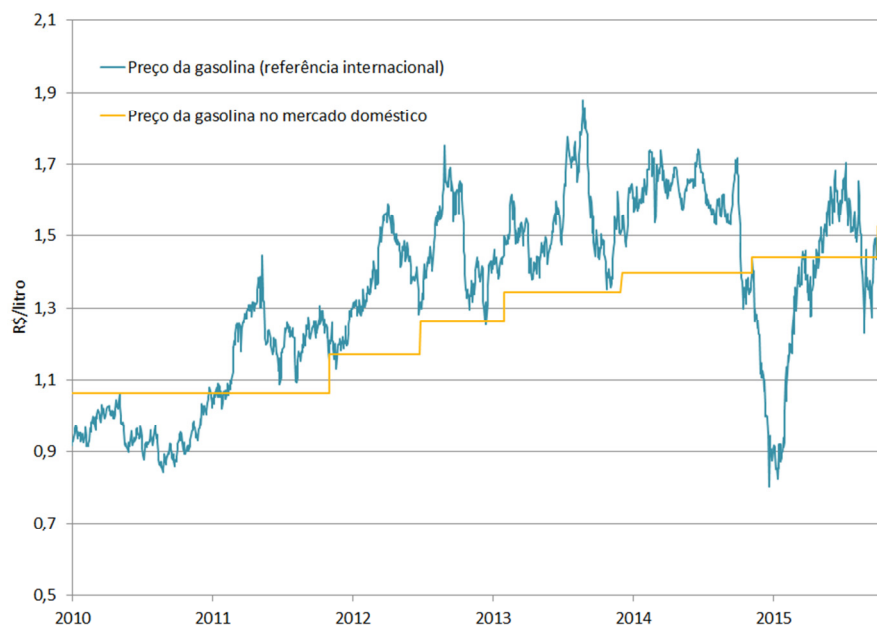


Gráfico 2 - Defasagem entre o preço doméstico e internacional da gasolina

Fonte: Bloomberg, ANP. Elaboração própria

Um importante efeito colateral da política de controle de preço da gasolina foi a gradual perda de competitividade do etanol frente à gasolina e crescente fragilidade financeira de ambos os setores. Nota-se no Gráfico 1 que a partir de 2010 a venda doméstica de etanol entra em declínio, enquanto as vendas de gasolina disparam. Isso, aliado ao elevado endividamento dos produtores, levou a produção brasileira de etanol a sofrer uma das mais agudas crises das últimas décadas. 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. 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. Assim, a intervenção do Governo na política de precificação dos derivados de petróleo gerou graves consequências tanto para o setor de etanol, quanto para o de petróleo.

Segundo classificação da Forbes (2015) de maiores empresas do mundo em valor de mercado, em 2012, a Petrobras ocupava o 10º lugar e sucumbiu para se tornar a 416ª em 2014. 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).

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 à previsão de US\$ 220,6 bilhões no período 2014-2018. 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 foi reduzida de 4,2 milhões para 2,8 milhões de barris equivalentes por dia (bpd).

Em face desses desafios que atravessa o setor de petróleo, quais são os possíveis impactos do desenvolvimento do pré-sal sobre a economia brasileira? 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? 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.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Canelas (2007) descreve a crescente importância da indústria brasileira 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 (MEGC). 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 o problema conhecido na literatura como “doença holandesa”.

Já o estudo de Magalhães & Domingues (2012) se concentra na economia brasileira como um todo. Os autores simularam choques de 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 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 encontram sintomas de doença holandesa.

Os choques simulados por Magalhães & Domingues (2012), no estoque total de recursos e por Haddad & Giuberti (2011), via aumento de produtividade não consideram que o petróleo do pré-sal difere do convencional ao possuir maiores custos de extração e requer tecnologias adicionais para explorá-lo. Para contornar essa simplificação, Moraes (2013) introduz em um MEGC dinâmico um setor de petróleo não convencional, com características tecnológicas específicas. Ao simular um cenário com a introdução de subsídios à produção do pré-sal, assegurando a materialização da produção projetada pela Petrobras, Moraes (2013) encontra resultados de uma alocação ineficiente dos recursos, principalmente capital, resultando em redução do PIB em relação ao cenário base, também com sintomas de doença holandesa.

A viabilidade econômica da exploração do pré-sal é rodeada por incertezas. Seus custos de extração são considerados informação estratégica e sigilosa. A Petrobras não identifica risco de inviabilidade na exploração do bloco de Libra, em função da recente queda do preço do petróleo, apesar da empresa ter estabelecido valores acima dos US\$ 45 como marca de viabilidade do pré-sal (Nunes & Pita, 2015).

