



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CURSO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS**

ULISSES FERREIRA DA SILVA FILHO

**IMPACTO DA POLÍTICA CHINESA DE AUMENTO DO USO DE ÁLCOOL
COMBUSTÍVEL NO PREÇO MUNDIAL DE ETANOL.**

RECIFE

2023

ULISSES FERREIRA DA SILVA FILHO

**IMPACTO DA POLÍTICA CHINESA DE AUMENTO DO USO DE ÁLCOOL
COMBUSTÍVEL NO PREÇO MUNDIAL DE ETANOL.**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação,
apresentado à disciplina Monografia, do curso
de Ciências Econômicas da Universidade
Federal de Pernambuco - UFPE, como requisito
para a obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Chaves

RECIFE

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Silva Filho, Ulisses Ferreira da .

Impacto da política chinesa de aumento do uso de álcool combustível no
preço mundial de etanol / Ulisses Ferreira da Silva Filho. - Recife, 2023.

30 : il., tab.

Orientador(a): Ricardo Chaves Lima

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de
Pernambuco, Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Ciências Econômicas -
Bacharelado, 2023.

Inclui referências, anexos.

1. China. 2. Combustíveis Renováveis. 3. Etanol Combustível. 4. Substituição
de combustíveis. I. Lima, Ricardo Chaves. (Orientação). II. Título.

330 CDD (22.ed.)

ULISSES FERREIRA DA SILVA FILHO

**IMPACTO DA POLÍTICA CHINESA DE AUMENTO DO USO DE ÁLCOOL
COMBUSTÍVEL NO PREÇO MUNDIAL DE ETANOL.**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação,
apresentado à disciplina Monografia, do curso
de Ciências Econômicas da Universidade
Federal de Pernambuco - UFPE, como requisito
para a obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Chaves Lima

Recife, 30 de Março de 2023.

BANCA EXAMINADORA

Professor Dr. Ricardo Chaves Lima

Professor Dr. Jocildo Fernandes Bezerra

Dedico à minha muito amada esposa Lucélia, com quem partilho minha vida. Sou feliz e grato pelo seu incondicional apoio, com o qual não teria conseguido chegar até aqui. Obrigado por abrir meus olhos e levantar minha cabeça durante minha caminhada e pela coragem de aguentar e estar sozinha nesses anos de formação abraçada aos nossos lindos filhos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, sempre em primeiro lugar, por ter me permitido escolher dar o paço inicial da caminhada desta graduação e realizar um desejo antigo vivendo com muita paixão o curso de Economia.

A minha família por tanto tempo suportando minha ausência em busca do meu objetivo

Ao meu grande professor e orientador, professor Ricardo Chaves, que além de inspirar, tanto me incentivou e auxiliou durante o curso, além da sua orientação na realização de trabalho.

Aos meus pais por tanto esforço e dedicação com minha formação.

E a todos aqueles que, direta ou indiretamente, estiveram ao meu lado durante minha formação

EPIÍGRAFE

“Em economia, as verdades são incertas. Os acadêmicos devem ser humildes quanto à precisão de suas teorias. Mas nossa humildade resulta do conhecimento, e não da ignorância. Não desejamos aplausos de leigos. Trabalhamos pela única recompensa que vale a pena: nossos próprios aplausos”

Paul Samuelson

RESUMO

A alta dependência do petróleo levou a China a buscar soluções através do uso de biocombustíveis na tentativa de reduzir o risco sobre sua matriz energética, substituindo o petróleo. Este trabalho busca entender o efeito da implementação desta nova política energética sobre o preço mundial do etanol, modelando vetores autorregressivos, utilizando como variáveis endógenas os preços do petróleo, etanol e açúcar, quantidades produzidas do etanol e do petróleo, para analisar os possíveis impactos que a nova demanda causará. Tendo o etanol como a melhor opção de substituição energética, este trabalho utiliza as funções de resposta ao impulso, o teste de causalidade de Granger e a decomposição da variância na análise e verifica a movimentação do preço internacional do etanol combustível refletindo o choque causado pela nova política de combustíveis chinesa.

Palavras-Chave: China; Combustíveis Renováveis; Etanol Combustível; Substituição de combustíveis.

ABSTRACT

The high dependence on oil has led China to seek solutions through the using of biofuels in an attempt to reduce its risk on tis Energy Matrix, replacing oil. This work seeks to understand the effect of this implementation this new Energy policy on the world price of ethanol, modeling autoregressive vectors, using as endogenous variables, the prices of oil, ethanol and sugar, quantity produced of ethanol and oil, to analyze the possible effects that the new demand will cause. Considering ethanol as the best Energy replacement Opinion, this work uses the impulse response functions, the Granger causality test, and the rejection of variance in the analysis and verification of the motorization of the international price of ethanol fuel, reflecting the Shock caused by the new Chinese fuel policy.

Keywords: China; Renewable Fuels; Fuel ethanol; Fuel substitution.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Resultados da Função de Resposta ao Impulso Ortogonal	25
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultado da Decomposição da Variância dos Erros para 4,8 e 12 Defasagens.	24
Tabela 2 - Resultados do Teste de Causalidade de Granger.	26
Tabela 3 - Resultado do Teste de Causalidade Instantânea de Granger.	26

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

BEKK – Baba-Engle-Kraft-Kroner

BP – British Petroleum

CBOT - Chicago Board of Trade

COP21 - Conference of the Parties

EIA - Energy Information Administration

KKPSS - Kwiatkowski–Phillips–Schmidt–Shin

MAPA - Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento do Brasil

MQO - Mínimos Quadrados Ordinários

NYMEX - New York Mercantile Exchange

OPEC – Organization of the Petroleum Exporting Countries

PIB – produto interno bruto

RFA - Renewable Fuels Association

VAR – Vetores Autorregressivos

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	12
REVISÃO DA LITERATURA	15
OS DADOS	20
ESTRATÉGIA EMPÍRICA	21
RESULTADOS	23
CONCLUSÃO	27
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
ANEXO 1 – Resultado do teste de estabilidade realizado no modelo	30

INTRODUÇÃO

As nações que dependem dos combustíveis fósseis, como principal recurso de sua matriz energética, tiveram essa fraqueza exposta pelas crises mundiais do petróleo. Em busca de reduzir essa exposição, nações buscaram e buscam maneiras de se proteger do risco que ser uma nação essencialmente importadora de petróleo pode trazer, GREEN (2005,2006,2010 e 2015, apud JIAO et al., 2017) aponta que as flutuações de preço no mercado mundial de petróleo afetam as nações importadoras de três maneiras, sendo elas: a transferência de riqueza, o efeito negativo no potencial econômico e o custo do ajuste da macroeconomia. Sobre os efeitos imediatos de uma política de substituição de petróleo por outro tipo de fonte energética JIAO et al., (2017) destaca a menor procura por petróleo e maior procura pelo substituto o que leva à uma baixa no preço do petróleo, alta no preço do substituto e uma possível pressão de baixa no preço do substituto causada pela redução do preço do petróleo. SERRA (2011, apud WU et al., 2013) usando um modelo BEKK – Baba-Engle-Kraft-Kroner – modelo este que estima uma variação multivariada do modelo de heterocedasticidade condicional autorregressivo a partir dos resíduos obtidos da estimativa do modelo do vetor de correção de erros – sugeriu que na ocorrência de choques no mercado de petróleo e de açúcar levam ao crescimento na volatilidade do preço de etanol e que essa volatilidade cresce como resposta ao crescimento da volatilidade do preço do açúcar.

