

**Universidade Federal de Pernambuco
Centro de Ciências Sociais Aplicadas
Departamento de Ciências Administrativas
Programa de Pós-graduação em Administração - PROPAD**

Rommel de Santana Freire

**Ensaio sobre Derivativos de Permissões para
Emissões de Carbono (EUA)**

Recife, 2014

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO**

CLASSIFICAÇÃO DE ACESSO A TESES E DISSERTAÇÕES

Considerando a natureza das informações e compromissos assumidos com suas fontes, o acesso a monografias do Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Federal de Pernambuco é definido em três graus:

- "Grau 1": livre (sem prejuízo das referências ordinárias em citações diretas e indiretas);
- "Grau 2": com vedação a cópias, no todo ou em parte, sendo, em consequência, restrita a consulta em ambientes de biblioteca com saída controlada;
- "Grau 3": apenas com autorização expressa do autor, por escrito, devendo, por isso, o texto, se confiado a bibliotecas que assegurem a restrição, ser mantido em local sob chave ou custódia;

A classificação desta dissertação/tese se encontra, abaixo, definida por seu autor.

Solicita-se aos depositários e usuários sua fiel observância, a fim de que se preservem as condições éticas e operacionais da pesquisa científica na área da administração.

Título da Monografia: **Ensaio Sobre Derivativos de Permissões para Emissões de Carbono (EUA)**

Nome do Autor: Rommel de Santana Freire

Data da aprovação:

Classificação, conforme especificação acima:

Grau 1

☒

Grau 2

☐

Grau 3

☐

Recife, 2014

Rommel de Santana Freire

Rommel de Santana Freire

**Ensaio Sobre Derivativos de Permissões para
Emissões de Carbono (EUA)**

Orientador: Charles Ulises de Montreuil Carmona, Dr.

Tese apresentada como requisito complementar para obtenção do grau de Doutor em Administração, área de concentração em Gestão Organizacional, do Programa de Pós Graduação em Administração da Universidade Federal de Pernambuco.

Recife, 2014

Catalogação na Fonte
Bibliotecária Ângela de Fátima Correia Simões, CRB4-773

F866e	Freire, Rommel de Santana Ensaio sobre derivativos de permissões para emissões de carbono (EUA) / Rommel de Santana Freire, 2014. 168 folhas : il. 30 cm. Orientador: Prof. Dr. Charles Ulises de Montreuil Carmona. Tese (Doutorado em Administração) – Universidade Federal de Pernambuco, CCSA, 2014. Inclui referências, apêndices e anexo. 1. Mercado de carbono. 2. Derivativos. 3. Carbono – Permissão para emissão de. I. Carmona, Charles Ulises de Montreuil (Orientador). II. Título. 658 CDD (22.ed.) UFPE (CSA 2014 – 094)
-------	---

Universidade Federal de Pernambuco
Centro de Ciências Sociais Aplicadas
Departamento de Ciências Administrativas
Programa de Pós-Graduação em Administração – PROPAD

Ensaio sobre Derivativos de Permissões para Emissões de Carbono (EUA)

Rommel de Santana Freire

**Tese submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Administração da
Universidade Federal de Pernambuco e aprovada em 21 de fevereiro de 2014.**

Banca Examinadora:

Charles Ulises de Montreuil Carmona, Dr, UFPE – Orientador

Marcos Roberto Gois de Oliveira, Dr., UFPE – Examinador Interno

Adilson Celestino de Lima. Dr., UFRPE – Examinador Externo

Yony de Sá Barreto Sampaio, PhD., UFPE – Examinador Externo

Márcio André Veras Machado, Dr., UFPB – Examinador Externo

Agradecimentos

Agradeço de coração a Amanda, por todo apoio, paciência e compreensão durante a construção deste trabalho.

Sou imensamente grato ao meu orientador e mentor, Prof^o Charles Carmona, por todos os conselhos e palavras sábias.

O meu muito obrigado aos amigos propadianos, Francisco Machado, Jefferson, Orlando, Rafael, Nicolas e Mariana, pelos momentos felizes.

Agradeço aos meus pais, Carlos e Kícia, e todos os familiares que me apoiaram e compreenderam minhas ausências durante a realização do curso.

Agradeço também aos professores Marcos Oliveira, Jairo Dornellas e Walter Moraes, pelos ensinamentos acadêmicos.

Obrigado aos companheiros da UFPB Aldo, Edilson, Edson, Héliida, Herbert, Wenner, Eric e Robson, por todo apoio durante o curso.

Sou grato ao Prof. Craig Pirrong, ao Bauer College of Business e colegas da UH pelos conhecimentos e experiências adquiridos.

Por fim, agradeço a CAPES, University of Houston, UFPE e UFPB pela oportunidade de aprofundar meus conhecimentos.

RESUMO

Vários países passaram a demonstrar um comprometimento maior com o desenvolvimento sustentável a partir da criação do Protocolo de Kyoto, em 1997, onde foram fixadas metas para redução da emissão de gases poluentes dos países signatários. Os países signatários do Protocolo de Kyoto possuem metas para a redução da emissão de Gases Efeito Estufa (GEE), para tanto recebem quotas, as quais são rateadas entre empresas de diversos setores. Por sua vez, essas empresas têm de reduzir suas emissões de gases poluentes, sob pena de arcarem com o pagamento de multas, caso ultrapassem os limites pré-estabelecidos. Contudo, algumas organizações não conseguem (ou não têm interesse) em atingir tais reduções, sendo obrigadas a adquirirem títulos específicos no mercado para compensar a parcela de emissões não reduzida, objetivando com isto, que perdas significativas sejam reduzidas ou até mesmo eliminadas. Este trabalho objetiva analisar os fatores influenciadores dos preços dos contratos futuros permissões para emissão de carbono (EUA), verificando se aspectos energéticos, políticos e macroeconômicos. Foi utilizado modelo vetorial com correção de erros (VECM), onde os resultados apurados mostram que os choques nos preços do carvão e gás natural, durante o período de 2008 até 2014, influenciam os preços dos EUAs. Durante o período 2015 até 2019, com a utilização do VAR, foram constatadas as mesmas influências do período anterior, porém com menor relevância. Também foi constatado, através da utilização dos modelos GARCH, EGARCH, TGARCH e MGARCH, durante o período de 2009 até 2014, que fatores macroeconômicos têm influência significativa nos preços dos EUAs, enquanto os aspectos políticos não apresentam relação significativa. Utilizou-se o *Value at Risk* histórico, com grau de confiança de 99% e 95%, para apurar o risco em contratos futuros de EUA, com vencimento no mês de dezembro, durante os anos de 2008 – 2019, sendo constatado que o maior risco foi apurado no ano de 2015.

Palavras-chave: Mercado de carbono. Derivativos. Permissão para emissão de carbono.

ABSTRACT

Several countries began to demonstrate a greater commitment to sustainable development after the creation of the Kyoto Protocol in 1997, which set targets for reducing emissions of polluting gases in signatory countries. The Kyoto Protocol signatory countries have targets for reducing emissions of Greenhouse Gases (GHG) to receive shares, which are divided among the various sectors. In turn, these companies have to reduce their emissions of greenhouse gases, under penalty of shouldering the payment of fines if they exceed the preset limits. However some organizations can not (or are not interested) to achieve such reductions being required to purchase specific securities in the market to offset the portion of non reduced emissions, aiming with it that significant losses are reduced or even eliminated. This work aims to analyze the factors influencing the prices of futures carbon emission permissions contracts (EUA) verifying their energetic, political and macroeconomic aspects. Vector model was used with error correction (VEC), where the calculated results show that the shocks in prices of coal and natural gas during the period 2008 to 2014 influence the prices of EUAs. During the period of 2015 to 2019, using the VAR, we observed the same influences of the earlier period, but with less relevance. It was also noted by using GARCH, EGARCH, TGARCH and MGARCH models during the period 2009 to 2014, macroeconomic factors that have significant influence on the price of EUAs, while the political aspects have no significant relationship. We used the historical Value at Risk with confidence level of 99 % and 95 % to determine the risk in futures contracts for EUA, with maturity in December, during the years 2008 to 2019, and found that the largest risk was established in 2015.

Keywords: Carbon market. Derivative. allowance for carbon emissions

Lista de Figuras

Figura 1 (1)	Gráfico de Emissão de CO ₂ durante o período de 1990 – 2010	14
Figura 2 (1)	Gráfico de Preço e volume dos contratos futuros de EUA negociados na ECX	17
Figura 3 (1)	Gráfico de Volume de CO ₂ negociado na ECX	18
Figura 4 (1)	Gráfico de Volume e preço de CO ₂ negociado na EEX	19
Figura 5 (1)	Gráfico de Preços do CO ₂ negociados na ECX	20
Figura 6 (5)	Gráfico de Contratos futuros de EUA	45
Figura 7 (5)	Gráfico de Contratos futuros de <i>brent</i> , carvão, gás natural e energia elétrica	46
Figura 8 (5)	Função de impulso resposta em relação ao EUA com maturação em dez/2008	47
Figura 9 (5)	Função de impulso resposta em relação ao EUA com maturação em dez/2009	48
Figura 10 (5)	Função de impulso resposta em relação ao EUA com maturação em dez/2010	49
Figura 11 (5)	Função de impulso resposta em relação ao EUA com maturação em dez/2011	50
Figura 12 (5)	Função de impulso resposta em relação ao EUA com maturação em dez/2012	50
Figura 13 (5)	Função de impulso resposta em relação ao EUA com maturação em dez/2013	51
Figura 14 (5)	Função de impulso resposta em relação ao EUA com maturação em dez/2014	52
Figura 15 (5)	Função de impulso resposta em relação ao EUA com maturação em dez/2015	53
Figura 16 (5)	Função de impulso resposta em relação ao EUA com maturação em dez/2016	54
Figura 17 (5)	Função de impulso resposta em relação ao EUA com maturação em dez/2017	54
Figura 18 (5)	Função de impulso resposta em relação ao EUA com maturação em dez/2018	55
Figura 19 (5)	Função de impulso resposta em relação ao EUA com maturação em dez/2019	55
Figura 20 (4)	Ciclos econômicos na Europa	73
Figura 21 (1)	Alternativas para tratar com o risco do investimento.	86
Figura 22 (5)	Histograma dos contratos de EUA com vencimento em Dezembro/2015	97

Lista de Tabelas

Tabela 1 (4)	Período dos contratos analisados	38
Tabela 2 (4)	Estacionaridade das séries de preços	43
Tabela 3 (5)	Resultados do modelo com duas variáveis - 2011	77
Tabela 4 (5)	Resultados do modelo com duas variáveis - 2012	78
Tabela 5 (5)	Resultados do modelo com duas variáveis - 2013	79
Tabela 6 (5)	Resultados do modelo com duas variáveis - 2014	79
Tabela 7 (4)	Períodos dos contratos analisados	93
Tabela 8 (5)	Resultados do Value at Risk com 99% de confiança	95
Tabela 9 (5)	Resultados do Value at Risk com 95% de confiança	96

Lista de Quadros

Quadro 1 (5)	Resposta dos EUA aos impulsos das outras variáveis 2008-2014	52
Quadro 2 (5)	Resposta dos EUA aos impulsos das outras variáveis 2015-2019	56
Quadro 3 (1)	Principais modelos econométricos apontados na literatura	65

Sumário

1.	Introdução	13
1.1	Esquema de Negociação na União Europeia	16
1.2	Justificativa	20
1.3	Delimitação do tema	23
	Ensaio 1 - A Influência de fatores determinantes dos preços de contratos futuros de permissões para emissão de carbono (EUA)	25
1.	Introdução	26
2.	Objetivos do ensaio	28
3.	Revisão de Literatura	29
3.1	Fatores determinantes dos preços	29
3.1.1	Aspectos Macroeconômicos	30
3.1.2	Aspectos Regulatórios	32
3.1.3	Aspectos Climáticos	35
3.1.4	Aspectos Energéticos	36
4.	Metodologia	38
4.1	Modelos Utilizados	39
4.2	Procedimentos Metodológicos	42
5.	Análise das Variáveis	45
6.	Conclusões do Ensaio	57
	Referências do Ensaio 1	58
	Ensaio 2: Aplicação de modelos para apurar a volatilidade de contratos futuros de permissões de carbono (EUA)	61
1.	Introdução	62
2.	Objetivos do Ensaio	66
3.	Revisão dos modelos utilizados na literatura	67
3.1	Modelos GARCH Univariados	67
3.2	Modelos GARCH Multivariado	69
4.	Metodologia	72
5.	Análise dos resultados	75
5.1	Modelos Univariados	75
5.2	Modelos Multivariados	76
6.	Conclusões do Ensaio	80
	Referências do Ensaio 2	82
	Ensaio 3 - Análise do risco de contratos futuros de permissões para emissão de carbono (EUA) através da abordagem do <i>Value at Risk</i> (VAR)	84
1.	Introdução	85
2.	Objetivo do Ensaio	89
3.	Referencial teórico	91
4.	Metodologia	93
5.	Análise e Discussão dos Resultados	95
6.	Conclusões do Ensaio	99
	Referências do Ensaio 3	101
	Considerações Finais	103

Referências	105
APÊNDICE A - Resultados preliminares dos testes para o VAR e VECM – período 2008 – 2019	111
APÊNDICE B – Resultados dos modelos GARCH – período 2009 – 2019	139
APÊNDICE C – Histograma dos resultados do Value at Risk dos contratos de EUA – período 2008 – 2019	150
APÊNDICE D – Glossário	162
ANEXO A - Conclusões do Conselho Europeu CO EUR 2 CONCL 1	164

1 Introdução

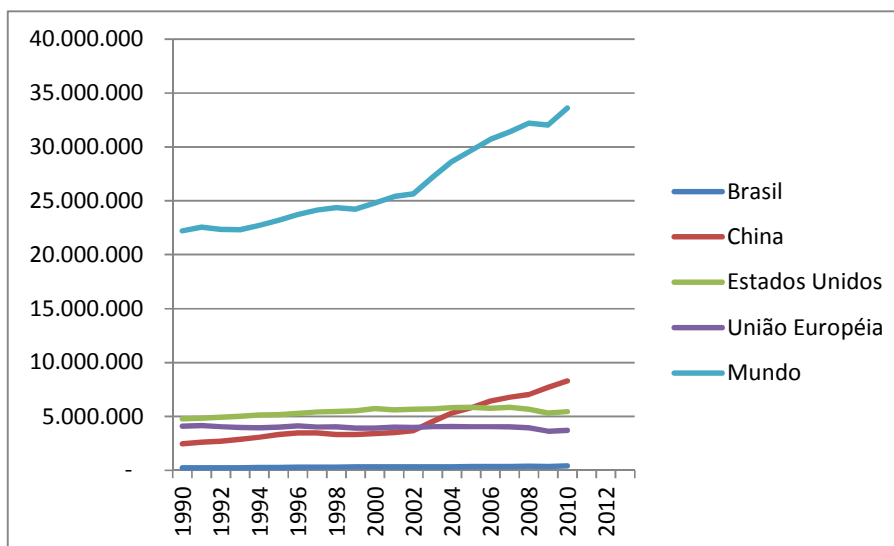
Vários países passaram a demonstrar um comprometimento maior com desenvolvimento sustentável a partir da criação do Protocolo de Kyoto, em 1997, onde foram fixadas metas para redução da emissão de gases poluentes dos países signatários.