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 possuem um *break-even* com o preço do petróleo acima de US\$ 55 por barril, acima dos US\$ 45 por barril divulgado previamente pela Petrobras (Opec, 2015). 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, é importante considerar diferentes hipóteses acerca do custo de extração do petróleo do pré-sal em estudos quantitativos.

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), que sugerem que os custos de cultivo de cana-de-açúcar podem ser reduzidos em até 37% de 2010 até 2030. Perspectivas promissoras para o 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. 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. Nos EUA, a competitividade do etanol se deve a políticas agrícolas favoráveis.

Os impactos do aumento de demanda de etanol versus gasolina na economia brasileira foram investigados por Costa, Guilhoto, & Moraes (2011), que apontam o potencial de geração de empregos e renda num cenário de substituição de gasolina por etanol. 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 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. Consideram alvissareira a descoberta do pré-sal, mas que poderia levar a um retrocesso na matriz energética nacional. Visão compartilhada por Serigati (2014), que afirma que, com a descoberta do petróleo do pré-sal, o biocombustível deixou de ser prioridade, além de enfrentar queda de competitividade devido a outros fatores, como elevada alavancagem e quebras de safra.

Já Pacca, Moreira & Parente (2014) buscam avaliar o potencial de bioenergia vis a vis ao potencial das reservas do pré-sal para atender a demanda brasileira por energia até 2070. Concluem que a taxa de retorno dos investimentos (ROI) em etanol é maior que 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) 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 a preços em média 60% acima do observado, o que representa severa perda de competitividade e rentabilidade da indústria de etanol.

Nota-se, portanto, a necessidade de maiores 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 escolha da melhor combinação de fontes energéticas custo-efetivas.

3. METODOLOGIA

Os modelos de equilíbrio geral computável (MCGE) 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 utilização desses modelos permite inferir direções e magnitudes relativas de choques exógenos, bem como comparar cenários alternativos.

Parte-se no presente estudo do modelo *Emissions Prediction and Policy Analysis* (EPPA) Model, desenvolvido pelo MIT *Joint Program on the Science and Policy of Global Change*. O Modelo EPPA é um MCGE dinâmico recursivo, multi-regional e multi-setorial com um horizonte de simulação de longo prazo. Vem sendo desenvolvido

para o estudo de políticas climáticas e energéticas e sua caracterização é descrita por Paltsev, et al. (2005) e Gurgel (2011). São consideradas 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 provenientes do *Global Trade Analysis Project* (GTAP) (Hertel, 1997) e (Dimaranan & McDougall, 2002). 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).

O modelo EPPA foi 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.

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

Regions	Sectors	Factors
United States (USA)	Non-Energy	Energy⁴
Canada (CAN)	Agriculture - Crops (CROP)	Capital
Mexico (MEX)	Agriculture - Livestock (LIVE)	Labor
		Conventional Crude Oil (OIL)
Japan (JPN)	Agriculture – Forestry (FORS)	Refined Oil (ROIL)
European Union (EUR)	Food (FOOD)	Shale Oil
Australia and New Zealand (ANZ)	Services (SERV)	Natural Gas (GAS)
		Coal
Russia (RUS)	Chemicals, Rubber, Plastics and Paper (CRPP)	Elec.: Fossil
		Natural Gas
Eastern Europe (ROE)	Iron and Steel Industry (IRON)	Elec.: Hydro
China (CHN)	Energy Intensive (EINT)	Hydro
India (IND)	Other Industry (OTHR)	Elec.: Nuclear
Brazil (BRA)	Transportation (TRAN)	Elec.: Wind
East Asian (ASI)		Elec.: Solar
Middle East (MÊS)		Elec.: Biomass
Africa (AFR)		Elec.: NGCC
Latin America (LAM)		Land – Crops
Rest of Asia (REA)		Land – Livestock
		Land - Forestry
		Elec.: NGCC– CCS
		Natural Forests
		Elec.: IGCC– CCS
		Natural Pastures
		Synthetic Gas
		Biofuels - 2nd gen.
		Shale Oil
		Biofuels – 1st gen.

Fonte: Gurgel (2011). Elaboração própria

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. O comportamento da firma representativa tem como objetivo maximizar lucro sujeita à restrição tecnológica, escolhendo em cada região e em cada setor, um nível de produto,

⁴ NGCC: Natural Gas Combined Cycle; CCS: Carbon Capture and Sequestration and IGCC: Integrated Gas Combined Cycle with Carbon Capture and Sequestration

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.