A fragilidade da segurança energética na China, evidenciada pela forte participação do petróleo em sua matriz energética, tem sido alvo de constantes preocupações por parte do governo chinês, diante da possibilidade de uma nova crise. A crise econômica mundial e as variações no preço internacional do petróleo, mostraram que a dependência de combustíveis fósseis pode levar o país a um colapso energético em menos de uma década (BP, 2016; QIU et al., 2008; JIAO et al., 2017). Fica evidente que para a econômica Chinesa continuar crescendo e prosperando, a demanda por energia também deverá crescer significativamente e a energia resultante dos combustíveis fósseis continuará dominando o cenário energético, não apenas chinês, mas também mundial. A BP (2016), em seu relatório econômico anual, projetou com base nos dados disponíveis naquele ano, para produção, consumo dos combustíveis e demais fontes de energia que até 2035 a China importará 76% do seu petróleo consumido, o que destaca ainda mais essa fragilidade chinesa diante de sua atual política de segurança energética. Em conjunto com as preocupações acerca da segurança energética, as questões ambientais, alimentares e agrícolas pressionam as soluções apontadas para mitigar o risco desta dependência, principalmente depois de firmado o Acordo de Paris na COP21 - Conference of the Parties em 2015, onde os países participantes, dentre os quais a China, se comprometeram com planos de combate às mudanças climáticas e redução de emissões de gases poluentes causadores do efeito estufa.

Destarte, a implementação da política de diversificação da matriz energética pode tanto resolver a questão relacionada à dependência do petróleo, como também aliviar tensões sobre questões ambientais e sociais. Considerando que os bicomcombustíveis representam uma fonte limpa de energia, a sua utilização em larga escala na China poderia reduzir os impactos negativos causados ao meio ambiente pelas altas emissões de poluentes geradas pela queima do petróleo e seus derivados. QIU et al., (2008) destaca a atenção que o governo chinês deu ao Etanol devido sua relativa neutralidade em relação ao carbono e com isso desenvolveu um programa de produção para o biocombustível que usa o milho como principal matéria-prima, o que leva à preocupação com a China deixar de ser um exportador líquido de milho e passar a importar o produto. Das alternativas apontadas por analistas para mitigar a questão energética da China, o etanol tem sido mostrado como o mais viável, já que substituição de combustível fóssil pelos bicomcombustíveis seria capaz de reduzir o custo econômico da dependência do petróleo na China

em 27,2% (JIAO et al., 2017), baseando-se na introdução de outra fonte de energia na matriz e, em outubro de 2006 a China elaborou seu 11º Plano Quinquenal para o Desenvolvimento do Etanol.

Mesmo com os investimentos realizados, seguindo o plano de desenvolvimento, em capacidade produtiva nos últimos anos, após a implementação desta política, não será possível atingir um nível de produção que atenda à demanda futura do biocombustível, diante de limitações como a disponibilidade de terras adequadas para o cultivo de matéria prima e, da competição com áreas destinadas para a produção de alimentos. ARAUJO (2010), por exemplo, ressalta que embora tenham imposto uma mistura de 10% de etanol na gasolina vendida no país e subsidiado a implantação de unidades fabris para a produção do biocombustível, o que tornou a China o terceiro maior produtor de etanol no mundo, se seu crescimento mantivesse o ritmo de crescimento que ocorria desde o início dos anos 2000, já em 2020 o déficit previsto, diante de sua demanda esperada, seria de aproximadamente mais de sete bilhões de litros. Acontece que em 2007 o governo já se mostrava preocupado com os danos de sua nova política, pois sendo o etanol produzido na China principalmente de milho, mandioca e soja, surgiria uma competição entre os biocombustíveis e os alimentos, terras agricultáveis e água. O autor também destaca que isso abriria espaço para a importação de etanol como única solução. WU et al., (2012) apontou o surgimento de conflitos entre a produção de etanol e a produção de alimentos e terras agricultáveis dada essa limitação de terras para atendê-los, assim como concluiu que os conflitos podem ser administrados pelo governo, mas que é importante não excluir a possibilidade de os limites serem ultrapassados e algum problema ser criado, como por exemplo terras destinadas a pecuária e agricultura serem utilizadas para produção de etanol desequilibrando a economia das famílias que dependia da cultura anterior. Com o crescimento deste tipo de preocupação, QIU et al., (2008) menciona que em setembro de 2007 o governo chinês emitiu uma regulação temporária para a o uso de matéria prima na produção do etanol. Foi regulamentado que não haverá competição com terras destinadas à produção de grão e pecuária de alimentos, nem causará danos ao meio ambiente, complementando essa medida, a China proibiu o uso futuro de grãos como matéria prima do etanol e encorajou o uso de cana-de-açúcar, mandioca, batata doce dentre outras culturas “não grãos” utilizados para fins alimentícios. Nesse mesmo estudo os autores apontam a necessidade de uma criteriosa análise prévia, já que a produção não pode ser incentivada em larga escala sendo as áreas destinadas para cana-de-açúcar e mandioca insuficientes criando a necessidade de importação dessas matérias-primas, além de se fazer necessário maciço investimento do governo, que deverá arcar com a maior parte dos custos de produção.

Assim sendo, a importação poderá ser uma importante fonte de abastecimento de combustível renovável no país, mesmo sendo a China o terceiro maior produtor de etanol combustível do mundo. Atualmente, é mandatório o uso do E10 em nove províncias que representam 1/6 dos veículos do país e sabendo que sua frota ocupa a segunda posição mundial, em números absolutos de veículos, perdendo apenas para os Estados Unidos, o aumento do etanol no *blend* com os combustíveis fósseis deve elevar substancialmente a demanda por etanol no mercado mundial, provocando impacto de alta nos preços.

Assim, o presente estudo tem por objetivo examinar os impactos no mercado internacional de etanol, da política de substituição dos combustíveis fósseis por bicomcombustível, através do programa de energias renováveis chinesa denominado E10, que mistura, por adição na gasolina, uma parcela de 10% de etanol. Na análise do impacto dessa mudança na política energética chinesa, sobre o preço mundial de etanol, será usado um modelo de vetores autorregressivos – VAR com variáveis endógenas de produção de etanol e petróleo e seus preços, assim como o preço do açúcar.

As seguintes etapas deste trabalho estão organizadas da seguinte forma: Inicialmente na seção 1 será tratada a revisão da literatura, descrevendo trabalhos e estudos realizados que ajudaram a relacionar as variáveis selecionadas para o modelo, assim como a justificativa para seu uso, o motivo da mudança que a China está implementando na sua matriz energética e os motivos que justificam a mudança, isso tudo dando embasamento à análise proposta, na seção 2 a discussão vai girar em torno dos dados descrevendo a origem, a forma de coleta e a unidades de medida e valor que foram trabalhadas aqui, na seção 3 a metodologia econométrica que foi utilizada para analisar os dados, e a descrição do modelo utilizado, na seção 4 serão tratados os resultados dos testes do modelo VAR através da decomposição da variância, da função de resposta ao impulso e os teste para atestar a significância estatística do modelo e na seção 5 uma discussão sobre as conclusões obtidas a partir dos resultados obtidos com o VAR.

REVISÃO DA LITERATURA

Apesar de ser utilizado como um combustível desde antes de 1894 nas máquinas a combustão da indústria nascente, no Brasil desde 1925 nos transportes e na Europa e Estados Unidos também desde o início do século XX, o uso do etanol como substituto do combustível fóssil para melhorar a segurança energética só ascendeu nos anos 1980, após a crise do petróleo de 1970, já que sua produção tinha um elevado custo quando comparado aos custos de produção do petróleo. LI *et al* (2009) comparou o custo total por galão de etanol produzido nos principais produtores mundiais cada qual utilizando uma ou mais matérias primas e os resultados apontam que o Brasil possuía o melhor custo de produção sendo este US\$ 0,80 utilizando cana-de-açúcar, Estados Unidos com US\$ 1,05 com milho, China US\$ 1,50 com sorgo doce e União Europeia US\$ 2,89 utilizando beterraba, evidenciando a vantagem comparativa entre os produtores com base no principal insumo utilizado na produção do etanol. Esse tipo de visão estimula o aperfeiçoamento tecnológico das indústrias em busca de melhor competitividade, assim, cada vez mais, o processo produtivo e as fontes de insumo ganham melhorias com o passar dos anos.