O Japão, países da União Europeia e os Estados Unidos já tiveram suas metas estabelecidas, porém, este último, apesar de ser o maior emissor de gases estufa, retirou-se do acordo em 2001. Em fevereiro de 2005, com a ratificação da Rússia, o protocolo entrou em vigor, totalizando uma adesão dos países responsáveis por 55% da poluição mundial, mesmo com a ausência dos Estados Unidos (SEIFFERT, 2009). Porém, em 2010, pouco tempo após a validação do protocolo, Rússia, Japão e Canadá se retiraram do acordo. A Rússia alegou que motivos econômicos motivaram sua saída, enquanto os dois últimos criaram esquemas próprios para redução da emissão de gases poluentes, mas desvinculados das obrigações impostas pelo protocolo.

Os países signatários do Protocolo de Kyoto possuem metas para a redução da emissão de Gases Efeito Estufa (GEE), estas são ratificadas pelos países signatários, os quais anualmente recebem quotas para emissões de GEE, que por sua vez são rateadas entre empresas de diversos setores.

Por sua vez, essas empresas têm de reduzir suas emissões de gases poluentes, sob pena de arcarem com o pagamento de multas, caso ultrapassem os limites pré-estabelecidos. Contudo, algumas organizações não conseguem (ou não têm interesse) em atingir tais reduções, sendo obrigadas a adquirirem títulos específicos no mercado para compensarem a parcela de emissões não reduzida, objetivando com isto, que perdas significativas sejam reduzidas ou até mesmo eliminadas.

Figura 1 (1) - Gráfico de Emissão de CO2 durante o período de 1990 – 2010



Fonte: World Bank (2013)

A Figura 1 (1) demonstra as emissões de CO2 durante um período de 20 anos, onde pode ser observada uma pequena redução a partir de 2008, nas emissões da União Europeia e dos Estados Unidos, enquanto o Brasil demonstrou um leve acréscimo. Já a China vem demonstrando um crescimento significativo de seus níveis de poluição, contribuindo de forma direta para o aumento das emissões globais.

A Organização das Nações Unidas (ONU) destaca em sua Agenda para o Desenvolvimento (2007), como um de seus desafios, o desenvolvimento do Protocolo de Kyoto e a busca por um “futuro mais limpo”. Isto é visto como essencial para a continuidade da sociedade, fato que tem levado à criação de políticas públicas em vários países, buscando-se assim, o equilíbrio entre desenvolvimento e preservação ambiental.

Tais políticas têm obrigado empresas de diversos setores a modificarem seus processos produtivos visando a redução da emissão de GEE. Porém, essas alterações nem sempre são capazes de reduzir as emissões aos níveis das metas impostas pelo Protocolo de Kyoto,

obrigando assim, as empresas a compensarem o excesso de poluição produzida com a aquisição de permissões para emissão de carbono (EUA).

As EUA são concedidas pelos países signatários às empresas dos setores que possuem restrições para emissão de poluentes. Estas permissões são negociadas no mercado *à vista* e futuros, onde são classificados como ativos financeiros e comercializados em bolsas de valores tradicionais ou específicas.

Este novo ativo financeiro tem sido amplamente negociado nos últimos anos, principalmente em bolsas que operam com contratos ligados à energia, aproveitando-se assim da estrutura e *know-how* já existentes (KNOX-HAYES, 2009). O mercado de EUA cresceu substancialmente nos últimos anos, podendo chegar a ser um dos maiores mercados de *commodities* do mundo nas próximas décadas (PIRRONG, 2011).

Destacam-se, com os maiores volumes de negociação no mundo, a *European Climate Exchange* – ECX, ligada à Intercontinental Exchange, localizada na Inglaterra e a *European Energy Exchange* – EEX situada na Alemanha.

Na União Europeia, a negociação ocorre dentro das normas impostas pelo *European Union Emission Trading Scheme* (EU ETS), responsável por regular a utilização dos EUA, estabelecer as metas para redução de poluição e distribuir as quotas de EUA entre os países membros da comunidade europeia. Atualmente, a União Europeia detém o maior volume de negociação de EUA no mundo, reunindo também o maior número de empresas que seguem as determinações do Protocolo de Kyoto.

No Brasil, a negociação das permissões para emissão de carbono tem pouca negociação na BM&FBOVESPA, ocorrendo apenas alguns leilões esporádicos destes créditos. Algumas empresas localizadas no Brasil, quando geram créditos para emissão de carbono, vendem este excedente em mercados externos, sendo ainda o mercado europeu o maior do mundo.

1.1 Esquema de negociação na União Europeia

O *European Union Emission Trading Scheme* (EU ETS) foi criado em 2003, começando a operar em janeiro de 2005, tornando-se o maior esquema de negociação de reduções de CO₂ no mundo (LECOCQ, 2005). O EU ETS oferece a seus países membros possibilidade de negociar três produtos principais: *European Union Allowances* (EUA), *Certified Emission Reduction* (CER) e *European Union Aviation Allowances* (EUAA). Sendo estes divididos em três tipos de operações: *spot*, futuros e opções.

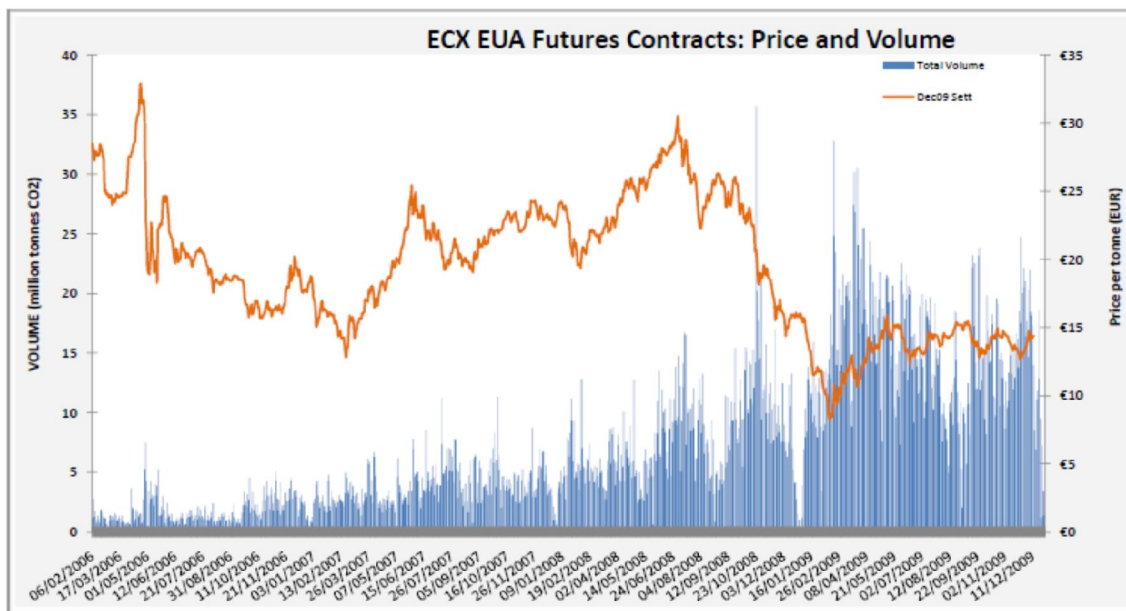
Dentre as bolsas onde são negociadas as EUAs, destaca-se a European Climate Exchange (ECX), atualmente vinculada à Intercontinental Exchange (ICE), e ligada diretamente à divisão da ICE Futures Europe, em Londres tem como característica principal a atuação nos mercados futuros, de opções e OTC (over-the-counter), nas áreas de energia, agricultura, moedas, índices de ações e emissões.

As EUAs foram o primeiro produto negociado na ECX, em abril de 2005, sendo inicialmente emitidos sob a forma de contratos futuros, posteriormente, em outubro de 2006, passou-se a negociar opções de EUAs e finalmente em 2009 foi implementada a negociação de contratos *spot*. Já as CER começaram a ser negociadas a partir de março de 2008, através de contratos futuros, cerca de dois anos depois, em maio de 2008 teve início a negociação das opções de CER.

O setor de aviação civil teve suas metas de emissões de poluentes em 2012, com a entrada em vigor da negociação da EUAAs, aumentou ainda mais a amplitude do mercado de carbono, tendo em vista que se trata de um setor altamente poluente.

Outra bolsa importante no mercado de emissões é a European Energy Exchange (EEX), onde são negociados contratos de energia e emissões, todos nas modalidades *spot* e futuros.

Figura 2 (1) - Gráfico de Preço e volume dos contratos futuros de EUA negociados na ECX

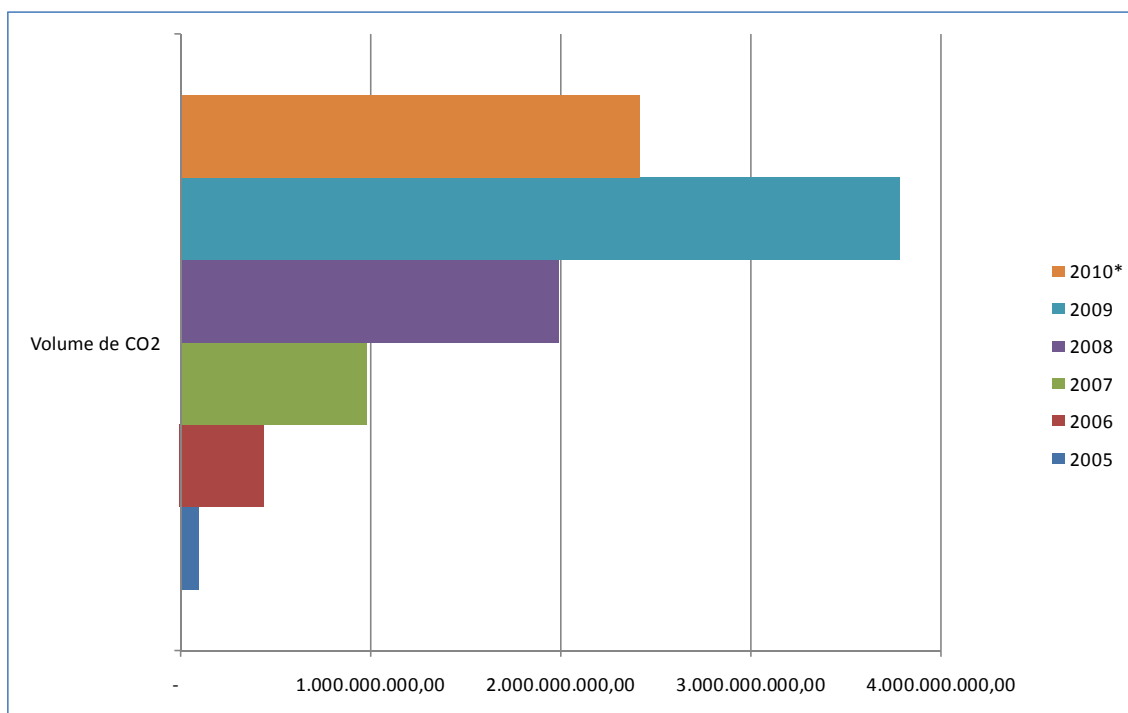


Fonte: European Climate Exchange (2010).

A figura 2 (1) demonstra a oscilação do preço por tonelada de CO₂ e o volume negociado durante o período de fevereiro de 2006 até dezembro de 2009.

No período de janeiro de 2005 até junho de 2010 foram negociadas 9,7 bilhões de toneladas de CO₂ em contratos futuros de EUAs, onde cerca de 84% deste volume foi negociado de janeiro de 2008 até junho de 2010.

Figura 3 (1) - Gráfico de Volume de CO2 negociado na ECX



Fonte: Formulação Própria. Elaborado com dados obtidos da *European Climate Exchange* (2010).

A Figura 3(1) demonstra o crescimento do montante negociado desde a criação da ECX.

A *European Energy Exchange* (EEX), sediada em Leipzig (Alemanha), oferece a possibilidade de negociação de contratos nos mercados *spot*, de derivativos e OTC, transacionando energia, gás natural, emissões e carvão (exceto *spot*).

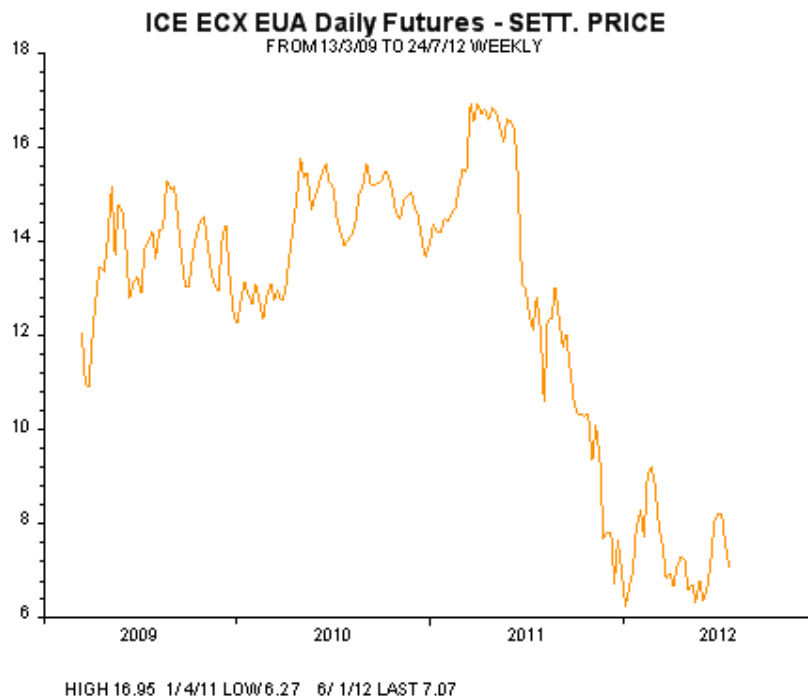
Figura 4 (1) - Gráfico do Volume e preço de CO2 negociado na EEX



Fonte: *European Energy Exchange* (2012).