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.

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.

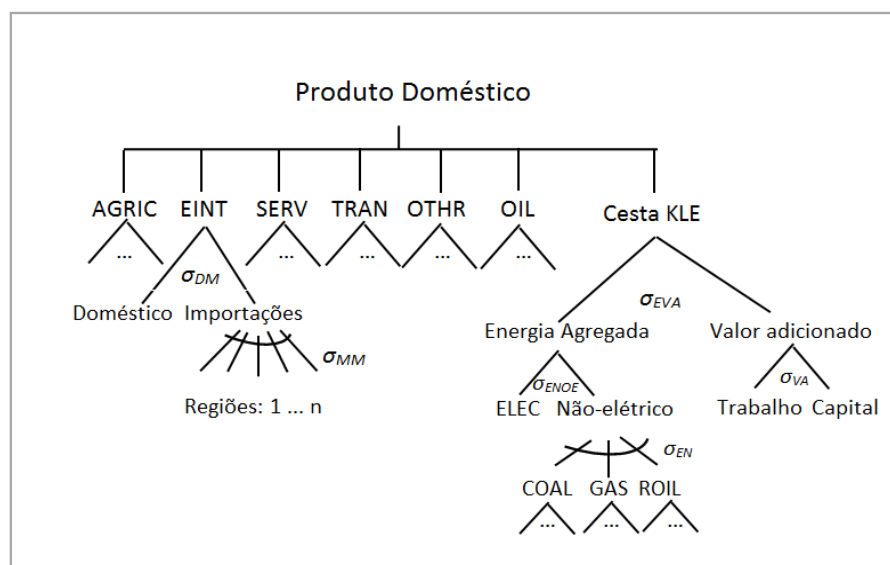


Figura 1 - Estrutura aninhada do setor de petróleo refinado.

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

Na caracterização do comércio internacional no EPPA, o petróleo bruto é tratado como um produto homogêneo, em que todos os países e regiões se deparam com um único preço no mercado mundial. Carvão, gás e petróleo refinado são considerados bens Armington, devido à diferenciação de produtos e qualidade. Todos os bens produzidos são comercializados nos mercados mundiais.

O Consumo no modelo é representado por uma estrutura CES aninhada para descrever as preferências do consumidor representativo. A elasticidade entre insumos não energéticos para o consumo varia ao longo do tempo e de acordo com a região, sendo uma função do crescimento da renda per capita. A participação do consumo em

cada período também é atualizada em função do crescimento da renda por capita entre os períodos. A decisão consumo-investimento no modelo é endógena, já que a poupança entra diretamente na função utilidade, gerando uma demanda por poupança.

O bem-estar é mensurado em termos de variação equivalente *Hicksiana*, que mede a mudança na renda do consumidor necessária para que este alcance, após uma mudança em preços relativos, o nível de utilidade inicial, em cada período do modelo.

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, a 5ª versão do modelo foi adaptada 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. Essa adaptação do modelo foi baseada, com as devidas adaptações para o caso brasileiro, no trabalho de Choumert, Paltsev, & Reilly (2006), que introduziu novas tecnologias de extração de petróleo de reservas não convencionais (areia betuminosa no Canadá e petróleo extra-pesado na Venezuela). Foi adicionado um setor de produção específico que produz petróleo bruto a partir da reserva de combustível fóssil extraída do pré-sal, conforme Figura 2, tornando o produto um substituto perfeito para o petróleo bruto extraído das reservas convencionais.

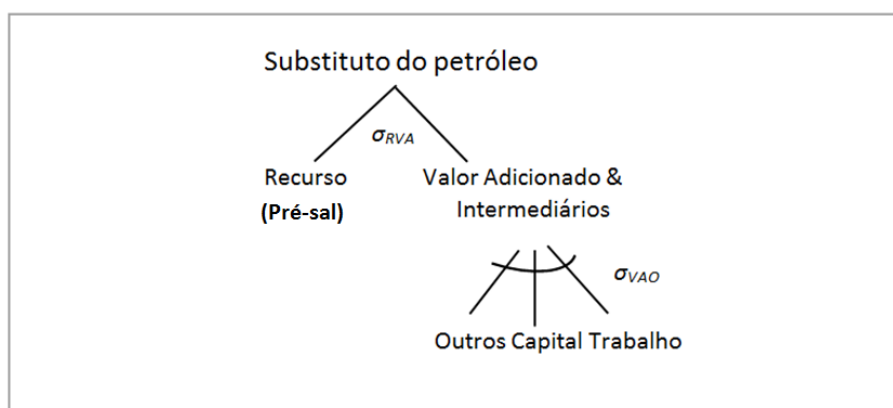


Figura 2 - Setor de produção do pré-sal.