Nos últimos trinta anos a China presenciou e vivenciou um aumento anual de 10% em seu PIB – produto interno bruto, isso a transformou em uma potência econômica e trouxe consigo algumas consequências, que relacionando aos combustíveis é pode-se dizer que hoje a China é mundialmente um dos maiores consumidores de combustível fóssil do mundo, o que a transformou em uma nação imensamente dependente de petróleo externo, além de ter se tornado uma das nações mais poluidoras do ar. ARAÚJO (2010) aponta que as reservas de petróleo e gás chinesas foram muito afetadas com o seu crescimento colossal e sofreram um grande declínio em seus estoques, e como consequência dessas alterações precisava importar metade de sua demanda. HAN *et al* (2019) também destaca que uma das consequências do *boom* econômico ocorrido na China, nos anos 2000 em diante, foi a China ter alcançado a segunda posição mundial de consumo de gasolina, atrás apenas dos Estados Unidos, dando ênfase ao fato de que o aumento no consumo de gasolina na China é resultado do enfraquecimento da segurança energética, onde a autossuficiência do petróleo chinesa despencou mais da metade, saindo de 68,3% no ano 2000 para 31,3% em 2017. HAN *et al* (2019) também menciona em seu trabalho os impactos ambientais negativos causados por esse aumento do consumo de gasolina, quando em 2014 o setor de transporte era culpado por 14% do total da emissão de carbono no país.

Uma saída adotada pela China para amenizar a exposição à dependência do petróleo foi a adoção de medidas que incentivaram a diversificação de fontes de energia, como o uso e consumo de combustíveis renováveis como etanol e biodiesel. De forma conjunta essa adoção de medidas amenizará a dependência energética e a poluição ambiental. ARAÚJO (2010) acrescenta que isso ainda ajuda a melhorar o bem-estar e remuneração da população rural, que com o crescimento dos grandes centros, viu sua renda não acompanhar o crescimento econômico e deram início a um processo de migração, abandonando as áreas rurais em busca de centros urbanos com melhores condições de sobrevivência.

O início da trajetória do etanol na China começou em meados dos anos 1980, com os programas de Pesquisa e Desenvolvimento, o plano 863 foi o principal programa a investir nos biocombustíveis (QIU *et al*, 2008). Nos anos 2000, já com as políticas e programas funcionando, foram selecionadas nove províncias onde a mistura E10 – Acréscimo de 10% de etanol na gasolina, seria adotada mandatoriamente. Foi criada em 2005 a nova lei das energias renováveis para impulsionar o desenvolvimento da fonte de energia renovável, o que fazia parte

de um plano para reduzir a dependência chinesa de petróleo importado, cujas previsões naquele momento buscavam uma redução para menos de 50% em 20 anos.

Como a principal matéria prima utilizada na produção do etanol chinês tem sido o milho, alguns estudos foram em busca dos impactos dessas alterações na matriz energética da China e por exemplo, pode-se mencionar a modelagem de HAN (2021) que apresentou as consequências no preço do milho, quando este for utilizado como matéria prima principal na produção do biocombustível, diante de um expressivo aumento no consumo/demanda chinesa por etanol. Usando um modelo de equilíbrio parcial, ele estruturou um modelo de oferta e demanda por milho no mundo relacionando a área cultivada com o grão e a produtividade dessa área, para determinar a produção de milho e obtendo a produção do biocombustível através da relação entre os preços de petróleo, do milho matéria-prima e do próprio etanol. Partindo agora para curva de demanda, os trabalhos de Han relacionaram a demanda interna pelo milho como sendo a soma de todas as demandas para alimentos, ração animal, sementes, além de perdas e variações no estoque e processos em andamento; chegando à demanda pelo combustível etanol sendo descrita como uma função dos preços para o consumidor do petróleo e etanol e da renda.

As considerações de HAN (2021) em seu artigo sobre a China concentrar sua produção do biocombustível usando o milho, apontam que as importações desta matéria prima até 2030 crescerão de 3 milhões de toneladas métricas para entre 26 e 64 milhões, destarte os incentivos e impulsionamento dessa indústria transformariam a China no maior importador de milho naquele ano, sem esquecer que o uso do milho como principal matéria prima espalha impactos pelos demais insumos agrícolas da classe de alimentos, principalmente os grãos alimentícios que servem ou agem como substitutos do milho e também que os políticos tem como meio de controle a possibilidade de usar leis para controlar o mercado, caso o rápido crescimento da produção de etanol leve as taxas de autossuficiência a níveis preocupantes , conforme definido.

Se a China decidir impulsionar o crescimento da indústria de etanol é esperado que a demanda por bioetanol seja de até 44,5 milhões de litros em 2030, e terá, nessa mesma linha, 70% da sua produção fabricada utilizando o milho como matéria prima. Essa decisão de tornar o milho a fonte produtiva principal também pode ser apontada por ZHANG *et al* (2019), que comparou o milho com outras matérias primas como, sorgo, trigo e alcachofra; e encontrou no milho um rendimento superior a 7% entre o milho e o segundo colocado na China. A escolha pelo milho por ZHANG *et al* (2019), foi definida, após o uso da função matemática que é uma diferença positiva entre receita gerada pela comercialização do combustível e o custo de produção do etanol.

Os estudos de HAN (2021) apontaram as consequências aos preços do milho e do etanol com a China decidindo aumentar sua produção de etanol usando milho. Os alimentos, grãos, combustíveis, todos serão afetados por essa política dado o uso dos insumos atuais desviados para atender essa nova indústria de combustíveis limpos. Corroborando com a ideia de que a China seria melhor beneficiada se decidisse proteger os alimentos e importar o combustível de produtores onde o custo de produção fosse menor e a matéria prima não impactasse os alimentos como no caso, por exemplo, da cana-de-açúcar, afinal resolver o problema chinês de cultivar uma matéria prima a ser usada na indústria de biocombustíveis, esbarra sempre na falta de terras e na redução de terras para produção de alimentos.

Uma mudança tão intensa na estrutura energética, traz alguns problemas consigo e para explicar e analisar os impactos do desenvolvimento dos biocombustíveis na produção agrícola chinesa,

nos preços dos alimentos e na renda dos fazendeiros e apontar para outras matérias primas que possam ser trabalhadas na China, QIU *et al* (2008), utilizou um modelo de equilíbrio multirregional chamado CHINAGRO. Ele fez uma apresentação do modelo de bem-estar e equilíbrio geral composto por 17 *commodities* e 8 regiões; com 6 grupos de renda por região e mais do que os produtos agrícolas da China, incluindo arroz, milho, trigo, cana-de-açúcar, oleaginosas, porco e aves. O consumo foi tratado em nível regional urbano e rural. A oferta está atrelada aos preços definidos pelos agricultores locais. Com dados agrícolas, alguns parâmetros como trabalho e fertilizantes foram estimados e deixou os detalhes adicionais de especificação numa descrição de Keyzer e van Veen (2005), para uma consulta mais esclarecedora a respeito do modelo.