A Figura 4 (1) mostra a variação dos preços do EUA *spot* entre 2005 e 2012, bem como o volume negociado no mesmo período. Destaca-se o alto valor após o primeiro ano da série, atingindo o maior patamar de todos os tempos, ocorrendo logo em seguida a queda abrupta dos preços. Após os primeiros ajustes do mercado o preço dos EUA *spot* voltou a cair até chegar a zero devido ao fim da primeira fase do protocolo e, conseqüentemente, a impossibilidade de negociar esses créditos na fase seguinte.

Figura 5 (1) - Gráfico de Preços do CO2 negociados na ECX



Fonte: *European Climate Exchange* (2012)

A Figura 5 (1) evidencia as flutuações dos preços do EUA Future na ECX (The ICE) entre 2009 e 2012, sobretudo as quebras estruturais das séries de preços. Destacando-se a queda abrupta dos preços iniciada em 2011 devido ao excesso de alocações de permissões. Demonstrando mais uma vez a relevância do papel das decisões políticas como elemento influenciador nos preços do mercado.

1.2 Justificativa

A maximização dos resultados e minimização dos riscos são objetivos almejados pelos gestores financeiros, para atingirem tais metas, muitas vezes podem ser utilizados instrumentos

financeiros como derivativos, com isto, consegue-se reduzir a exposição aos riscos, fixando resultados pré-estabelecidos.

O Protocolo de Kyoto estabeleceu inicialmente o período de 2008 até 2012, para os países componentes do acordo, como sendo seu primeiro prazo de comprometimento para redução das emissões de gases efeito estufa. Com isto, milhares de empresas, sobretudo as europeias, foram obrigadas a reduzir seus níveis de emissões de GEE. Porém, como muitas organizações não conseguem atingir suas metas, são obrigadas a recorrer ao mercado financeiro para adquirirem créditos de EUA, evitando assim sanções legais.

Esse período coincidiu com a segunda fase para redução de emissões estabelecida pela EU ETS. A União Europeia estabeleceu o período de 2013 até 2020 como terceira fase de seu esquema de negociações de EUA.

No início dessa fase, já em 2013, a EU ETS iniciou uma nova forma de distribuição dos EUAs para as empresas, onde parte das permissões que anteriormente eram distribuídas gratuitamente passaram a ser leiloadas no mercado, sendo necessária uma redução maior da emissão de gases poluentes. Até 2020 o percentual de permissões leiloadas aumentará, chegando a um montante de 80% da meta de redução de alguns setores.

Acredita-se que este novo ativo financeiro terá um papel relevante no mercado mundial de *commodities*, podendo ser nos próximos anos um dos mais negociados em todo mundo (CHEVALLIER, IELPO, MERCIER, 2009; PIRRONG, 2011).

Pesquisas utilizando, principalmente informações de bolsas europeias, já analisam as flutuações dos preços à vista e futuros dos EUA, mas como o mercado sofreu alterações na forma de negociação, sobretudo pela mudança das etapas definidas pela EU ETS, alguns desses estudos precisam ser analisados sob uma nova ótica. Este mercado ainda é considerado recente, mesmo tendo iniciado suas operações em 2005, apenas em 2008 ele saiu da fase experimental

(DASKALAKIS, PSYCHOYIOS, MARKELLOS, 2009; BENZ, TRÜCK, 2009; CHEVALLIER, 2009; GAGLIARDI, 2009; CONVERY, REDMOND, 2007).

O aumento pela demanda por estes ativos financeiros juntamente com outros fatores macroeconômicos e políticos podem elevar os preços dos mesmos, levando as empresas a problemas futuros de ordem legal, financeira e econômica. Podendo, em casos extremos, acarretar na redução significativa dos lucros e até mesmo na descontinuidade do negócio.

Desta forma, faz-se necessária a correta compreensão dos fatores determinantes das séries de preços dos EUA no mercado futuros, pois é ponto precípuo para a proteção e gerenciamento dos riscos, a manutenção dos resultados almejados e a continuidade das atividades empresariais.

Estudos anteriores (CHEVALLIER, 2009; HINTERMANN, 2010; CHEVALLIER, 2011) têm abordado a interação do mercado de carbono com fatores climáticos, macroeconômicos e políticos (BLYTH et al., 2009; BLYTH, BUNN, 2011), nos primeiros anos de vigência do protocolo. As relações entre essas variáveis e o mercado de carbono têm se mostrado inconstantes, atribuindo-se ao período estudado a razão por essa volatilidade nos resultados apurados. Ressalta-se que a fase experimental do protocolo serviu para alinhar os *players* do mercado, sendo tida mais como uma fase para conhecimento e ajuste dos mecanismos peculiares encontrados para regulação do mesmo.

Tem se verificado interação entre contratos *spot* e futuros de EUAs com outros mercados de *commodities*, mercado financeiro e aspectos macroeconômicos. No qual estes tem se mostrado influenciadores nos preços dos EUAs (CHEVALLIER, 2009; HINTERMANN, 2010; CHEVALLIER, 2011).

Observa-se também que os choques provocados pela recessão na economia têm impactado os preços dos EUAs negativamente (CHEVALLIER, 2011). Já os impactos gerados pelo mercado de geração energia fazem com que o mercado de carbono reaja de maneira

positiva, aumentando assim seus preços MANSANET-BATALLER *et al*, 2007; ALBEROLA, CHEVALLIER, CHÈZE, 2007).

Sob esta perspectiva, a proposta desta pesquisa é contribuir com o avanço da área estudada, sobretudo sob a abordagem macroeconômica e política, sendo esta considerada ainda em consolidação e com ainda baixo número de publicações científicas, a abordagem tratada neste trabalho é considerada importante para o desenvolvimento deste campo de estudo. A abordagem em relação à forma de regulação do mercado demonstra assim seu ineditismo.

Os conteúdos aqui abordados agregam novos conhecimentos a esta seara, gerando um debate construtivo a partir da evidenciação e demonstração dos fatores responsáveis pela alteração dos preços no mercado de carbono da EU ETS, visando assim o suporte para a tomada de decisões por seus usuários.

1.3 Delimitação do tema

As mudanças econômicas ocorridas principalmente nos anos 2000 e as pressões por melhores resultados têm feito as empresas maximizarem seus esforços por um melhor desempenho econômico-financeiro. Ao tempo em que se observa também uma sociedade mais forte e preocupada com causas socioambientais, repercutindo inclusive na escolha de seus investimentos, buscando aqueles que são menos agressivos ao meio ambiente e que tenham menor chance de gerar um passivo ambiental futuro, preservando assim os lucros obtidos e o meio ambiente (VYVYAN, NG, BRIMBLE, 2007). No Brasil, o Índice de Carbono Eficiente (ICO2) tem despertado o interesse de investidores preocupados com a causa ambiental, concomitantemente com a expectativa de lucro (BM&FBOVESPA, 2012).

Tendo em vista que os contratos futuros de EUA podem oscilar de preço em função da demanda, da oferta, bem como devido a fatores econômicos, climáticos, políticos, entre outros, aumentando assim a exposição das empresas ao risco, faz-se necessário analisar corretamente tais oscilações e entender quais e como fatores exercem influência significativa, direta ou indiretamente nesses ativos.

A tese do presente trabalho é a de que fatores exógenos são responsáveis pela variação dos preços dos derivativos de emissões de carbono negociados na European Union Emissions Trading Scheme - EU ETS. A combinação de fatores com aspectos energéticos, climáticos, macroeconômicos, políticos e regulatórios e a existência de recessão tendo a influenciar no preço e na volatilidade dos EUAs no mercado de futuros.

Para alcançar tais objetivos o presente trabalho é composto por três ensaios que em sequencia, abordam os fatores influenciadores dos preços dos derivativos de emissões de carbono negociados na European Union Emissions Trading Scheme - EU ETS, analisa a volatilidade destes contratos e por fim, analisa o risco inerente as operações deste mercado.

Ensaio 1 – A Influência de fatores determinantes dos preços de contratos futuros de permissões para emissão de carbono (EUA)

1 Introdução

O início da vigência do Protocolo de Kyoto fez com que as empresas adaptassem seus processos produtivos no sentido de adequar seus níveis de emissão de gases efeito estufa (GEE) às metas estabelecidas pela União Europeia.

O controle do nível de emissão desses gases tem relação direta com o tipo de matriz energética utilizada pela empresa. Grandes variações nos preços destas podem refletir de maneira significativa no custo de produção e em alguns casos inviabilizar o negócio.

Já as alterações na regulamentação do mercado de carbono, podem alterar os níveis de poluição aceitos pela legislação (MONTGOMERY, 1972), acarretando maior controle das atividades mais poluentes. As restrições impostas às empresas que ultrapassam os limites de poluição podem ser vistas como barreiras à competitividade, isso ocorrendo principalmente naquelas mais poluentes (PERDAN, AZAPAGIC, 2011).

As empresas do setor geração de energia foram as que mais emitiram CO² em 2013, sendo cerca de 70% destas localizadas na Alemanha e Inglaterra (CARBON MARKET DATA, 2014). Desta forma, os aspectos energéticos mostram-se relevantes no mercado de emissões, face ao grande volume de CO² emitido pelas empresas deste setor.

A redução da demanda por bens e serviços em geral, leva a uma redução na emissão de GEE, sobretudo aqueles gerados pelas empresas do setor energético, contribuindo desta forma para a redução pela busca de EUAs no mercado de carbono.

Para tanto as empresas tanto fornecedores como compradoras de EUAs necessitam balizar o risco de suas operações principais, bem como a interação destas com o mercado de carbono, a fim de reduzir o impacto da falta/excesso de alocações de EUAs para negociação.

Os preços podem se tornar mais voláteis devido à mudanças abruptas na regras do mercado de emissões, onde uma maior alocação por parte do governo pode gerar uma crise em todo mercado carbono. Ações políticas no sentido de reduzir as EUAs distribuídas para as empresas tendem a gerar variações nos preços destes ativos.

Esses aspectos devem ser considerados dentro da política de gestão de risco das empresas, visando à mitigação do risco envolvido nas operações da entidade.

Portanto, a análise de fatores influenciadores dos preços dos contratos futuros das permissões para emissão de carbono (EUA) é necessária para que as empresas subordinadas a este mercado possam manter alinhadas suas políticas de emissões de GEE, sem comprometer o negócio como um todo.

Este ensaio está dividido da seguinte forma: a segunda seção apresentará o objetivo do artigo, já a terceira abordará a revisão de literatura, destacando os principais fatores relacionados aos preços das EUA, enquanto na seção 4 será feita uma análise das variáveis destacadas na seção anterior e a quinta e última seção trará as conclusões do ensaio.

2 Objetivo do ensaio

Com a dinâmica do mercado novos produtos são colocados à disposição dos investidores e cada um destes possui peculiaridades inerentes ao tipo de ativo base negociado, sofrendo influência de questões ligadas à oferta, demanda, política, economia, dentre outras. Desta forma, pode-se entender que estudos abordando a precificação de ativos são considerados relevantes na área de finanças.

As informações sobre a precificação desses tipos de contratos são essenciais para que seus usuários, sobretudo os internos, possam criar políticas para a melhor gestão de suas organizações.

No caso das permissões para emissão de carbono (EUA) não é diferente, apesar de ser um ativo financeiro criado em 2005, tem sido amplamente negociado por empresas localizadas em países da União Europeia, em virtude da participação destes no Protocolo de Kyoto. Os gestores dessas organizações buscam informações precisas para o correto apreçamento dos contratos negociados no intuito de criarem estratégias financeiras capazes de melhorar o desempenho dessas empresas, evitando também perdas significativas.

O objetivo deste artigo é analisar os fatores influenciadores dos preços dos contratos futuros de EUA. Dentre as variáveis a serem analisadas estão aquelas consideradas por estudos anteriores, sobretudo às ligadas a outras *commodities*, como energia, gás e petróleo. Desta forma, este artigo objetiva apurar quais fatores são determinantes dos preços de contratos futuros de permissões de emissão de carbono (EUA).

3 Revisão de literatura

3.1 Fatores determinantes dos preços

Em um modelo de concorrência, as interseções entre as curvas de oferta e demanda determinam os preços dos produtos, entretanto existem diversos fatores que norteiam estas curvas, fazendo que existam flutuações de preços (HULL, 2008). Em uma análise dos preços no mercado de ações, observa-se que os determinantes podem ser endógenos e/ou exógenos, variando com o tempo, de acordo com setor da empresa e a região onde está localizada. Fatores como preço do petróleo, índice de lucratividade, taxa de inflação do país, oferta de crédito, composição da diretoria da empresa, competição *etc*, influenciam o valor das ações, podendo ainda se correlacionarem entre si (CHEN, ROLL, ROSS, 1986; SOMOYE, AKINTOYE, OSENI, 2009; CHEVALLIER, 2009).

Chen, Roll e Ross (1986) constataram que os retornos das ações são sensíveis às mudanças da economia, demonstrando assim forte ligação entre variáveis macro e microeconômicas e a determinação dos preços das ações, pressupondo assim a influência de diversos fatores na construção do preço de determinado título. Já Chevallier (2009), encontrou baixa relação entre o preço de contratos futuros de permissões para emissão de carbono (EUA) negociados em bolsas europeias durante a Fase 1 do Protocolo de Kyoto (2005-2007) e fatores de risco macroeconômicos, acreditando que a preferência dos investidores difere entre este tipo de derivativo e outros ativos financeiros tradicionais.