Fonte: Adaptação do setor de produção de petróleo de areia betuminosa de Choumert, Paltsev & Reilly (2006)

As elasticidades de substituição utilizadas para esse setor são as mesmas consideradas no setor de produção de areia betuminosa ($\sigma_{RVA} = 0,5$ e $\sigma_{VAO} = 0,2$) (Choumert, Paltsev & Reilly, 2006). Uma análise de sensibilidade dessas elasticidades 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-sal⁵. O modelo também considera a reserva tecnicamente recuperável estimada no pré-sal⁶.

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*⁷, um avanço em relação às simulações realizadas por Moraes (2013). 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. As diferenças entre os cenários simulados e BAU representam o efeito do pré-sal sobre a economia.

Para reproduzir o cenário de produção de petróleo do pré-sal de acordo com o Plano de Negócios e Gestão 2015-2019 da Petrobras (2015) faz-se necessária a introdução de um incentivo (na forma de 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.

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. A introdução de um subsídio ao invés de um controle direto sobre o preço da gasolina domesticamente foi considerada mais adequada, uma vez que o controle de uma variável endógena, como o preço da gasolina no mercado doméstico no modelo, não permite capturar o subsídio implícito associado a essa política de controle preço. 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;**

⁵ O trabalho de Moraes (2013) realizou uma análise de sensibilidade deste parâmetro e não encontrou alterações relevantes nos principais resultados.

⁶ Foi considerada uma reserva de petróleo de 70 bilhões de barris tecnicamente recuperáveis (Lacerda, 2009) convertidas para exajoules (EJ), unidade de energia utilizada pelo EPPA.

⁷ O modelo considera uma redução do *mark-up* de 5% a cada interação do modelo a partir de 2015, ou seja, uma curva de aprendizagem que reduz os custos em aproximadamente 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 cenários simulados é apresentada na Figura 3. A produção de petróleo no cenário BAU é bastante próxima à produção efetiva observada nos anos recentes. 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 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, aproximadamente metade da produção da Arábia Saudita em 2014.

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, 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 não alcança o nível esperado de produção do último Plano de Negócios. 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 os cenários *mark-up* nos cenários *mkp 50%* e *mkp 75%* são os que melhor representam a realidade de custos da extração do pré-sal. Uma evidência importante é que 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%*. 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 de outros setores produtivos para o setor do pré-sal.

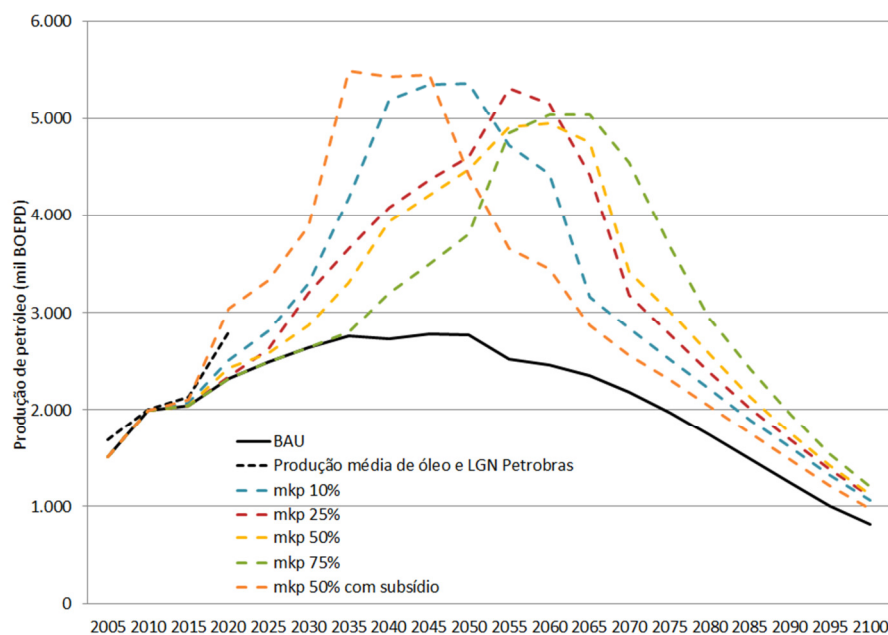


Figura 3 – Produção de petróleo doméstica nos cenários simulados.