QIU *et al* (2008) trabalhou sua estatística em quatro cenários onde 10 milhões de toneladas seriam produzidas usando uma matéria prima distinta em cada um, sendo elas o trigo, cana-de-açúcar e tubérculos como mandioca e beterraba e fez uma comparação com o cenário onde a expansão do biocombustível não fosse estimulada onde as características mais marcantes seriam:

- (i) Continuação das taxas de crescimento dos setores não agrícolas, onde as regiões rurais seriam abandonadas pela atração das regiões urbanas;
- (ii) Aumento de pressão sobre terras agrícolas e disponibilidade de água em áreas muito habitadas;
- (iii) Mudanças nos padrões de consumo resultante de melhores rendas nos setores não agrícolas;
- (iv) Liberação do comércio agrícola internacional com eliminação de taxas e progresso dos gastos com pesquisa e desenvolvimento;
- (v) Crescimento gradual dos preços agrícolas.

As observações obtidas pelo estudo de QIU *et al* (2008), foram de grande importância, pois como exemplo, mostram o quão é indicado à China produzir o biocombustível utilizando cana-de-açúcar, milho e tubérculos; em todos os casos simulados, os preços dos alimentos relacionados com as matérias primas sofreram elevação, que foram de 394% para o açúcar quando se utiliza a cana-de-açúcar, 74% no milho quando este for utilizado pela indústria de etanol como matéria prima e 98% de aumento nos preços dos tubérculos que forem utilizados para produção do combustível e o tamanho da variação dos preços dependerá da natureza da substituição entre eles e a matéria prima do cenário analisado. Também causa distúrbios sobre a produção agrícola, elevando de forma concentrada, o insumo do cenário analisado, impactando de forma negativa a produção das demais, isso devido aumento nos custos de produção, competição pela terra agricultável e condições climáticas mais adequadas para a cultura. E concluiu que se a China decidisse focar sua produção de etanol a base de cana-de-açúcar ou mandioca, isso não seria possível sem que o país importasse a *commodity* em grandes quantidades. Para FARINELLI *et al* (2009 apud GOLDSTEIN and KHAN, 1985) o tipo de *commodity* é o ponto principal para um apropriado modelo de demanda de importação e em se tratando o produto de uma *commodity* homogênea, as interações entre oferta e demanda não dependem exclusivamente das diferenças nos preços entre o produto importado e o nacional e dessa maneira a estrutura do modelo pôde ser escrita como uma função do preço e da renda doméstica.

E na especificação do modelo de importação de etanol do Brasil para os principais mercados com os quais há essas trocas ficam representadas as relações entre o etanol brasileiro, o preço do etanol importado, o preço mundial do petróleo, PIB real, câmbio real, tarifas aplicadas às importações e para controlar possíveis problemas associados ao uso de séries temporais foi introduzida uma variável de tendência.

A cana-de-açúcar é economicamente a melhor opção para a produção de etanol, pois tem um custo de produção entre 50 e 60% mais barato que o trigo, (MIZIK, 2020), isso deveria fazer do Brasil o maior produtor do biocombustível, já que 40% da cana produzida mundialmente é brasileira, onde as áreas de produção são vastas e possuem alta produtividade, mas os incentivos concedidos pelos governos à produção, utilizando trigo e beterraba, dão competitividade a estas formas de produção, principalmente nos Estados Unidos e na União Europeia.

A cana-de-açúcar é a melhor opção de matéria prima para a produção do etanol, a China esbarra em alguns problemas de difícil solução; 88% da área de colheita de cana se concentrava em apenas 3 províncias em 2008 (TAO *et al*, 2011) e para uma expansão dessa área seria necessário, mais terras adequadas ao plantio e uma gigante infraestrutura de irrigação, mas terras férteis são um insumo escasso no país, e o crescimento vertical da lavoura é limitada por questões tecnológicas e essa situação se vê agravada quando os preços sofrem queda e obriga os agricultores a mudarem de cultura.

Uma outra opção para o problema da produção de etanol na China poderia ser resolvido com a utilização de mandioca para produzi-lo; ela tem vantagem sobre o milho e o trigo por não ser um alimento básico ou fonte produtiva destes e, assim sua utilização não espalharia um aumento nos preços dos alimentos e também, por se tratar de um arbusto tropical, que pode ser facilmente cultivado em terras chinesas onde não se plantam outras culturas, como o próprio milho, trigo, arroz, cana-de-açúcar, se mostrando assim um bom e adequado insumo para a produção do biocombustível.

O problema é que a mandioca na China é cultivada de forma rudimentar e por pequenos agricultores, com variedades antigas e simples que têm baixo rendimento e baixa qualidade, o que faz o volume de produção ser muito insuficiente para sustentar uma indústria (TAO *et al* 2010 e YANG, 2010), cujo objetivo é resolver o problema da dependência chinesa de petróleo.

Quando se analisa a curva de oferta do etanol é preciso atentar que se trata de uma *commodity* e possui uma característica importante a ser destacada, são fatores exógenos que a definem e estes fatores podem ser técnicos, econômicos ou político-institucionais (ERNEST YOUNG, 2011) e como o terceiro maior país produtor do etanol, a China estimula a sua produção com o uso de políticas que reduzem impostos e adoção de subsídios dentre outros estímulos, como já mencionado, inclusive fazendo com que insumos menos eficientes sejam preferidos no processo. Em contrapartida pelas pressões geradas pelas áreas ambiental, alimentar e agrícola, o Governo emitiu uma regulação provisória sobre o uso de matéria prima que “O biocombustível não deve competir com os grãos por terra, não deve competir com os consumidores por alimentos, e não deve competir com o gado pela ração e não deve infligir harmonia ao meio ambiente” (QIU *et al.*, 2008, p. 114). Essas manobras políticas legais são uma das mencionadas formas de equilibrar os problemas gerados pela instituição do etanol como parte da política energética.

JIAO *et al.*, (2017) coloca a quantidade de etanol consumida na China após a implementação da nova política de substituição de combustíveis como sendo a adição da quantidade de etanol

antes da nova política energética somada com o aumento na quantidade consumida de etanol após a política. São as consequências causadas pelo crescimento do consumo do etanol sobre o preço mundial, que buscamos analisar, os efeitos neste trabalho. Na China, JIAO *et al.*, (2017), descrevem o preço do etanol, depois que a política for implementada por uma equação que relaciona o preço do petróleo e do etanol, tendo como referência a elasticidade-preço do etanol em relação ao petróleo.

Em seu *paper* BENTIVOGLIO *et al.*, (2015), apresenta para o Brasil um modelo de preços do etanol que é intimamente relacionado também com o preço do açúcar, além do preço do petróleo, já que como visto antes, a matéria prima no país é a cana-de-açúcar e que há uma concorrência entre o etanol e o açúcar durante a produção. A facilidade com que a indústria migra de um produto para outro, permite maior liberdade na escolha entre o alimento e o combustível e assim, a elasticidade preço vai poder dar embasamento para a decisão entre qual delas será produzida no momento “t”. Nos Estados Unidos THAERIPOUR, *et al.*, (2007), especifica o preço do etanol no país como sendo função também do preço do petróleo, e do preço do milho, principal matéria prima e dos subsídios recebidos pelos produtores.

Considerando que a capacidade de substituição do combustível fóssil pelo biocombustível é estimulada pelos governos e é o mesmo que está acontecendo na China, com a implantação da nova política e a teoria econômica explica que o preço é o equilíbrio entre as curvas de oferta e demanda do produto, será trabalhado o modelo de preço de etanol mundial com base nas informações acima, equações e modelos mencionados anteriormente, para modelar o preço do combustível etanol como sendo função dos preços do petróleo e açúcar, das produções de petróleo, etanol, cujo modelo está descrito mais adiante.

É esperado que o aumento na demanda chinesa por etanol, cause um efeito na oferta mundial diante do aumento do preço internacional, este é um movimento normal para o dispositivo de preços que equilibra a oferta e a demanda, entretanto este trabalho não focará neste ponto, deixando este tratamento para uma outra análise posterior que trate especificamente deste tema.