Aspectos políticos também são destacados como direcionadores dos preços das EUA, onde diversos cenários podem ser elaborados de acordo com o nível de exigências estabelecidas

pelas políticas públicas da União Europeia (BLYTH et al., 2009; BLYTH, BUNN, 2011; FULLERTON, KARNEY, BAYLIS, 2013).

As possíveis alterações dos objetivos das políticas públicas levam Knox-Hayes (2009) a ratificar a imaturidade do mercado de carbono devido à incerteza sobre o funcionamento futuro dos mecanismos para geração de créditos de carbono.

Destaca-se também o uso de competências adquiridas pelas empresas atuantes no mercado financeiro de grandes centros, como Nova York e Londres, onde esta prática é vista como fator que possibilita a redução dos custos de transação nas operações (KNOX-HAYES, 2009). Entende-se assim que o processo de expansão desse mercado é gradativo e paulatino, onde, no longo prazo os preços futuros tenderão a refletir os preços à vista (CONVERY, REDMOND, 2007; GAGLIARD, 2009).

Destacamos a seguir fatores relacionados ao mercado de carbono, sendo estes aspectos: macroeconômicos, regulatórios, climáticos e energéticos.

3.1.1 Aspectos macroeconômicos

Aspectos macroeconômicos são reconhecidos como de grande influência nos preços de ações, derivativos e títulos em geral (BAILEY, CHAN, 1993; CHEN 1991). As variações destes são capazes de direcionar os preços de determinado ativo, podendo expor as organizações a um maior nível de risco.

O crescimento da oferta por bens e serviços está diretamente relacionado à produção dos mesmos. Já o aumento do consumo, observado através do crescimento do PIB e do investimento fixo representam uma oportunidade das empresas produzirem mais, respondendo assim a necessidades do mercado (BLANCHARD, 2004). Por sua vez, para que haja este aumento de produção e acréscimo na oferta de seus produtos, em alguns casos, após esgotar

sua capacidade ociosa, as empresas também precisam aumentar seu investimento em ativos fixos, aumentando assim sua capacidade produtiva.

Quando ocorre um aumento na produção de bens e serviços, sobretudo aqueles ligados à aspectos energéticos, tende a existir um aumento na emissão de poluentes sólidos, líquidos e/ou gasosos. No caso de uma maior emissão de gases efeito estufa (GEE), por parte das empresas, haverá necessidade destas atentarem ao limite máximo de emissões estabelecido para cada organização, ou seja, aquelas que emitirem volumes de GEE além de suas quotas deverão recorrer ao mercado de carbono a fim de adquirirem EUA, quer seja no mercado à vista ou futuros.

Sob este argumento será observado um incremento da demanda, enquanto a oferta permanecerá a mesma ou não acompanhará na mesma velocidade o aumento da demanda. Com isto, os preços dos EUA tenderão a subir.

Já a redução da demanda por bens e serviços proporcionaria uma queda na produção, fazendo com que as empresas poluam menos, resultando na sobra de EUA, que por sua vez teria seu valor reduzido no mercado em função de uma maior oferta. Isto foi observado durante a última grande crise mundial, no período de 2008 e 2009, onde empresas de diversos setores ficaram abaixo da meta de emissões estipuladas pela EU ETS.

O avanço tecnológico, visto como fator endógeno, tem ligação com o crescimento econômico, porque a geração de novas ideias é vista como um bem *excluível* e não tem sido incluída de alguns modelos (JONES, 2000).

O surgimento de novas tecnologias e a sua curva de aprendizado contribuem para a redução dos custos de transação nos meios de produção (WILLIAMSON, 1994, 1995), bem como para a redução da emissão de poluentes (BLYTH, BUNN, KETTUNEN, WILSON, 2009). Investimentos em pesquisa e desenvolvimento de modelos mais “limpos” e eficientes, atrelados a novas políticas ambientais surgem como alternativa para a melhoria da eficiência

no consumo energético das empresas, sobretudo no que se relaciona à redução da poluição (GANS, 2012).

Plantas industriais capazes de utilizar, como fontes de energia para suas atividades, a energia eólica e a solar criam a possibilidade de reduzir os custos de produção, aumentar a eficiência e minimizar a emissão de poluentes. Todavia, o custo para implementação desses investimentos ainda é alto, sendo necessário apoio governamental, no sentido de criar ou expandir políticas públicas de caráter ambiental (BLYTH, BUNN, 2011).

Sob a perspectiva do mercado de carbono, o avanço tecnológico é fator relevante devido à possibilidade de migração para fontes limpas de geração de energia, reduzindo-se assim a redução de emissão GEE, bem como de outros resíduos decorrentes dos fatores produtivos.

3.1.2 Aspectos regulatórios

O marco regulatório do mercado de carbono é o protocolo de Kyoto, o qual determina a redução dos níveis de emissão para os países signatários durante os períodos de 2005 – 2007 (Fase 1), 2008 – 2012 (Fase 2) e de 2013 – 2020 (Fase 3). Dentro da União Europeia a regulação se dá através das diretrizes emanadas por seu parlamento, tendo como base a *Directive* 2003/87/EC, que criou o regime de comércio de permissões de emissão de gases efeito de estufa (EUA) na Comunidade Europeia. Esta norma já sofreu diversas alterações visando adequar-se a criação de uma melhor estrutura para o funcionamento do esquema de negociações de seus países-membros.

Dentre os aspectos regulatórios que interferem na precificação dos contratos futuros de EUA estão as proibições para *banking* e *borrowing*. O primeiro se refere à transferência da quota de EUA não utilizada do período corrente para um período futuro, já o segundo é

antecipação do uso EUA de períodos futuros para alcançar a meta de poluição do período corrente. Tais proibições vigoraram durante a primeira fase do protocolo.

As restrições, impostas pela EU ETS, para a utilização desses recursos interferiram diretamente no mercado, provocando redução da demanda e conseqüentemente, a queda do preço do EUA (CHEVALLIER, 2009; BENZ, TRÜK, 2009; DASKALAKIS, PSYCHOYIOS, MARKELLOS, 2009).

De acordo com Maeda (2004), as operações de *banking* têm como finalidade conectar os preços de EUA futuros com o preço *spot*, além de auxiliar conjuntamente com as atividades de *borrowing* a estabilizar os preços dos contratos. As restrições para ambas as operações, ou seja, a transferência/antecipação de EUA para negociação entre a primeira e segunda fases, são apontadas como uns dos fatores responsáveis pelo aumento na instabilidade dos preços no fim de cada período (ALBEROLA, CHEVALLIER, 2007) além de contribuir para a redução de liquidez do mercado durante a primeira fase do protocolo (CHEVALLIER et al. 2009; MONTAGNOLI, VRIES, 2010; CHEVALLIER, 2009).

A possibilidade de utilizar as opções de *banking* e *borrowing* demonstra a forte influência política exercida pela União Europeia sob o seu esquema de negociação EU ETS, podendo alterar as regras do mercado, influenciando assim no preço do EUA.

Em um mercado de emissões, a flexibilidade para utilização das opções de *banking* e *borrowing* pode contribuir para uma piora no resultado social, ou seja, aumento da emissão de resíduos poluentes. Para minimizar, e em alguns casos até restringir essas práticas, podem ser criadas normas que determinem descontos das permissões futuras que serão utilizadas no presente (RUBIN, 1996, KLING, RUBIN, 1997).

De uma forma geral, a criação e regulação de mercados de emissões está diretamente ligada ao controle dos níveis de poluição (MONTGOMERY, 1972), onde a intervenção governamental gera restrições que podem incluir ou excluir os participantes de diversos setores.

Os setores de energia e da indústria intensiva foram os primeiros a terem suas metas de redução estabelecidas durante a primeira fase do protocolo, a partir disto novos setores foram incluídos no esquema de reduções, destacando-se o da aviação civil, cuja entrada ocorreu em 2012 (PERDAN, AZAPAGIC, 2011). Acredita-se que algumas empresas têm empregado recursos substanciais em estratégias de *lobby*, buscando politicamente vantagens em relação a outros setores através do recebimento de um maior número de alocações de EUA e da não inclusão de alguns tipos de GEE (PERDAN, AZAPAGIC, 2011).

A alocação de EUA durante a fase piloto (2005 – 2007) ocasionou forte oscilação dos preços, isto porque foram distribuídas permissões superiores às necessidades do mercado. Desta forma, observou-se assim um excesso de EUA disponível para negociação, acarretando uma queda abrupta dos preços do EUA em abril de 2006. Tal fato ocorreu após a divulgação de informações pela Comunidade Europeia, durante o *compliance event*, evento onde são feitos os anúncios sobre o balanço das EUA distribuídas e as utilizadas pelas empresas.

A ausência de uma política global para a redução das emissões de gases poluentes atrelada ao momento de incertezas na economia contribui para a criação de dúvidas sobre o funcionamento e a delimitação de normas nos mercados de carbono (PERDAN, AZAPAGIC, 2011). Exemplo disto foi a vulnerabilidade demonstrada pelo mercado em função da crise econômica no final dos anos 2000 e também devido às dúvidas sobre a continuidade do Protocolo de Kyoto após seu primeiro período de comprometimento, ao final de 2012 (BENESSAIAH, 2012).

Pirrong (2011) simulou diferentes alterações na legislação imposta pela EU ETS no intuito de verificar o impacto político nos preços do mercado de carbono, constatando que quando os certificados são emitidos anualmente e expiram após o lançamento dos novos certificados, os preços tendem a despencar, ao tempo que quando eles podem ser estocados os preços tendem a se comportar como de outra *commodity* sazonal.

Este resultado revela que a estocabilidade dos certificados, através das possibilidades de *banking e borrowing*, influencia no preço deste tipo de produto, corroborando com a afirmação de Pirrong (p. 152, 2011): “*These certificates are human creations, and their characteristics can be established by legislation or regulation*”. Uma maior oferta ou demanda por estes certificados poderá ser influenciada pelas decisões dos reguladores na União Europeia.

Portanto, os legisladores que tratam das políticas públicas na União Europeia possuem a competência legal para influenciar os preços no mercado de carbono através da criação/edição de normas a serem seguidas por seus países-membros.

3.1.3 Aspectos climáticos

A variabilidade do clima eleva substancialmente o risco de vários setores, desde os ligados ao ramo agropecuário até os ligados ao turismo. No começo da década de 80, em um artigo seminal, Roll (1984) verificou que alguns fatores como clima, safra estocada, notícias do mercado financeiro, dentre outros, não influenciavam significativamente as oscilações diárias ocorridas no importante mercado de suco de laranja dos Estados Unidos. Destacando que o clima apesar de ter forte ligação com a produção, não podia ser considerado como um *driver* dos preços do produto no mercado.

Desde a metade da década de 90 tem se negociado derivativos climáticos com o objetivo de reduzir a exposição das empresas ao risco resultante das mudanças climáticas (JEWSON, BRIX, 2007; CAMPBELL, DIEBOLD, 2003). Este mercado tem crescido substancialmente, acompanhando os problemas com a previsibilidade das mudanças climáticas, de tal forma que os mais variados setores precisam recorrer às diversas formas de proteção contra essas variações, buscando assim a redução de suas perdas (HULL, 2008).

A sazonalidade e as tendências de alterações climáticas, em determinadas regiões, dificultam uma maior precisão acerca da variabilidade do clima, ou seja, o risco é maior. Destarte, faz-se necessário apurar quais fatores afetam as previsões climáticas (CAMPBELL, DIEBOLD, 2003), para que as empresas possam utilizar estes derivativos como instrumento de *hedge*.

O clima não tem influenciado significativamente nos preços dos derivativos de carbono, salvo em casos de variações extremas de temperatura (MANSANET-BATALLER *et al*, 2007). Observa-se que apesar da ligação direta com a geração de diversos tipos de *commodities*, sobretudo os energéticos, bem como com o meio ambiente, porém o clima não tem se apresentado como um dos fatores mais relevantes para a precificação destes produtos.

3.1.4 Aspectos energéticos

A eficiência energética, bem como novas fontes de energia são vistas como algumas das soluções para a redução das emissões de gases poluentes, influenciando assim a forma de consumir energia de acordo com diversas matrizes disponíveis.

Assumiremos como variáveis energéticas os preços do: *carvão*, *brent*, gás natural e da energia elétrica (HULL, 2005; BAILEY, CHAN, 1993; CHEN, 1991). Estas variáveis estão diretamente ligadas ao consumo da população e principalmente ao processo produtivo das empresas, ou seja, a necessidade de se adquirir créditos de carbono está relacionada com a utilização dessas fontes. Já Pirrong e Jermakyan (2008) acrescentam a demanda e o preço do combustível como variáveis determinantes do preço *spot* da energia.

Pelo fato das empresas produtoras de energia Europa utilizarem essencialmente combustíveis fósseis como matriz energética acabam emitindo mais gases poluentes, por consequência necessitam adquirir EUA no mercado de carbono. Com isto, as empresas do setor

elétrico incluem o preço do EUA dentro do custo de produção da eletricidade (OBERNDORFER, 2009; HINTERMAN, 2010; KIRAT, AHAMADA, 2011).

O período relativo à primeira fase não se mostrou eficaz para a redução das emissões pelas companhias elétricas, e também para o investimento destas em tecnologias menos poluentes, fato relacionado à estrutura do mercado na EU ETS, onde as emissões eram distribuídas gratuitamente (OBERNDORFER, 2009; KIRAT, AHAMADA, 2011).

Outro ponto importante a ser destacado é a avaliação imprecisa dos preços dos derivativos, especialmente os de energia, acreditando-se com isto, que a falta de uma regulamentação mais forte tenha sido um dos principais causadores da crise financeira de 2007-2008, bem como dos picos no preço da energia em 2008 (PIRRONG, 2009; 2010).

Face à variabilidade dos preços, da oferta e da demanda por energia, este mercado vem sendo considerado muito volátil, portanto arriscado o suficiente para que seus participantes utilizem estratégias de *hedge* para se protegerem. Para tanto tem sido utilizados em grande escala os derivativos de energia, sobretudo pelas empresas geradoras de energia (CAMPBELL, DIEBOLD, 2003; HULL, 2005).

O risco tem sido reduzido também a partir da utilização de outros derivativos correlacionados, sobretudo os climáticos, onde as empresas diminuem suas perdas a partir do travamento das mesmas em níveis aceitáveis para determinados períodos. O grande volume de negociação destes derivativos tem feito com que este mercado se desenvolva, tornando-o um dos maiores do mundo, ao lado dos produtos agropecuários.