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. Os impactos negativos significam 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 em relação ao cenário 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, resultado do aumento da disponibilidade de recursos energéticos não-renováveis em um momento em que o petróleo torna-se mais escasso no mundo. 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, porém declina gradualmente posteriormente. Na medida em que o setor de petróleo cresce, atrai 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 da produção de petróleo, tornando assim a redução da competitividade dos demais setores gradual e não imediata. O efeito líquido sobre o PIB torna-se negativo ao longo do tempo. 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 voltam a ser realocados, aos poucos, para os demais setores, recuperando gradualmente suas competitividades e retornando ao patamar de atividade próximo ao observado no cenário BAU.

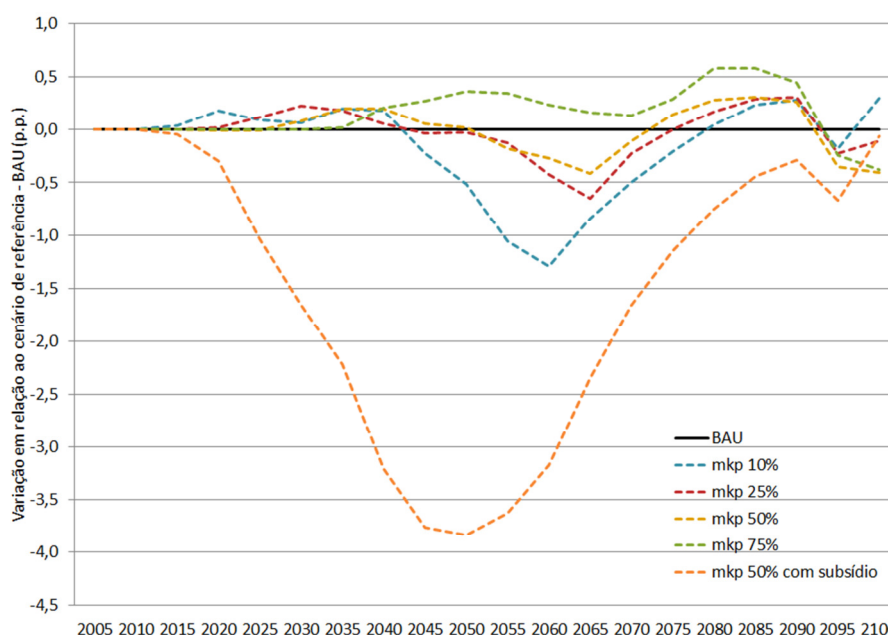


Figura 4 - Impactos sobre o PIB dos cenários simulados em relação ao cenário BAU.

Fonte: Elaboração própria

O impacto da exploração do pré-sal sobre o preço internacional do petróleo é apresentado na Figura 5. Os resultados do modelo indicam uma redução máxima de 2% no preço internacional do petróleo durante o período de pico de produção do pré-sal, o que sugere que impacto irrelevante sobre o preço internacional dessa *commodity*, em relação ao cenário de referência. Esse resultado difere do encontrado em Magalhães & Domingues (2012), em que a exploração do pré-sal pode reduzir o preço internacional do petróleo em até 10%. Os autores aplicam um choque de incremento na quantidade deste recurso natural, enquanto no presente trabalho consideram-se os custos explícitos de extração do pré-sal, superiores aos da extração do petróleo convencional, não havendo assim um incremento abrupto da oferta. 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).

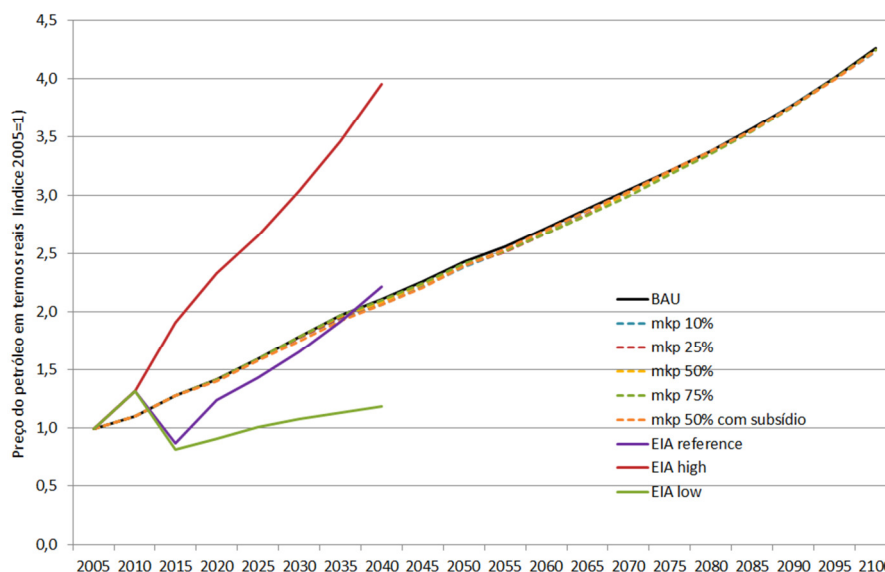


Figura 5 – Preço do petróleo (em termos reais) projetado nos cenários simulados e pela EIA.