OS DADOS

Os dados utilizados neste trabalho, são mensais e mundiais entre maio de 2005 e dezembro de 2020 para as variáveis de produção e preço de etanol e produção e preço do petróleo, assim como também foi utilizado o preço mundial do açúcar. Os dados foram encontrados em publicações governamentais e organizações on-line. Os dados de preço de etanol foram encontrados na Chicago Board of Trade - CBOT através da INTL FCStone¹. Os dados de preço do petróleo foram acessados através das páginas da OPEC – Organization of the Petroleum Exporting Countries² e da New York Mercantile Exchange – NYMEX também por intermédio da INTL FCStone, assim como os preços do açúcar. Os dados de Produção, oferta e demanda de etanol foram acessados nas páginas da Renewable Fuels Association – RFA³, U.S. Energy Information Administration – EIA⁴ e no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento do Brasil - MAPA⁵. Os dados da Produção, oferta e demanda de petróleo também foram encontrados na U.S. Energy Information Administration – EIA.

Os preços de etanol, são disponibilizados pela CBOT de maneira mensal em dólar por galão e da mesma maneira a NYMEX disponibiliza os preços do petróleo em barril por dia e os preços do açúcar por tonelada métrica. Os dados de produção do petróleo, disponibilizados pela EIA de maneira mensal, bastante detalhando podendo ser explorado, inclusive, por país produtor, é disponibilizado em milhares de barril por dia. Já os dados de produção do etanol, não foram encontrados de forma agrupada, como acontece com os dados do petróleo, foram coletados na EIA, são mensais e em milhares de galão e são referentes apenas aos Estados Unidos. Os dados do Brasil, foram encontrados no site do Ministério da Agricultura, Abastecimento e Pecuária – MAPA, a disponibilização dos dados é realizada mensalmente de maneira acumulada em metros cúbicos. Neles se fez necessário subtrair as informações disponibilizadas acumuladas nos demonstrativos mensais para se chegar aos valores de produção mensal e após encontrá-los, os valores mensais em metros cúbicos foram divididos pelo equivalente em galões, ou seja, dividindo por 3,785411784, resultando no volume produzido em galões. Os dados do resto do mundo foram coletados na página da EIA, somados para serem trabalhados de forma unificada em uma única informação mundial, entretanto não estava disponibilizado em números absolutos, mas em unidades de mil barris por dia. Diante disto foi preciso multiplicar o dado por 42 para converter a unidade de barril para galões, multiplicar por 365 para se encontrar o volume anual produzido e dividir por 12 para de maneira linear distribuir os dados conforme a necessidade deste trabalho. Vale destacar que a página da EIA só havia disponibilizado informações até dezembro de 2019 e por este motivo os volumes produzidos em 2020 foram encontrados por país na base anual no site “*statista*”⁶ e para completar as informações do resto do mundo, foi somado todo volume produzido pelos países, exceto Brasil e Estados Unidos, e divididos por 12 meses chegando ao volume de 350.000 galões por mês. Assim, foi obtido cento e oitenta e sete amostras para cada uma das variáveis.

Os dados foram modelados utilizando o programa R e para facilitar a identificação das séries temporais, aqui neste trabalho, elas serão nomeadas como segue: Preço do Etanol será “Preço_Etanol”, Preço de Petróleo é “Preço_Petróleo”, Produção de Etanol é “Prod_Etanol” e Produção de Petróleo como “Prod_Petróleo” e Preço de açúcar como “Preço_Açúcar”.

1 <https://www.intlfcstone.com>

2 <https://www.opec.org>

3 <https://ethanolrfa.org>

4 <https://www.eia.gov>

5 <http://www.agricultura.gov.br>

6 <http://www.statista.com>

ESTRATÉGIA EMPÍRICA

A análise dos reflexos causados pela implantação da nova política chinesa, de substituição dos combustíveis fósseis por um combustível renovável, sobre os preços internacionais do etanol, tendo em vista que foi apontado por pesquisas e estudos anteriores como o principal substituto do combustível fóssil, será realizada utilizando o Modelo de Vetores Autoregressivos – VAR, este instrumento econométrico é utilizado para prever séries temporais que sejam relacionadas umas com as outras e para analisar a ocorrência de choques e seus impactos sobre o sistema de variáveis que fazem parte do modelo. Por se ter todas as variáveis do modelo consideradas como endógenas o sistema de equações formado por essas variáveis é estimado pelo método dos Mínimos Quadrados Ordinários – MQO. Conforme Gujarati e Porter (2011) o modelo expressa o valor de cada uma dessas variáveis como uma função linear dos valores defasados daquela variável e todas as variáveis incluídas no modelo.

A série temporal $y_t = y_{1,t}, y_{2,t}, \dots, y_{k,t}$ composta por k componentes no tempo t é um processo VAR com uma defasagem se seguir o modelo descrito na equação 1 abaixo:

$$y_t = \phi_0 + \Phi_1 y_{t-1} + \dots + \Phi_r y_{t-r} + u_t \quad (1)$$

Onde ϕ_0 é um vetor de dimensão k, Φ são matrizes k x k e u_t é um ruído branco.

Considerando então, $k = 5$, $y_t = (y_{1,t}, y_{2,t}, y_{3,t}, y_{4,t}, y_{5,t})'$ e $u_t = (u_{1,t}, u_{2,t}, u_{3,t}, u_{4,t}, u_{5,t})'$, pode-se escrever o modelo na forma reduzida como sendo:

$$\begin{bmatrix} y_{1,t} \\ y_{2,t} \\ y_{3,t} \\ y_{4,t} \\ y_{5,t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \phi_{10} \\ \phi_{20} \\ \phi_{30} \\ \phi_{40} \\ \phi_{50} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \phi_{1,11} & \phi_{1,12} & \phi_{1,13} & \phi_{1,14} & \phi_{1,15} \\ \phi_{1,21} & \phi_{1,22} & \phi_{1,23} & \phi_{1,24} & \phi_{1,25} \\ \phi_{1,31} & \phi_{1,32} & \phi_{1,33} & \phi_{1,34} & \phi_{1,35} \\ \phi_{1,41} & \phi_{1,42} & \phi_{1,43} & \phi_{1,44} & \phi_{1,45} \\ \phi_{1,51} & \phi_{1,52} & \phi_{1,53} & \phi_{1,54} & \phi_{1,55} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{1,t-1} \\ y_{2,t-1} \\ y_{3,t-1} \\ y_{4,t-1} \\ y_{5,t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \phi_{2,11} & \phi_{2,12} & \phi_{2,13} & \phi_{2,14} & \phi_{2,15} \\ \phi_{2,21} & \phi_{2,22} & \phi_{2,23} & \phi_{2,24} & \phi_{2,25} \\ \phi_{2,31} & \phi_{2,32} & \phi_{2,33} & \phi_{2,34} & \phi_{2,35} \\ \phi_{2,41} & \phi_{2,42} & \phi_{2,43} & \phi_{2,44} & \phi_{2,45} \\ \phi_{2,51} & \phi_{2,52} & \phi_{2,53} & \phi_{2,54} & \phi_{2,55} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{1,t-2} \\ y_{2,t-2} \\ y_{3,t-2} \\ y_{4,t-2} \\ y_{5,t-2} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} u_{1,t} \\ u_{2,t} \\ u_{3,t} \\ u_{4,t} \\ u_{5,t} \end{bmatrix}, \Sigma_u = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} & \sigma_{13} & \sigma_{14} & \sigma_{15} \\ \sigma_{21} & \sigma_2^2 & \sigma_{23} & \sigma_{24} & \sigma_{25} \\ \sigma_{31} & \sigma_{32} & \sigma_3^2 & \sigma_{34} & \sigma_{35} \\ \sigma_{41} & \sigma_{42} & \sigma_{43} & \sigma_4^2 & \sigma_{45} \\ \sigma_{51} & \sigma_{52} & \sigma_{53} & \sigma_{54} & \sigma_5^2 \end{bmatrix}$$