4 Metodologia

As séries históricas utilizadas compreendem os preços futuro dos contratos de EUA e das variáveis energéticas, sendo estas *brent*, carvão, gás natural e eletricidade durante o período de 02.01.2008 até 25.07.13, cujos vencimentos são nos meses de dezembro de 2008 até 2019, foram desconsiderados os finais de semana, feriados e dias em que não existiu cotação de pelo menos um dos contratos analisados, conforme demonstrado na tabela 1 (4) a seguir. Maiores detalhes destas séries podem ser obtidos no Apêndice A deste trabalho.

Os dados foram extraídos do sítio da The Intercontinental Exchange (The ICE) e da plataforma *data stream* da Thomson Reuters.

Tabela 1(4) - Período dos contratos analisados

EUA / <i>Brent</i>/ Carvão / Gás Natural / Eletricidade			
Ano de Vencimento dos Contratos	Período de Negociação		Amostras
2008	02/jan/08	13/nov/08	220
2009	02/jan/08	13/nov/09	471
2010	02/jan/08	15/nov/10	724
2011	02/jan/08	15/nov/11	978
2012	02/jan/08	15/nov/12	1231
2013	08/abr/08	25/jul/13	1334
2014	08/abr/08	25/jul/13	1334
2015	06/ago/10	25/jul/13	749
2016	06/ago/10	25/jul/13	749
2017	06/ago/10	25/jul/13	749
2018	06/ago/10	25/jul/13	749
2019	16/nov/10	25/jul/13	677

Fonte: Elaboração própria

4.1 Modelos utilizados

A utilização do modelo de vetor autorregressivo (VAR) visa determinar as inter-relações entre as variáveis analisadas, permitindo assim que se analise o efeito de uma nas outras. Com isto verifica-se, em uma variável, sua resposta ao impacto de um choque em um outro componente (BROOKS, 2008). No caso destas variáveis apresentarem relações de longo prazo, deve-se utilizar o modelo vetorial com correção de erros (VECM), tendo em vista que este tem maior robustez por incorporar ao VAR os desvios em relação à trajetória dentro desse horizonte de tempo.

O modelo VECM pode assumir várias especificações de tendência. Para o caso de um termo constante e uma tendência linear o VECM se torna

$$\Delta y_t = \alpha \beta' y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \Gamma_i \Delta y_{t-i} + v + \delta t + \epsilon_t$$

podemos reescrever os componentes determinísticos como:

$$\begin{aligned} v &= \alpha \mu + \gamma \\ \delta t &= \alpha \rho t + \tau t \end{aligned}$$

onde μ e ρ são vetores $r \times 1$ de parâmetros e γ e τ são vetores $K \times 1$ de parâmetros. γ é ortogonal à $\alpha \mu$, e τ é ortogonal a $\alpha \rho$; isto é, $\gamma' \alpha \mu = 0$ e $\tau' \alpha \rho = 0$, permitindo que se escreva a equação como

$$\Delta y_t = \alpha (\beta y_{t-1} + \mu + \rho t) + \sum_{i=1}^{p-1} \Gamma_i \Delta y_{t-i} + \gamma + \tau t + \epsilon_t$$

Assim de acordo com a notação de Johansen (1995) temos cinco especificações diferentes de tendência:

Notação de Johansen (1995)	Restrições nos parâmetros
H(r)	Nenhuma
H*(r)	$\tau = 0$
H ₁ (r)	$\rho = 0$ e $\tau = 0$
H ₁ [*] (r)	$\rho = 0, \gamma = 0$ e $\tau = 0$
H ₂ (r)	$\mu = 0, \rho = 0, \gamma = 0$ e $\tau = 0$

A notação $H(r)$ permite uma tendência linear nas equações de cointegração e uma tendência quadrática nos dados não diferenciados. Uma tendência linear nas equações de cointegração implica que as equações de cointegração são assumidas como tendo tendência estacionária.

A notação $H^*(r)$ define um modelo de tendência restrita que exclui as tendências lineares nos dados diferenciados mas permite que ocorra uma tendência linear nas equações cointegradas.

A terceira notação define um modelo com constante sem restrição. Isso permite uma tendência linear nos dados não diferenciados e equações cointegradas que são estacionárias ao redor de uma média diferente de zero. Esta é a notação aplicada aos modelos.

Em $H_1^*(r)$, é definido um modelo com constante restrita em que não existe nem uma tendência linear nem quadrática nos dados não diferenciados. Um μ não zero permite que as equações de cointegração sejam estacionárias ao redor de médias não zeros, que fornece os únicos interceptos para os dados diferenciados.

Na última especificação, há um modelo que não inclui nem tendência nem constante. Quando não há constante ou tendência, as equações de cointegrações são restritas como sendo estacionárias com médias zero. Além disso, depois de ajustar para os efeitos das variáveis endógenas defasadas, os dados diferenciados são modelos como tendo média zero.

São estimados três parâmetros de interesse: 1. os parâmetros nas equações de cointegração β ; os coeficientes de ajustamento α ; os coeficientes de curto prazo.

Já um modelo VAR é aquele em que K variáveis são especificadas como funções lineares de p das suas próprias defasagens, p defasagens das outras $K - 1$ variáveis, e possíveis variáveis exógenas. Algebricamente, um modelo VAR de ordem p , escrita como $VAR(p)$, com variáveis exógenas x_t é dada por

$$\mathbf{y}_t = \mathbf{v} + \mathbf{A}_1 \mathbf{y}_{t-1} + \cdots + \mathbf{A}_p \mathbf{y}_{t-p} + \mathbf{B}_0 \mathbf{x}_t + \mathbf{B}_1 \mathbf{x}_{t-1} + \cdots + \mathbf{B}_s \mathbf{x}_{t-s} + \mathbf{u}_t \quad t \in \{-\infty, \infty\}$$

onde $\mathbf{y}_t$ é um vetor de dimensões $K \times 1$; $\mathbf{A}_1$ até $\mathbf{A}_p$ são matrizes $K \times K$ de parâmetros; $\mathbf{x}_t$ é um vetor $M \times 1$ de variáveis exógenas; $\mathbf{B}_0$ à $\mathbf{B}_s$ são matrizes $K \times M$ de coeficientes; $\mathbf{v}$ é um vetor $K \times 1$ de parâmetros; e $\mathbf{u}_t$ é assumido como um ruído branco, tal que $E(\mathbf{u}_t) = 0$, $E(\mathbf{u}_t \mathbf{u}_t') = \Sigma$ e $E(\mathbf{u}_t \mathbf{u}_s') = 0$ para $t \neq s$.

Existem $K^2 \times p + K \times (M(s+1) + 1)$ parâmetros na equação para y_t , e existem $\{K \times (K+1)\}/2$ parâmetros na matriz de covariância Σ . Uma forma de reduzir o número de parâmetros é especificar um modelo VAR incompleto, em que alguma das matrizes $\mathbf{A}$ e $\mathbf{B}$ são iguais a zero. Outra forma é especificar restrições lineares em alguns dos coeficientes do modelo.

Um modelo VAR pode ser visto como a forma reduzida de um sistema de equações simultâneas dinâmicas. Considere o sistema

$$\mathbf{W}_0 \mathbf{y}_t = \mathbf{a} + \mathbf{W}_1 \mathbf{y}_{t-1} + \cdots + \mathbf{W}_p \mathbf{y}_{t-p} + \tilde{\mathbf{W}}_1 \mathbf{x}_t + \tilde{\mathbf{W}}_2 \mathbf{x}_{t-2} + \cdots + \tilde{\mathbf{W}}_s \mathbf{x}_{t-s} + \mathbf{e}_t$$

onde $\mathbf{a}$ é um vetor $K \times 1$ de parâmetros, $\mathbf{W}_i$, $i = 0, \dots, p$, é uma matriz $K \times K$ de parâmetros, e $\mathbf{e}_t$ é um vetor de erros $K \times 1$. Em um sistema tradicional de equações simultâneas dinâmicas, suficientes restrições são impostas sobre a matriz $\mathbf{W}_i$ para obter a identificação. Assumindo que $\mathbf{W}_0$ é não singular, a equação pode ser reescrita como

$$\begin{aligned} \mathbf{y}_t = \mathbf{W}_0^{-1} \mathbf{a} + \mathbf{W}_0^{-1} \mathbf{W}_1 \mathbf{y}_{t-1} + \cdots + \mathbf{W}_0^{-1} \mathbf{W}_p \mathbf{y}_{t-p} + \mathbf{W}_0^{-1} \tilde{\mathbf{W}}_1 \mathbf{x}_t + \mathbf{W}_0^{-1} \tilde{\mathbf{W}}_2 \mathbf{x}_{t-2} + \cdots \\ + \mathbf{W}_0^{-1} \tilde{\mathbf{W}}_s \mathbf{x}_{t-s} + \mathbf{W}_0^{-1} \mathbf{e}_t \end{aligned}$$

que é um VAR com

$$\mathbf{v} = \mathbf{W}_0^{-1} \mathbf{a}$$

$$\mathbf{A}_1 = \mathbf{W}_0^{-1} \mathbf{W}_1$$

$$\mathbf{B}_i = \mathbf{W}_0^{-1} \tilde{\mathbf{W}}_i$$

$$\mathbf{u}_t = \mathbf{W}_0^{-1} \mathbf{e}_t$$

A equação para a matriz de variância-covariância Σ contém todas as informações sobre as correlações contemporâneas em um VAR. Como nenhuma suposição *a priori* é imposta, ajustar um VAR permite que os dados falem por si próprio. Contudo, sem impor estas restrições sobre a estrutura de Σ , não se pode fazer uma interpretação causal dos resultados.

Se fizermos suposições adicionais, podemos derivar outra representação do VAR. Se o modelo VAR é estável, podemos reescrever y_t como

$$y_t = \mu + \sum_{i=0}^{\infty} D_i x_{t-i} + \sum_{i=0}^{\infty} \Phi_i u_{t-i}$$

onde μ é uma média invariante no tempo do processo e D_i e Φ_i são $K \times M$ e $K \times K$ matrizes de parâmetros, respectivamente. A equação afirma que o processo pelo qual as variáveis em y_t flutuam ao redor de suas médias, μ , é completamente determinado por parâmetros em D_i e Φ_i e pelo histórico de variáveis exógenas x_t e os choques independentes e identicamente distribuídos (i.i.d), $u_{t-1}, u_{t-2}, \dots$. Equação (4) é conhecida como a representação de médias móveis de VAR. A matriz D_i são as funções do multiplicador dinâmico, ou funções de transferência. Os coeficientes de médias móveis Φ_i são também conhecidas como funções de Impulso Respostas (FIR) no horizonte i .

4.2 Procedimentos metodológicos

Para proceder com as análises foi verificada a estacionaridade dos dados das séries, sendo constatado que todas são estacionárias, conforme pode ser observado na tabela 2 (4). Foram realizados os testes Dickey-Fuller aumentado (ADF), Kwiatkowski–Phillips–Schmidt–Shin (KPSS). Esta verificação é necessária para evitar que o risco de se obter regressões espúrias em séries não estacionárias (BROOKS, 2008).

Tabela 2 (4) - Estacionaridade das séries de preços

Contratos	ADF	KPSS
Hipótese Nula	Raiz Unitária	Estacionaridade
EUA		
dez/08	-0.4976	1.002***
dez/09	-1.5886	5.532***
dez/10	-1.6064	5.8314***
dez/11	-2.0015	6.1274***
dez/12	-2.3351	9.8475***
dez/13	-2.3246	11.6561***
dez/14	-2.2625	11.688***
dez/15	-3.0687	9.7163***
dez/16	-3.0984	9.7399***
dez/17	-3.0769	9.7499***
dez/18	-3.0044	9.7383***
dez/19	-3.2078*	8.8681***
Brent	-1.3413	1.4085***
Carvão	-0.2026	1.6487***
Energia Elétrica	-1.5919	3.7156***
Gás Natural	-2.395	3.4164***

Fonte: Elaboração própria

Foram feitos testes para os critérios de seleção Hannan e Quinn (HQIC) e Akaike (AIC) e Schwarz Bayesian (SBIC) para detectar o número de *lags* ótimo. Apurado o número de *lags* ideal, foi utilizado o teste de cointegração de Johansen para verificar o número ideal de equações de cointegração.

Com base nos resultados dos testes supracitados estimou-se, através do modelo vetorial com correção de erros (VECM), o Log dos preços das seguintes variáveis: EUA, *brent*, carvão, gás natural e energia elétrica.

Após a estimação do VECM foi analisada a significância da equação de cointegração e dos parâmetros de ajustamento (alfa) e em seguida são realizados de diagnóstico do modelo como a verificação da estabilidade dos parâmetros, normalidade e autocorrelação dos resíduos

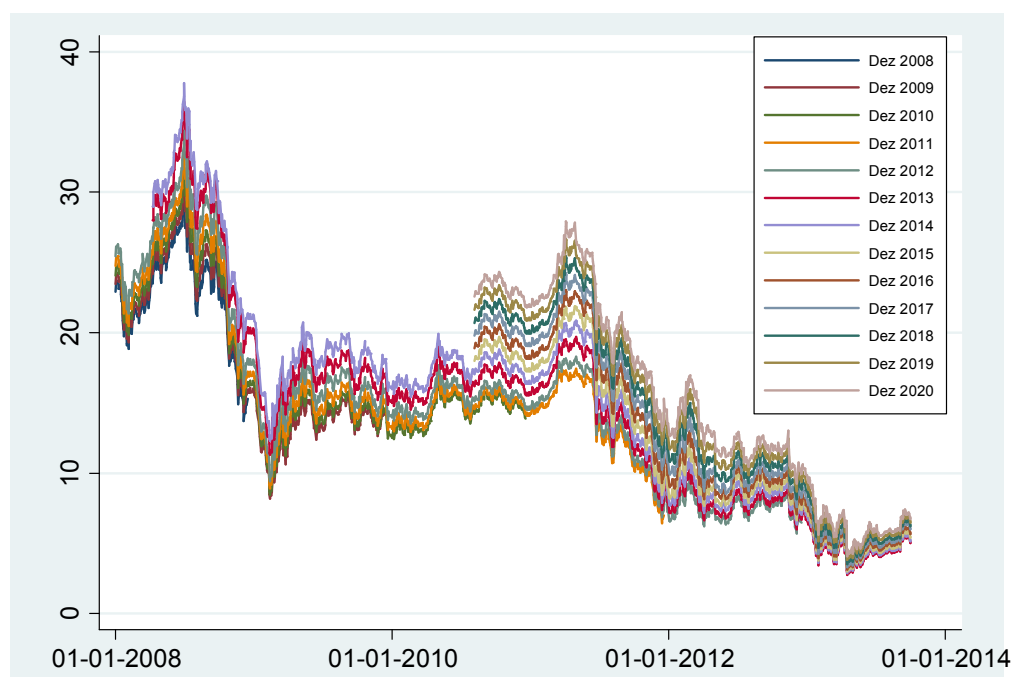
(teste Multiplicador de Lagrange). Todos esses testes podem ser encontrados no Apêndice A deste trabalho.