Fonte: EIA (2014) e elaboração própria

Em suma, 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 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 uma redução ao redor de 6 p.p, porém de magnitude modesta, em relação ao cenário BAU. 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.

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.

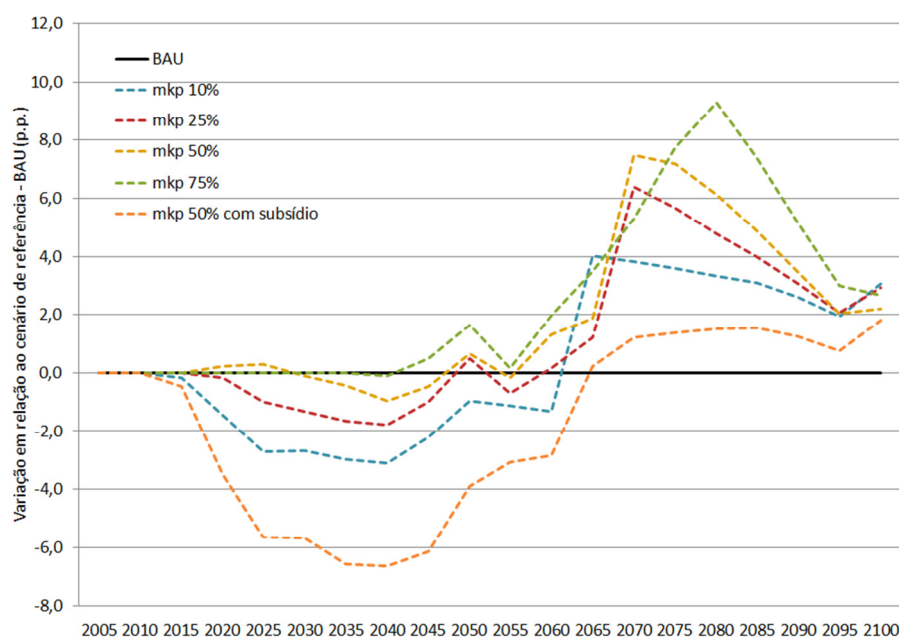


Figura 6 – Impactos sobre o setor de etanol em relação ao cenário BAU.

Fonte: Elaboração própria

Nota-se também que a exploração do pré-sal afeta marginalmente o setor de etanol, inicialmente de forma negativa até a metade do século e, posteriormente, de forma positiva. A Figura 7 destaca a participação dos gastos com etanol na composição de consumo de combustível para veículos leves (gasolina tipo C e etanol) no Brasil. A partir de 2050, o etanol já representa mais de 90% da composição de gastos com combustível em todos os cenários simulados. É importante ressaltar que, na construção do modelo, assume-se que os veículos *flex-fuel* continuam aumentando sua participação na frota de veículos leves ao longo do tempo até se tornarem 99% da frota após 2050. Esses resultados indicam que as duas fontes de energia, pré-sal e etanol, possuem espaço na matriz energética brasileira e conseguem prosperar simultaneamente caso não ocorram políticas específicas que beneficiem ou prejudiquem uma determinada fonte em detrimento de outra. É importante ressaltar que o fato de parcela relevante do petróleo extraído do pré-sal ser exportado, faz com que este não concorra diretamente com o etanol domesticamente, limitando o efeito da exploração do pré-sal sobre o setor de etanol.

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.