E de maneira equivalente também é possível especificar o modelo de forma mais condensada como segue:

$$\begin{aligned} y_{1,t} &= \phi_{10} + \phi_{1,11}y_{1,t-1} + \dots + \phi_{1,14}y_{4,t-1} + \phi_{1,15}y_{5,t-1} + \phi_{2,11}y_{1,t-2} + \phi_{2,12}y_{2,t-2} + \dots + \phi_{2,15}y_{5,t-2} + u_{1t} \\ y_{2,t} &= \phi_{20} + \phi_{1,21}y_{1,t-1} + \dots + \phi_{1,24}y_{4,t-1} + \phi_{1,25}y_{5,t-1} + \phi_{2,21}y_{1,t-2} + \phi_{2,22}y_{2,t-2} + \dots + \phi_{2,25}y_{5,t-2} + u_{2t} \\ y_{3,t} &= \phi_{30} + \phi_{1,31}y_{1,t-1} + \dots + \phi_{1,34}y_{4,t-1} + \phi_{1,35}y_{5,t-1} + \phi_{2,31}y_{1,t-2} + \phi_{2,32}y_{2,t-2} + \dots + \phi_{2,35}y_{5,t-2} + u_{3t} \\ y_{4,t} &= \phi_{40} + \phi_{1,41}y_{1,t-1} + \dots + \phi_{1,44}y_{4,t-1} + \phi_{1,45}y_{5,t-1} + \phi_{2,41}y_{1,t-2} + \phi_{2,42}y_{2,t-2} + \dots + \phi_{2,45}y_{5,t-2} + u_{4t} \\ y_{5,t} &= \phi_{50} + \phi_{1,51}y_{1,t-1} + \dots + \phi_{1,54}y_{4,t-1} + \phi_{1,55}y_{5,t-1} + \phi_{2,51}y_{1,t-2} + \phi_{2,52}y_{2,t-2} + \dots + \phi_{2,55}y_{5,t-2} + u_{5t} \end{aligned}$$

O modelo é fundamentado na análise microeconômica e a partir do VAR será analisado o resultado da decomposição da variância, e da função de resposta ao impulso. Conforme Enders (2015) “*A Decomposição da Variância dos erros diz a proporção do movimento numa sequência devido aos próprios choques versus os choques em outras variáveis*” possibilitando indicar quanto da variação no preço do etanol se deve aos choques de cada variável que compõe o modelo e a Função de Resposta ao impulso apresentará os efeitos de um choque no tempo t dos termos de erro de dada variável, mantendo os demais choques constantes, sobre os valores presentes e futuros das demais variáveis do modelo, com isso é possível identificar se a variação efeito do choque será positiva ou negativa. Para examinar se os valores defasados de uma determinada variável ajudam nas previsões de outra variável relacionando os efeitos de valores passados nos resultados correntes da outra variável o que vai apontar uma relação de

precedência temporal entre as variáveis do modelo também será realizado o Teste de Causalidade de Granger, além desses testes, também serão realizados testes de autocorrelação, heterocedasticidade e de estabilidade, para que possa se verificar a viabilidade do trabalho e mostrar que não há a ocorrência de instabilidade ao processo.

A posição que cada variável ocupará no VAR foi definida considerando as restrições da decomposição de Cholesky. Para se determinar a ordem (p) do modelo foram utilizados os critérios de informação Akaike (AIC), Hannan-Quinn (HQ), Schwartz (SC). O resultado do critério AIC indicou que o VAR deve ter até três defasagens, enquanto os critérios do HQ e SC apontaram, ambos para um VAR com apenas uma defasagem. Neste modelo foi utilizado um VAR com duas defasagens por ser mais estável que o modelo utilizando apenas uma defasagem que pelos resultados não se apresentava bem ajustado.

RESULTADOS

Para um diagnóstico dos resíduos pôde-se observar pelo teste autocorrelação dos resíduos, teste de Portmanteau, que a hipótese de que os erros não são autocorrelacionados não pôde ser rejeitada, pois o resultado obtido teve um p-value de 0,2199, indicando que esses resíduos não possuem autocorrelação. O teste de heterocedasticidade tem como hipótese nula que os erros são homocedásticos e o p-value deste teste foi 0,9249, o que indica a rejeição da existência de heterocedasticidade. E analisando o resultado do teste de estabilidade é possível verificar que o modelo é estável, e portando o VAR (2) é um modelo bem ajustado. Os gráficos do resultado do teste de estabilidade poderão ser verificados no anexo 1.

A análise de decomposição da variância, cujos resultados podem ser verificados na Tabela 1, onde estão relacionados os resultados do teste para quatro, oito e doze defasagens, indicam que as variações no preço do etanol são 5,36% explicadas por choques no preço do petróleo após quatro defasagens, 9,31% com oito defasagens e 8,99% quando se observam doze defasagens. Quando os choques ocorrerem sobre o preço do açúcar as variações no preço do etanol serão por estes explicadas em 3,69%, 7,92% e 10,38% para quatro, oito e doze defasagens respectivamente. Essas variações também podem ser explicadas por choques na produção do próprio etanol e serão 4,53% explicadas após quatro defasagens, 7,08% com oito e 7,71% após doze defasagens. Os choques na produção de petróleo também têm sua participação ao explicar as variações do preço do etanol correspondendo a 035% para quatro defasagens, 2,35% para oito e 7,65% após 12 defasagens. Nestas observações, é interessante que os resultados apontam que quanto maior o número de defasagens analisado maior a proporção da explicação dada pelo choque nas outras variáveis.

Ao se observar os choques aplicados ao preço do etanol é possível verificar que por causa deles é possível obter 5,11% da explicação para as variações na produção do etanol, após quatro defasagens e 7,81% e 7,62% para oito e doze defasagens respectivamente. Quando as variações dizem respeito ao preço do petróleo esses choques explicarão a proporção de 7,99%, 10,39% e 10,29% das variações após quatro, oito e doze defasagens respectivamente, enquanto nas variações da produção do petróleo são de 0,64%, 0,46% e 0,39% após as quatro, oito e doze defasagens. E 3,38% das variações no preço do açúcar são explicadas também por choques no preço do etanol, após quatro defasagens, sendo explicadas 2,13% após oito e 1,97% após doze. Nesta situação, os resultados demonstram que para explicar as variações do preço do açúcar e da produção do petróleo, a proporção da explicação verificada a cada defasagem se reduz, mas a proporção aumenta quando as variações estão relacionadas com o preço do petróleo e com a produção do etanol.

A decomposição da variância também permitiu verificar que as variações na produção de etanol podem ser explicadas em 0,78% após quatro defasagens, 3,95% para oito e após doze são 7,66% explicadas por choques que ocorrem sobre a produção do petróleo. Enquanto se os choques ocorrerem sobre o preço do petróleo essas variações da produção do etanol serão explicadas em 0,28%, 1,74% e 3,70% para defasagens de quatro, oito e doze períodos respectivamente. Invertendo a análise do choque para que eles ocorram sobre a produção do etanol, pode-se verificar agora que eles ajudarão a explicar as variações sobre a produção do petróleo na proporção de 0,31% após quatro defasagens, 1,73% após oito e 3,83% após doze e ajudam a explicar as variações do preço do petróleo sendo a proporção de 0,25%, 1,21% e 1,06% respectivamente para quatro, oito e doze defasagens.