5 Análise das variáveis

Para a análise das variáveis destacadas na seção anterior, optou-se por aquelas que contêm séries diárias, pois estas possuem uma quantidade satisfatória de observações, neste caso as de aspectos energéticos.

Os aspectos macroeconômicos possuem séries temporais com periodicidade trimestral, as regulatórias são baseadas em datas focais, o que dificulta a análise de ambas através da verificação de cointegração. Estas serão abordadas como variáveis categóricas em momento posterior. Já os aspectos climáticos, apesar possuírem ligação direta com o meio ambiente, não têm apresentado relevância pela literatura correlata (MANSANET-BATALLER, PARDO, VALOR, 2007; CHEVALLIER, 2011d).

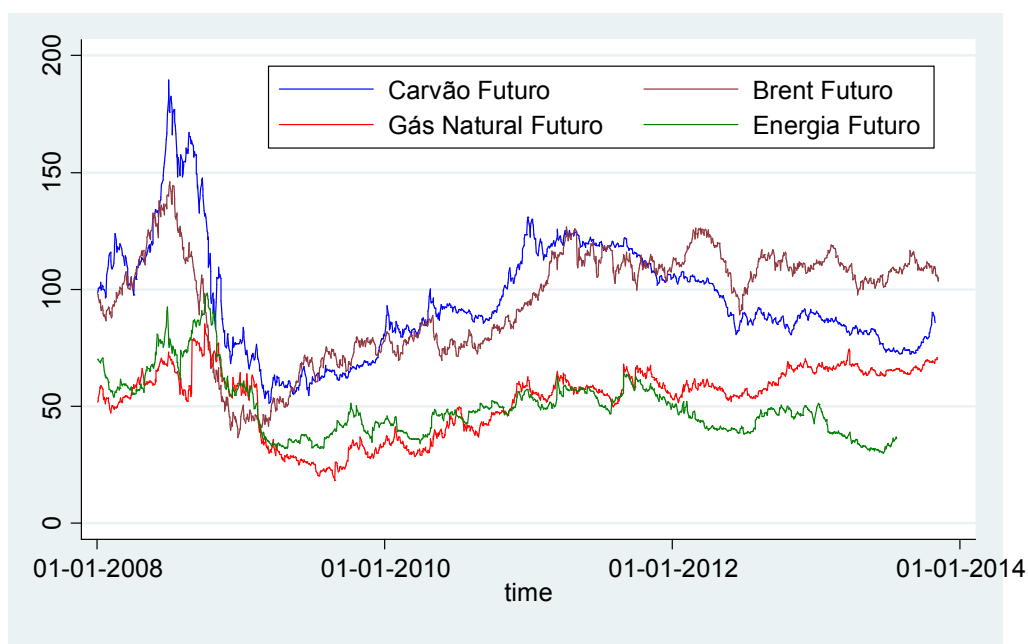
Figura 6 (5) - Gráfico de Contratos futuros de EUA



Fonte: Elaboração própria com dados da The ICE

A figura 6 (5) evidencia o comportamento dos contratos futuros de EUA negociados na The ICE, todos com maturação nos meses de dezembro de 2008 até 2019. Pode-se observar uma queda significativa nos preços dos contratos durante o período demonstrado, evidenciando também uma flutuação dos preços.

Figura 7 (5) - Gráfico de Contratos futuros de *brent*, carvão, gás natural e energia elétrica

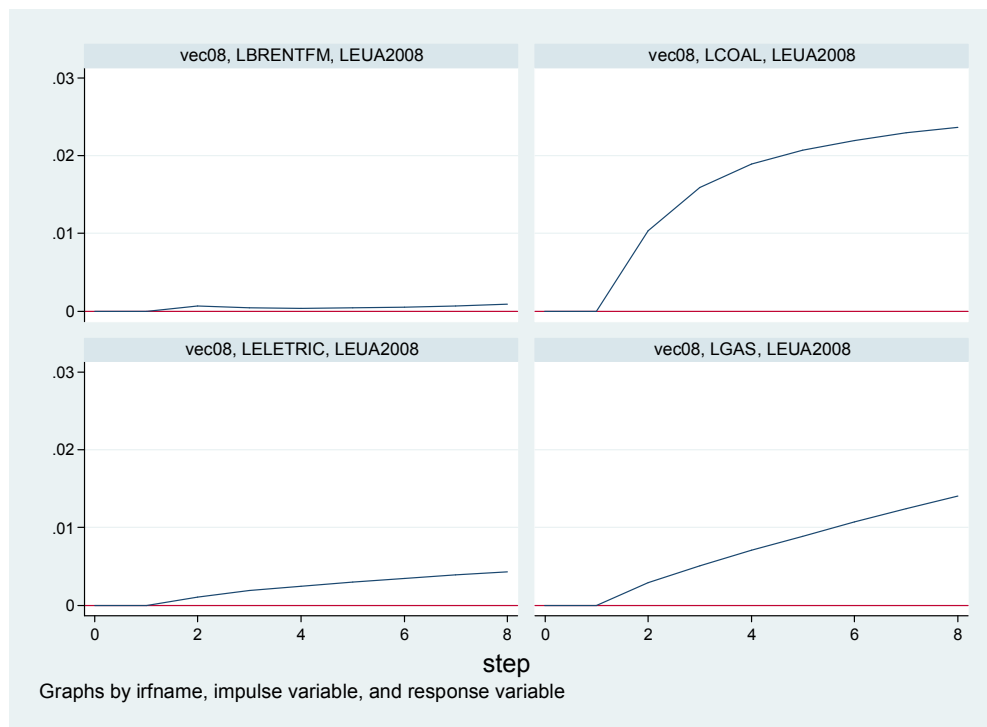


Fonte: Elaboração própria com dados da The ICE

A Figura 7 (5) evidencia o preço dos contratos de *brent*, carvão, gás natural e energia elétrica durante o período de 02.01.2008 até 25.07.13, com maturação de um mês a frente em relação aos contratos de EUA.

Nas figuras a seguir são demonstrados os resultados função de resposta ao impulso (IRF).

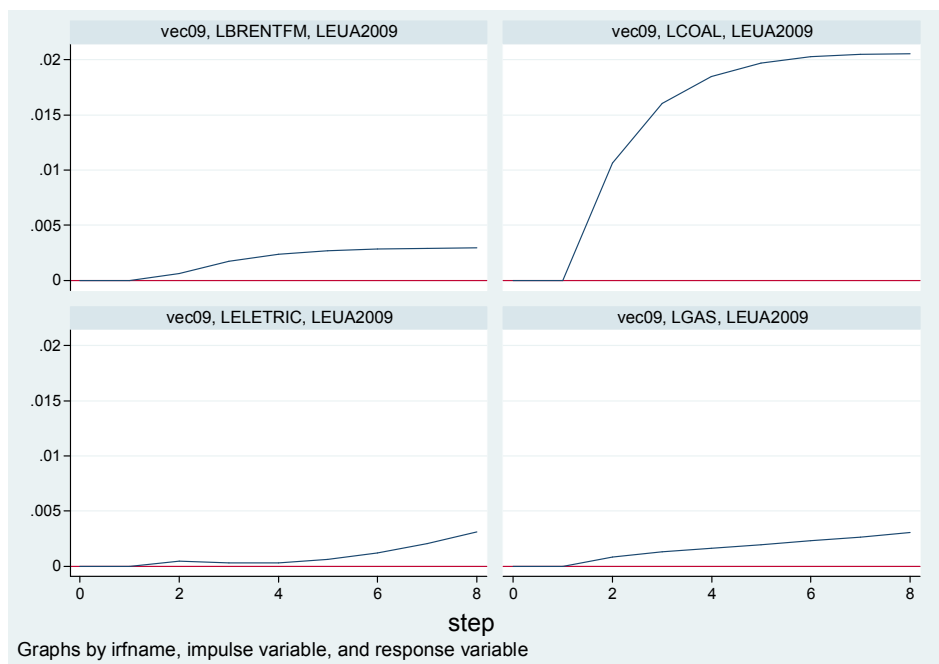
Figura 8 (5) - Função de impulso resposta em relação ao EUA com maturação em dez/2008



Fonte: Elaboração própria

Pode-se observar que os choques são absorvidos rapidamente e com maior magnitude em função do carvão e de forma mais lenta em função do gás natural. O choque em função da alteração no preço da energia elétrica é absorvido lentamente. Todos tendem a serem duradouros.

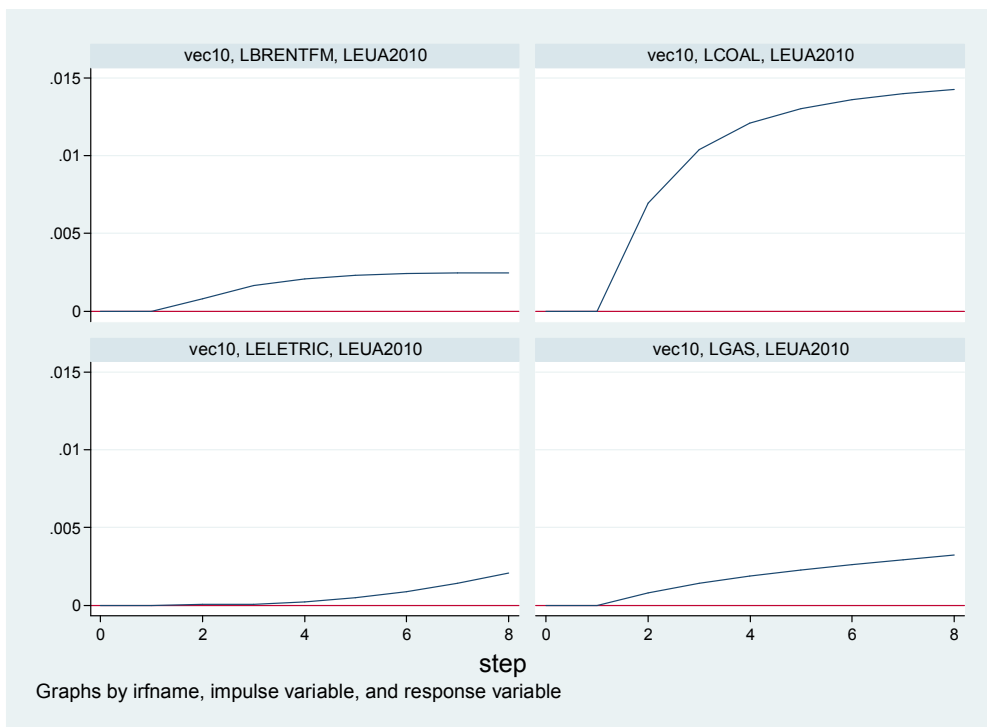
Figura 9 (5) - Função de impulso resposta em relação ao EUA com maturação em dez/2009



Fonte: Elaboração própria

Novamente, a resposta dos EUAs em função dos choques do carvão apresentaram maior velocidade e magnitude, enquanto as variações em função do gás natural e do *Brent* apresentaram respostas rápidas mas com oscilações menores. Para a energia elétrica a resposta é a mais lenta de todas. Em todos os casos as repostas aos impulsos tendem a ser duradouras.

Figura 10 (5) - Função de impulso resposta em relação ao EUA com maturação em dez/2010



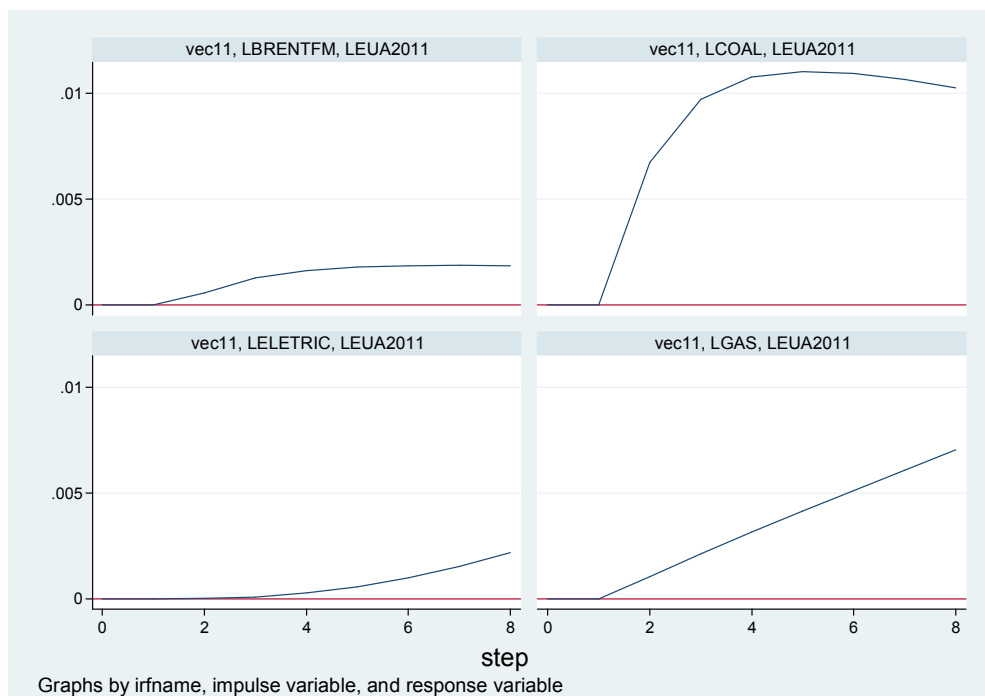
Fonte: Elaboração própria

Na figura 10 (5), para os contratos do ano de 2010, fica clara novamente a maior alteração quando da resposta ao choque do carvão. As outras variáveis parecem influenciar menos os EUAs, quando da existência de choques nestes.