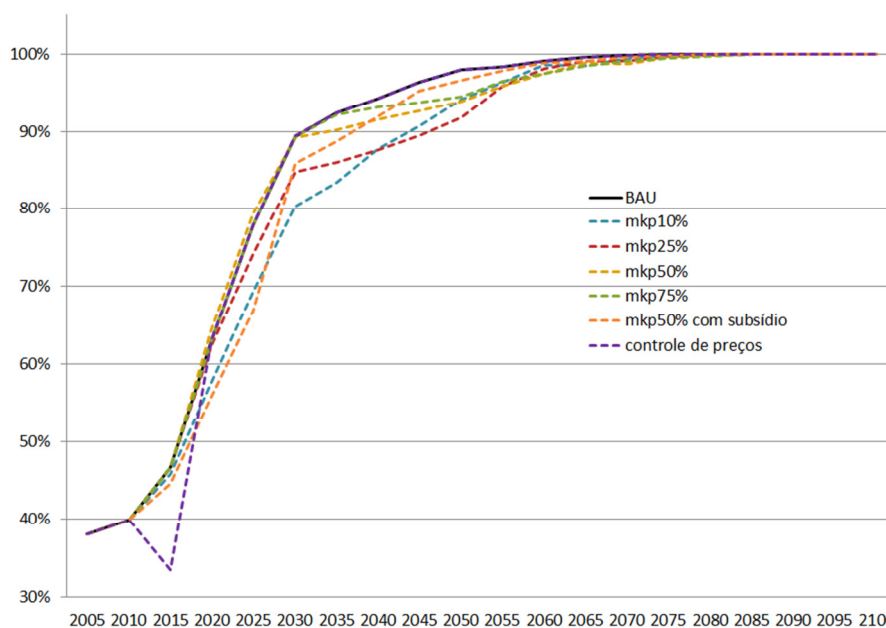


Figura 7 – Participação dos gastos (US\$ de 2004) com etanol nos combustíveis para veículos leves (gasolina tipo C e etanol hidratado) no Brasil.

Fonte: Elaboração própria

O cenário 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 dá um indício desse impacto, ao ser o único cenário em que a participação dos gastos com etanol é reduzida em relação à gasolina. A Figura 8 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 (cenário *controle de preços*). Se o incentivo ao consumo de gasolina por um lado prejudicou a saúde financeira da Petrobras, conforme descrito por Almeida, Oliveria, & Losekann (2015), por outro lado trouxe efeitos nocivos sobre o setor de etanol, desequilibrando sua competitividade em relação à gasolina. O efeito estimado sobre a produção do biocombustível é uma redução de 7% durante o período analisado, em relação ao cenário BAU. Essa redução é maior que a queda de produção resultante em todos os demais cenários simulados, inclusive o cenário com a introdução de subsídios ao pré-sal, demonstrando que o efeito do controle artificial do preço do combustível pode ser mais danoso ao setor de etanol que o desenvolvimento do pré-sal. A tendência dos resultados está em linha com a produção de etanol observada até 2015, mas de magnitude menor que a redução de 15% observada neste período, segundo dados da União da Indústria de Cana-de-açúcar. Além do controle de preços da gasolina, outros fatores, como quebras de safra e o elevado preço internacional do açúcar, também contribuíram para a redução da produção de etanol. Não obstante, na ausência de novos controles de preços no futuro, o efeito negativo dessa política é eliminado até 2020, levando a produção de etanol ao mesmo patamar que seria observado no cenário BAU.

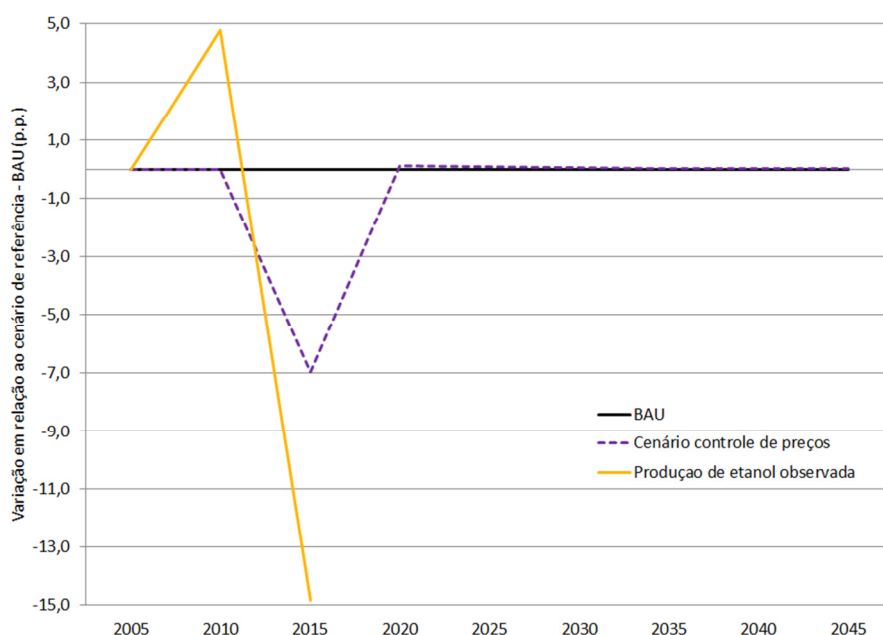


Figura 8 – Impactos do cenário *controle de preços* sobre a produção de etanol em relação ao cenário BAU e produção de etanol observada no Brasil.