	Decomposição Variância	Período Defasagem	Efeitos dos choques				
			Preço Etanol	Preço Petróleo	Preço Açúcar	Prod Petróleo	Prod Etanol
Choques	Preço_Etanol	4	86,08%	7,99%	3,38%	0,64%	5,11%
	Preço_Petróleo	4	5,36%	90,14%	0,62%	0,76%	0,28%
	Preço_Açúcar	4	3,69%	0,11%	94,60%	0,25%	0,28%
	Prod_Petróleo	4	0,35%	0,25%	0,24%	98,04%	0,78%
	Prod_Etanol	4	4,53%	0,25%	1,17%	0,31%	93,55%
	Preço_Etanol	8	73,35%	10,39%	2,13%	0,46%	7,81%
	Preço_Petróleo	8	9,31%	84,98%	0,74%	0,65%	1,74%
	Preço_Açúcar	8	7,92%	1,61%	92,39%	0,65%	0,44%
	Prod_Petróleo	8	2,35%	1,81%	2,31%	96,42%	3,95%
	Prod_Etanol	8	7,08%	1,21%	2,43%	1,73%	86,06%
	Preço_Etanol	12	65,27%	10,29%	1,97%	0,39%	7,62%
	Preço_Petróleo	12	8,99%	78,22%	0,77%	1,27%	3,70%
	Preço_Açúcar	12	10,38%	4,14%	89,20%	0,89%	0,52%
	Prod_Petróleo	12	7,65%	6,29%	4,86%	93,62%	7,66%
	Prod_Etanol	12	7,71%	1,06%	3,21%	3,83%	80,49%

Tabela 1 - Resultado da Decomposição da Variância dos Erros para 4,8 e 12 Defasagens.

A função de resposta ao impulso é mais bem compreendida quando se analisa a decomposição da matriz de variância do modelo VAR, nela é possível identificar as respostas contemporâneas que as variáveis do modelo apresentam a cada unidade de choque aplicada a determinada variável, inclusive aquelas que não apresentam nenhum efeito contemporâneo. A estabilidade do modelo, testada anteriormente, indica que ele converge aos seus valores no longo prazo ao sofrer um choque. Os resultados da função de resposta ao impulso do modelo VAR (2) pode ser visto na figura 1, foi trabalhado com uma função ortogonal, para indicar a decomposição de Cholesky.

A função de resposta ao impulso onde o choque ocorre sobre a produção de Etanol – Os resultados mostram que não há efeitos contemporâneos, pois no ponto 1 o resultado da função é zero, mas a partir da segunda defasagem os resultados são estatisticamente significantes e isso explicado ao se observar a equação do modelo que se refere à produção de etanol, nele temos que a variável é explicada por mais de uma defasagem. Também se tem que as respostas do preço do etanol aos choques são negativas.

A função de resposta ao impulso onde o choque ocorre sobre a produção de Petróleo – Os resultados desta função não possuem significância estatística. O zero está contido no intervalo de confiança, possibilitando que o zero seja resposta da função, apesar do gráfico mostrar que nas defasagens 2 a 4 existe algum efeito positivo do choque sobre o preço do etanol.

A função de resposta ao impulso onde o choque ocorre sobre o preço do Açúcar – Apesar do gráfico mostrar efeitos positivos, sobre o preço do etanol, a partir da segunda defasagem e não apresentando efeitos contemporâneos aos choques, os resultados não possuem significância estatística, da mesma maneira que ocorre com os resultados da função de resposta ao impulso para choques na produção do petróleo, pois o zero está dentro do intervalo de confiança, mas é

possível encontrar resultados significantes após o ponto 4, onde o zero não faz mais parte do intervalo de confiança.

A função de resposta ao impulso onde o choque ocorre sobre o preço do Etanol – Os resultados desta função demonstram, obviamente que há efeitos contemporâneos entre o choque no preço do etanol e suas respostas. O resultado é estatisticamente significativo.

A função de resposta ao impulso onde o choque ocorre sobre o preço do Petróleo – Mudanças importantes no preço do petróleo não causa efeitos contemporâneos no preço do etanol, mas após o período 1 é possível os efeitos positivos sobre o preço do etanol. É preciso destacar também que o zero está contido no intervalo de confiança e até a terceira defasagem os resultados desta função não são estatisticamente significantes, entretanto isso muda nos períodos subsequentes, onde há significância estatística.

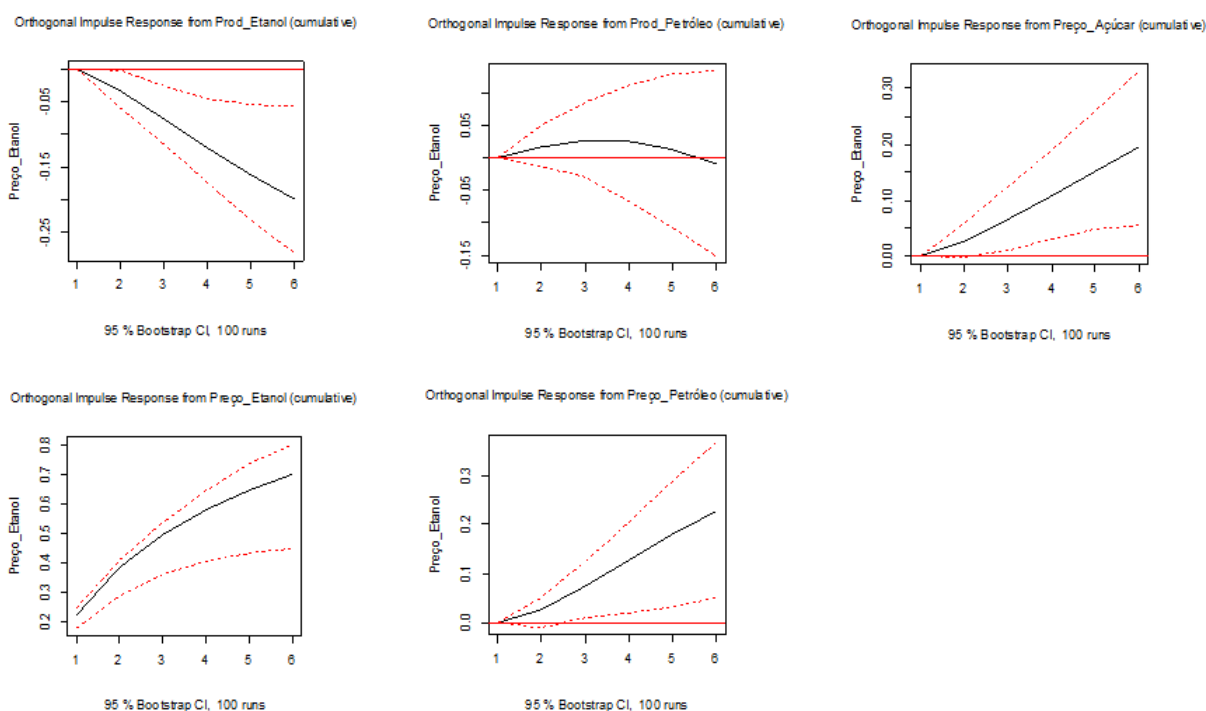


Figura 1 - Resultados da Função de Resposta ao Impulso Ortogonal

Para complementar a análise, o teste de causalidade de Granger pode indicar a importância da inserção de cada uma das variáveis no modelo. A tabela 2 traz os resultados do teste de causalidade de Granger que indicam a rejeição da hipótese nula de não causalidade de Granger apenas para a variável da produção do etanol, indicando que a produção de etanol causa segundo Granger o preço do etanol, o preço do petróleo, a produção do petróleo e o preço do açúcar. É preciso ressaltar que estes resultados permitem indicar que os preços atuais do etanol podem não ser explicados pelos valores defasados das demais variáveis do modelo, a exceção da produção de etanol, entretanto verificando o resultado do teste de causalidade instantânea de Granger é possível identificar que as previsões do preço de etanol mundial são melhor realizadas quando os valores atuais do preço mundial do petróleo, do preço do açúcar, da produção do petróleo e do preço do etanol estiverem incluídos na previsão do que se a previsão for realizada sem esses dados. A tabela 3 apresenta os resultados da causalidade instantânea.