Para os contratos dos anos de 2011 e 2012 as respostas para os choques no preço do carvão são mais relevantes que as demais variáveis. O gás natural também demonstra importância, porém gera uma velocidade de resposta mais lenta, os EUAS respondem a este choque de maneira crescente e constante.

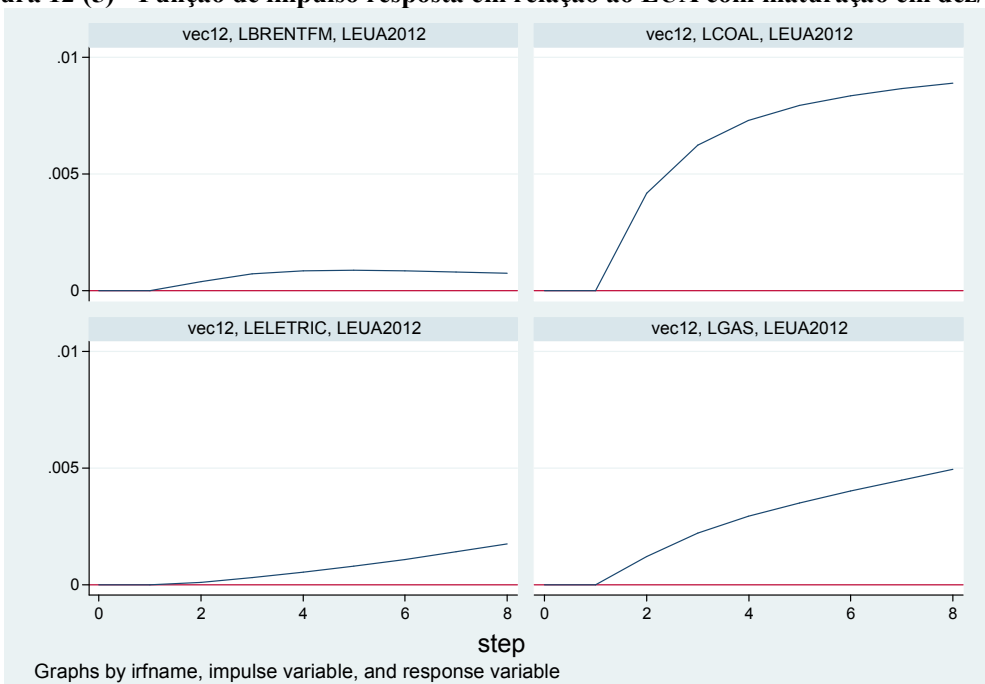
A energia elétrica e o *Brent* têm menor poder sobre as alterações no preço do EUA. Mesmo o carvão e o gás natural serem mais relevantes do que os outros, já se observa a redução da significância em relação aos anos anteriores.

Figura 11 (5) - Função de impulso resposta em relação ao EUA com maturação em dez/2011



Fonte: Elaboração própria

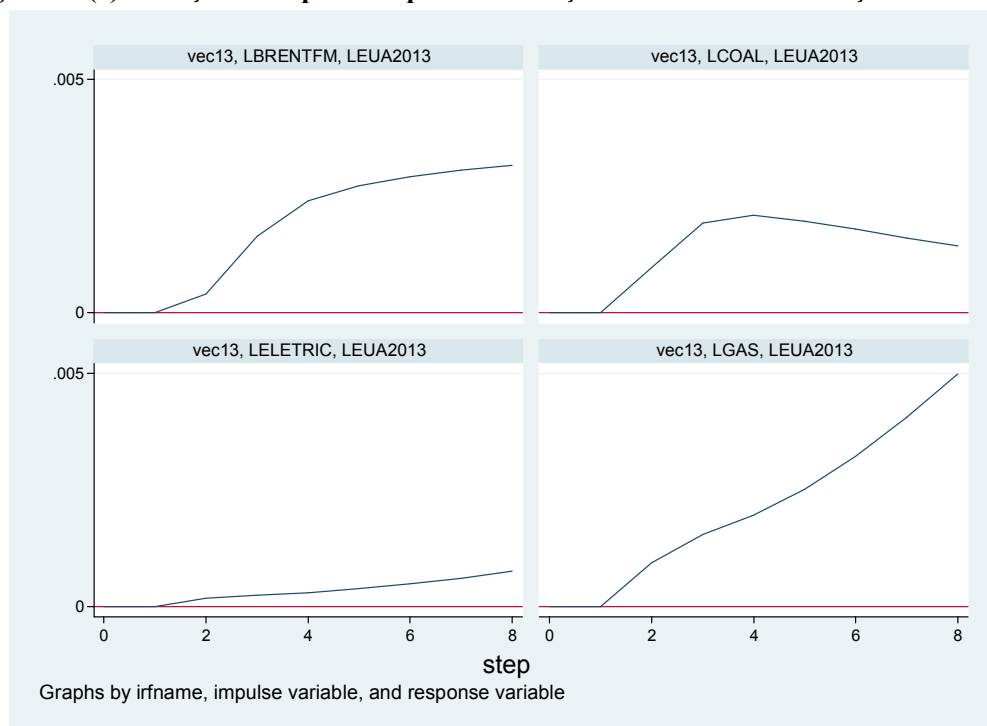
Figura 12 (5) - Função de impulso resposta em relação ao EUA com maturação em dez/2012



Fonte: Elaboração própria

Para os contratos de 2013 já se observa uma mudança significativa na influência do carvão sobre os EUAs, que passa a ter perspectiva de redução ao longo do tempo, enquanto o gás natural continua com influência significativa e o *brent* passar a esboçar certa influência sobre os EUAs.

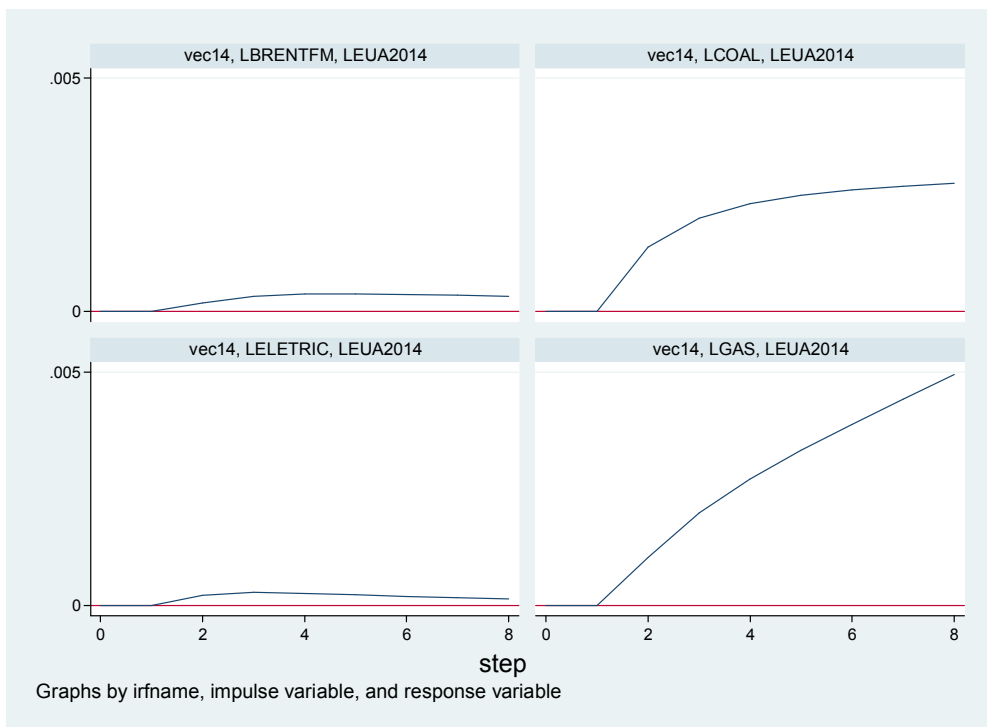
Figura 13 (5) - Função de impulso resposta em relação ao EUA com maturação em dez/2013



Fonte: Elaboração própria

Para os contratos de 2014, percebe-se a tendência da maioria dos anos, onde o carvão e gás natural apresentam maior relevância entre as outras variáveis, porém destacamos que a relevância em relação ao EUA também reduziu em relação ao início da série estudada.

Figura 14 (5) - Função de impulso resposta em relação ao EUA com maturação em dez/2014



Fonte: Elaboração própria

O Quadro 1 (5) evidencia a resposta nos log dos preços do EUA em função do impulso das outras variáveis durante o período de 2008 até 2014.

Quadro 1 (5) - Resposta dos EUA aos impulsos das outras variáveis 2008-2014

		Choques			
		Brent	Energia Elétrica	Carvão	Gás Natural
Resposta do EUA aos Impulsos	2008	Constante	Pouca sensibilidade	Muita sensibilidade	Razoável sensibilidade
	2009	Pouca sensibilidade	Pouca sensibilidade	Muita sensibilidade	Pouca sensibilidade
	2010	Pouca sensibilidade	Pouca sensibilidade	Muita sensibilidade	Pouca sensibilidade
	2011	Pouca sensibilidade	Pouca sensibilidade	Muita sensibilidade	Razoável sensibilidade
	2012	Constante	Constante	Muita sensibilidade	Razoável sensibilidade
	2013	Razoável sensibilidade	Constante	Razoável sensibilidade	Muita sensibilidade
	2014	Constante	Constante	Razoável sensibilidade	Muita sensibilidade

Fonte: Elaboração própria

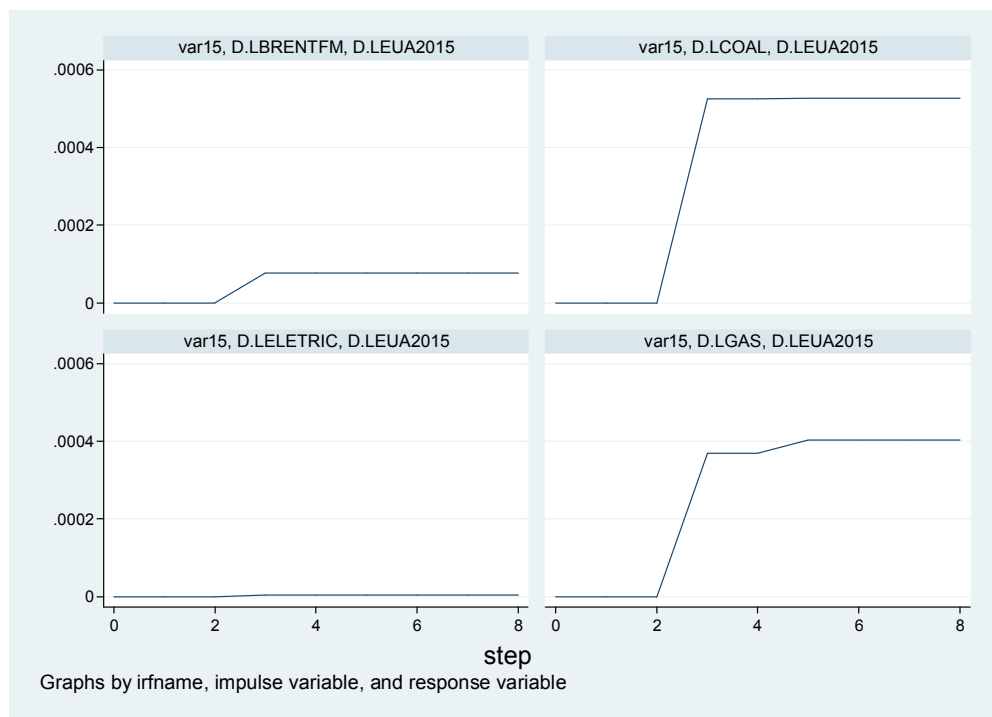
Observou-se no quadro 1 (5) e na figura 14 (1) que as respostas mais rápidas e mais relevantes aos impulsos foram geradas pelo carvão e gás natural. O *brent* e a energia elétrica demonstraram baixo impacto na resposta do log dos preços dos EUAs.

A partir de 2015 foi utilizado o Vetor Autorregressivo (VAR) para analisar o log das séries de preços, pois se verificou que as variáveis não eram cointegradas através do teste de Johansen.

Durante o período de 2015 – 2019 observou-se novamente a maior influência dos choques do carvão e do gás natural sobre o EUA, em relação ao *Brent* e a energia elétrica.

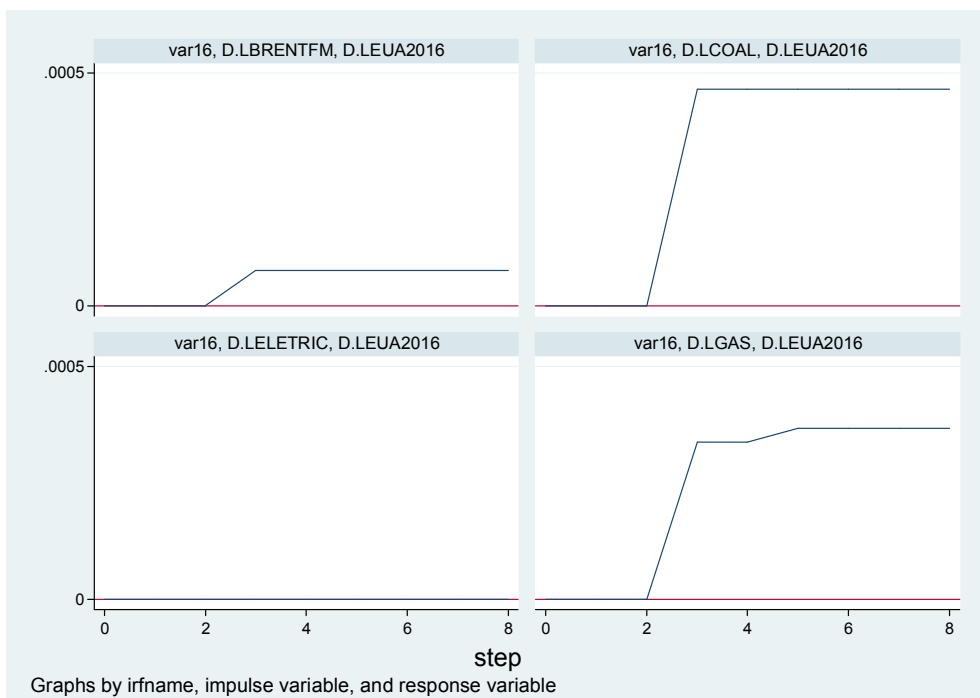
Mas fica evidente que a significância da resposta aos choques teve uma queda expressiva em relação ao período anteriormente analisado (2008-2014).