Fonte: ÚNICA, elaboração própria

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo investigar os impactos econômicos do 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 também sobre o setor de etanol. Ainda, buscou-se avaliar os impactos da política de controle de preços domésticos da gasolina que vigorou entre 2011 e 2014. Utilizou-se o modelo de equilíbrio geral computável dinâmico EPPA. A introdução do pré-sal no modelo se deu através da incorporação de um novo setor, com custos de exploração mais elevados em relação ao petróleo convencional. Foram considerados diversos cenários de *mark-up* de custo dessa tecnologia em relação à produção de petróleo convencional.

Os resultados permitem concluir que a exploração prematura das reservas do pré-sal trazem mais custos que benefícios à economia brasileira no longo prazo, mesmo sob um gradual aperfeiçoamento da tecnologia e conhecimento para o desenvolvimento do pré-sal. Os incentivos necessários para atingir as atuais metas de produção da Petrobras prejudicarão a economia ao forçar o direcionamento de recursos para um setor menos competitivo, atraindo artificialmente fatores primários e insumos produtivos de outros setores da economia e distorcendo a alocação eficiente de recursos. Isso resultaria em um crescimento do PIB até 4 p.p. menor do que ocorreria num cenário sem o pré-sal. Caso o desenvolvimento do pré-sal ocorra sem a introdução de incentivos, ele se tornará competitivo entre 2025 e 2035 e o pico de produção deve ocorrer entre 2055 e 2065, podendo atingir até 5,5 milhões de barris de petróleo equivalente por dia. A produção brasileira tem baixa influência nos preços internacionais de petróleo, uma vez que apenas substitui a produção em algum outro lugar do planeta, mantendo a oferta de petróleo global equilibrada.

Conclui-se também que a produção de petróleo das reservas do pré-sal não impede o desenvolvimento do 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 expressivas 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
- BIBLIOTECA DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. Disponível em: <http://www.biblioteca.presidencia.gov.br/presidencia/ex-presidentes/luiz-inacio-lula-da-silva/discursos/2o-mandato/2009/01-05-2009-discurso-do-presidente-da-republica-luiz-inacio-lula-da-silva-durante-cerimonia-alusiva-a-extracao-do-primeiro-barril-de-oleo-na-camada-pre-sal>. Acesso em 06 de Outubro de 2015
- CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Os desafios do pré-sal**. Brasília: Câmara dos deputados, Conselho de altos estudos e avaliação tecnológica. Brasil, 2009
- CANELAS, A. L. **Evolução da importância econômica da indústria de petróleo e gás natural no brasil: contribuição a variáveis macroeconômicas**. 2007
- CHAGAS, A. L. **Economia de Baixo Carbono: Avaliação de impactos de restrições e perspectivas tecnológicas**. Núcleo de estudos de economias de baixo carbono. 2012
- 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
- 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.; MCDOUGALL, 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

ERNST & YOUNG TERCO. **Brasil sustentável: perspectivas dos mercados de petróleo, etanol e gás.** Rio de Janeiro: Ernst & Young/FGV, 2011

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>, 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

GOY, L. **Lula diz que pré-sal é "passaporte para o futuro".** Disponível em Estadão: <http://economia.estadao.com.br/noticias/geral,lula-diz-que-pre-sal-e-passaporte-para-o-futuro,237687>. 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

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
- MORAES, M. J. **Impactos do pré-sal na economia brasileira**, 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 2012-2016**. Rio de Janeiro, 2012
- 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
- POLITO, R. **Pré-sal tem potencial de reservas de 28 a 35 bilhões de barris**. Disponível em Valor Econômico: <http://www.valor.com.br/empresas/3627332/pre-sal-tem-potencial-de-reservas-de-28-35-bilhoes-de-barris>. Acesso em 06 de Outubro de 2015
- PORTAL BRASIL. **Pré-sal demandará US\$ 400 bilhões até 2020, segundo ANP**. Disponível em Portal Brasil: <http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2012/05/pre-sal-demandara-us-400-bilhoes-ate-2020-segundo-anp>. Acesso em 06 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
- 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