Hipótese Nula			P-value
Preço_Etanol	NÃO causa no sentido de Granger	VAR	0,7004
Preço_Petróleo	NÃO causa no sentido de Granger	VAR	0,2400
Preço_Açúcar	NÃO causa no sentido de Granger	VAR	0,1451
Prod_Petróleo	NÃO causa no sentido de Granger	VAR	0,1453
Prod_Etanol	NÃO causa no sentido de Granger	VAR ⁷	0,0026

Tabela 2 - Resultados do Teste de Causalidade de Granger.

Hipótese Nula			P-value
Preço_Etanol	NÃO há causalidade instatanea no sentido de Granger	VAR ⁷	0,000113
Preço_Petróleo	NÃO há causalidade instatanea no sentido de Granger	VAR ⁷	0,0006
Preço_Açúcar	NÃO há causalidade instatanea no sentido de Granger	VAR	0,4862
Prod_Petróleo	NÃO há causalidade instatanea no sentido de Granger	VAR ⁷	0,01202
Prod_Etanol	NÃO há causalidade instatanea no sentido de Granger	VAR ⁷	0,01182

Tabela 3 - Resultado do Teste de Caulidade Instantânea de Granger.

⁷ Hipótese nula de não causalidade ao nível de significância de 5% rejeitada.

CONCLUSÃO

As últimas décadas têm se mostrado bastante desafiadoras para os países que dependem de grandes volumes de combustível fóssil em sua matriz energética e isso aumentou, consequentemente, a atenção sobre o assunto. Permitir-se continuar sob essa dependência acarretaria problemas e consequências imensuráveis às nações e aos povos, a mudança que precisa ser trabalhada segue o veio dos combustíveis renováveis e os estudos apontaram que o melhor caminho, por enquanto, é a adição do etanol como forma de se libertar em parte do combustível fóssil e junto a isso resolver problemas de cunho ambiental e social que também estavam atrelados ao uso do petróleo como principal fonte de energia. A China, por causa do seu enorme crescimento neste período, vem perseguindo essa independência do petróleo na sua matriz energética e é importante que, diante do tamanho da economia chinesa, as consequências dessas mudanças sejam acompanhadas.

A análise econométrica aponta em seus resultados que uma expansão na quantidade de etanol consumida pela China em seu mercado, em termos gerais, trará para o preço mundial de etanol um crescimento. O aumento no preço está ligado ao aumento de sua produção que, poderá ser causado pelo crescimento no consumo chinês e isto será uma consequência da implementação da política de incentivo ao uso de combustíveis renováveis, a demanda causando o aumento da produção. O aumento na produção de etanol, também trará implicações sobre o preço do açúcar, já que o Brasil é um dos principais *players* de mercado e o açúcar compete com o etanol pela matéria-prima, essa competição também se reflete no preço do etanol. Assim também, mesmo que com uma menor participação, ao se reduzir o consumo de petróleo no mercado chinês, o preço do etanol também espelhará esse movimento que alimenta seu crescimento, servindo como justificativa para o seu comportamento.

Esses fatores de demanda demonstraram efeitos positivos sobre o preço do combustível etanol. Os efeitos são mais intensos no curto prazo e vão ficando menos fortes com o passar do tempo. Já que eles tendem a convergir para seus preços do longo prazo. É possível perceber, também que as variações no preço do etanol não são relevantes, ou possuem pouca importância para explicar o comportamento da sua produção que podem variar até pouco mais de 7%. No entanto, o preço do etanol tem sofrido influência positiva de choques ocorridos nos preços de petróleo e no preço do açúcar, ambos os produtos de alguma forma concorrentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, Soren T. **The demand for ethanol as a gasoline substitute**. Journal of Environmental Economics and Management, The USA, v. 63 p. 151–168, 2012.

BENTIVOGLIO, Deborah; FINCO, Adele; BACCHI, Mirian Rumenos Piedade. **Interdependencies between Biofuel, Fuel and Food Prices: The Case of the Brazilian Ethanol Market**. Energies. Suíça, v. 9, p. 464, 2016.

BP, 2016. BP Energy Outlook 2016. <http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/energy-outlook-2016/bp-energy-Outlook-2016.pdf> (Acessado em Setembro 2019).

BP, 2019. BP Energy Outlook 2019. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2019.pdf> (Acessado em Setembro 2019).

CAVALCANTI, Marcelo; SZKLO, Alexandre; MACHADO, Giovani. **Do ethanol prices in Brazil follow Brent price and international gasoline price parity?**. Renewable Energy, Brasil, v. 43, p. 423–433, 2012.

ENDERS, Walter. **Applied Econometric Time Series**, 4ª Edição, Alabama, Wiley, 2015.

GUJARATI, Damodar N.; PORTER, Dawn C. **Econometria Básica**, 5ª Edição, São Paulo, AMGH Editora, 2011.

JIAO, Jianling; ZUO, Feifei; LI, Lanlan; YUAN, Huanxiang; LI, Jingjing. **Estimation of China's alternative policies of automotive fuels e A perspective of oil dependence**. Journal of Cleaner Production, China, v. 161, p. 698–707, 2017.

KHACHATRYAN, Hayk; YANN, Jia; CASAVANT, Ken. **Spatial Differences in Price Elasticity of Demand for Ethanol**. Journal of the Transportation Research Forum, The USA, v. 50 N°. 3, 2011.

LUCHANSKY, Matthew S.; MONKS, James. **Supply and demand elasticities in the U.S. ethanol fuel Market**. Energy Economics, The USA, v. 31, p. 403–410, 2009.

POKRIVČÁK, Jan; RAJČANIOVÁ, Miroslava. **Crude oil price variability and its impact on ethanol prices**. Agricultural Economics, Czech, v. 57, p. 394–403, 2011.

QIU, Huanguang; HUANG, Jikun; KEYZER, Michiel; van VEEN, Wim. **Policy Options for China's Bio-ethanol Development and the Implications for Its Agricultural Economy**. China & World Economy, China, v. 16, N° 6, p. 112–124, 2008.

SERRA, Teresa; ZILBERMAN, David; GIL, Jose. **Price volatility in ethanol markets**. European Review of Agricultural Economics. Inglaterra, v. 38, p. 259–280, 2011.

THAERIPOUR, Farzad; TYNER, Wallace. **Ethanol Subsidies, Who Gets the Benefits?**. Bio-Fuels, Food and Feed Tradeoffs Conference, EUA, 2007.

TOKGOZ, Simla; ELOBEID, Amani. **Understanding the Underlying Fundamentals of Ethanol Markets Linkage between Energy and Agriculture**. Paper presented at the American Agricultural Economics Association Annual Meeting, The USA, 2007.

WU, Fangwei; ZHANG, Deyuan; ZHANG, Jinghua. **Will the development of bioenergy in China create a food security problem? Modeling with fuel ethanol as an example**. Renewable Energy, China, v. 47, p. 127–134, 2012.

WU, Haixia; LI, SHIPING. **Volatility spillovers in China's crude oil, corn and fuel ethanol markets**. Energy Policy, China, v. 62, p. 878–886, 2013.

YEAGER, Elizabeth; FEATHERSTONE, Allen. **Impact of Changes in Energy Input Prices on Ethanol Importation and Prices**. Journal of Agribusiness, EUA, v. 29, p. 181-200, 2011.

YOUNG, Ernst.

ZHANG, Dengjun; ASCHE, Frank; OGLEND, Atle. **Ethanol and trade: An analysis of price transmission in the US Market**. Energy Economics, Noruega, v. 42, p. 1-8, 2014.

ANEXO 1 – Resultado do teste de estabilidade realizado no modelo