Figura 15 (5) - Função de impulso resposta em relação ao EUA com maturação em dez/2015



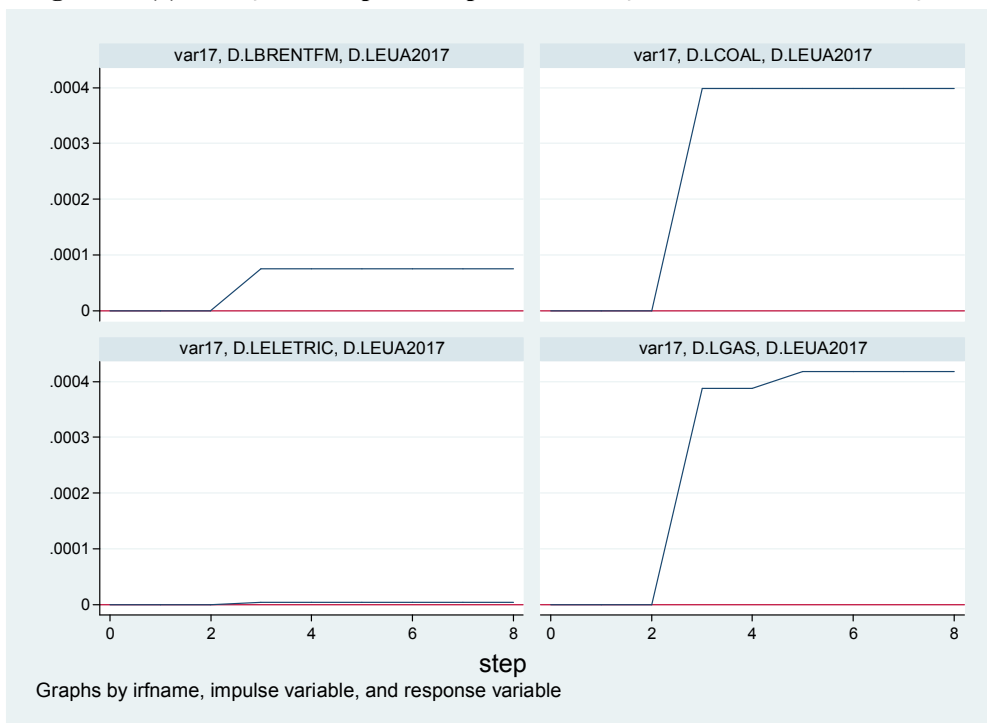
Fonte: Elaboração própria

Figura 16 (5) - Função de impulso resposta em relação ao EUA com maturação em dez/2016



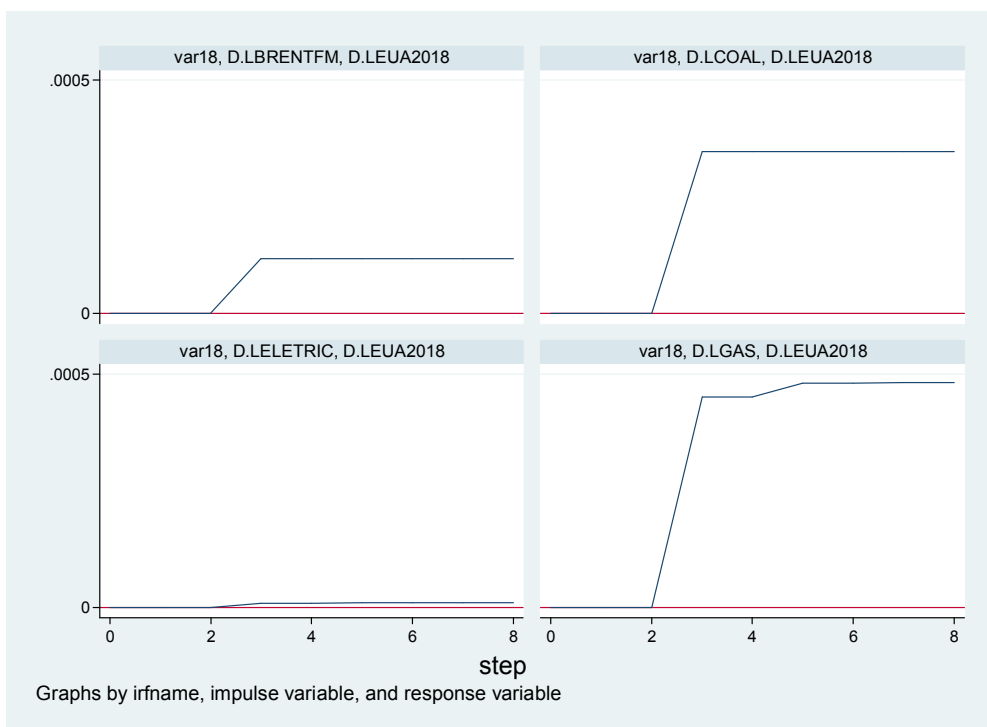
Fonte: Elaboração própria

Figura 17 (5) - Função de impulso resposta em relação ao EUA com maturação em dez/2017



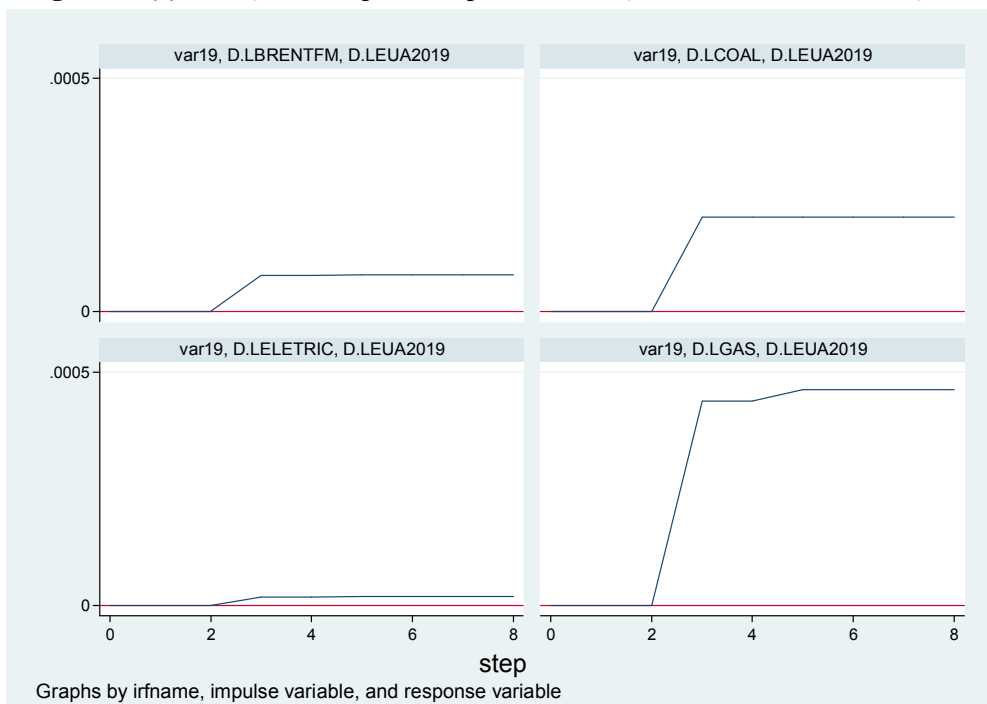
Fonte: Elaboração própria

Figura 18 (5) - Função de impulso resposta em relação ao EUA com maturação em dez/2018



Fonte: Elaboração própria

Figura 19 (5) - Função de impulso resposta em relação ao EUA com maturação em dez/2019



Fonte: Elaboração própria

Quadro 2 (5) - Resposta dos EUA aos impulsos das outras variáveis 2015-2019

		Choques			
		Brent	Energia Elétrica	Carvão	Gás Natural
Resposta do EUA aos Impulsos	2015	Pouca sensibilidade	Constante	Muita sensibilidade	Muita sensibilidade
	2016	Pouca sensibilidade	Constante	Muita sensibilidade	Muita sensibilidade
	2017	Pouca sensibilidade	Constante	Muito Elevado	Muita sensibilidade
	2018	Pouca sensibilidade	Constante	Muito Elevado	Muita sensibilidade
	2019	Pouca sensibilidade	Constante	Muito Elevado	Muita sensibilidade

Fonte: Elaboração própria

6 Conclusões do ensaio

Foram analisadas as séries de log-preços de *commodities* energéticas (*brent*, carvão, gás natural e energia elétrica) no intuito de se verificar a influência destas sobre o log-preço das permissões para emissão de carbono (EUA).

Os períodos analisados são do período de 02 de janeiro de 2008 até 25 de julho de 2013, cujos prazos de maturação ocorreram no mês de dezembro para os EUAs e um mês à frente para as demais variáveis.

Observou-se maior resposta dos EUAs aos impulsos do carvão e gás natural, durante o primeiro período de análise (2008-2014). O mesmo ocorreu no segundo período (2015-2019), porém com menor significância.

Pode-se inferir que essas respostas aos impulsos foram motivadas pelo fato do carvão e gás naturais serem consideradas matrizes energéticas substitutas, onde a troca destas se dá em função do valor de negociação no mercado e do preço do EUA. Onde a opção por poluir mais utilizando carvão é aceita quando o preço deste acrescido do preço do EUA, mais os custos de transação são inferiores ao custo de se utilizar o gás natural (OBERNDORFER, 2009; HINTERMAN, 2010; KIRAT, AHAMADA, 2011).

Destarte, conclui-se que a atual política ambiental na European Union Emission Trading Scheme (EU ETS) não pode ser considerada eficaz de tal forma que possa colaborar efetivamente com a redução dos níveis de poluição. Necessitando assim, de reformas políticas visando atingir as metas de redução de emissão de gases efeito estufa (GEE) estabelecidas pelo protocolo de Kyoto.

Referências do ensaio 1

ALBEROLA, Emilie; CHEVALLIER, Julien, 2007. European carbon prices and banking restrictions: evidence from phase I (2005-2007) **Document de Travail - Working Paper**. n. 2007-32. Paris: 2007. Disponível em 24/10/2012 na: [www. http://economix.fr/](http://economix.fr/)

BAILEY, Warren; CHAN, K. C., Macroeconomic influence and the variability of the commodity future basis. **The Journal of Finance**. V. 48, n. 2, p. 555-573, Jun 1993

BENESSAIAH, Karina. Carbon and livelihoods in Post-Kyoto: Assessing voluntary carbon markets. **Ecological Economics**. n. 77, p. 1-6, 2012.

BENZ, Eva; TRÜCK, Stefan. Modeling the Price Dynamics of CO2 Emission Allowances. **Energy Economics**, v. 31, p. 4-15, 2009.

BLANCHARD, Olivier **Macroeconomia**, 3. ed. São Paulo, Pearson: 2004.

BLYTH, William; BUNN, Derek. Coevolution of policy, market and technical price risks in the EU ETS. **Energy Policy**. n. 39, p. 4578 – 4593, 2011.

_____. KETTUNEN, Jane; WILSON, Tom. Policy interactions, risk and price formation in carbon markets. **Energy Policy**. n. 37, p. 5192 – 5207, 2009.

BROOKS, Chris. **Introductory econometrics for finance**. 2. Ed. New York: Cambridge University Press, 2008.

CAMPBELL, Sean D.; DIEBOLD, Francis X., Weather Forecasting for weather derivatives. **NBER Working Paper** No. 10141, 2003. Disponível em www.nber.org/papers/w10141 Acesso em 26/10/2010.

CARBON MARKET DATA, Disponível em www.carbonmarketdata.com. Acesso em 05/05/2014

CHEVALLIER, J. Carbon Futures and Macroeconomic Risk Factors: a View from the EU ETS. **Energy Economics**, n. 31, p. 614-625, 2009.

_____. Detecting instability in the volatility of carbon prices. **Energy Economics**, n. 33, p. 99-110, 2011a.

_____. A model of carbon price interactions with macroeconomic and energy dynamics. **Energy Economics**. n. 33, p. 1295 – 1312, 2011b.

_____. Macroeconomics, finance, commodities: interactions with carbon markets in data-rich model. **Economic Modelling**, n. 28, p. 557-567, 2011c.

_____. **Econometric Analysis of Carbon Markets**. Cambridge: Springer London, 2011d.

_____. Banking and borrowing in the EU ETS: A review of economic modeling, current provisions and prospects for future design. **Journal of Economics Surveys**. v. 26, n. 1, p. 157-176, 2012.

CHEN, Nai-Fu. Financial Investment Opportunities and the Macroeconomy **The Journal of Finance**. v. 46, n. 2, p. 529-554, Jun 1991

_____. ROLL, Richard; ROSS, Stephen A. Economics Forces and the Stock Market. **The Journal of Business**, v. 59, n 3, p. 383-403, Jul. 1986.

CONVERY, Frank J.; REDMOND, Luke. Market and price Development in the European Union Emission Trading Scheme. **Review of Environmental Economics and Policy**, v. 1, n. 1, p. 88-111, winter, 2007.

DASKALAKIS, George; PSYCHOYIOS, Dimitris; MARKELLOS, Rafael N. Modeling CO₂ Emission Allowance Price and Derivatives: evidence from the European trading scheme **Journal of Banking & Finance**, n. 33, p. 1230-1241, 2009.

FULLERTON, Don; KARNEY, Daniel H.; BAYLIS, Kathy. **Negative Leakage**. Working paper. Janeiro, 2013. Disponível em: <http://works.bepress.com/donfullerton/61>. Acesso em 12/09/2013.

GANS, Joshua S. Innovation and Climate Change Policy. **American Economic Journal: Economic Policy**. v. 4, n. 4, Nov. 2012.

GAGLIARDI, Valerio. **European Union Emission Trading Scheme: A Model for Valuation and Hedging of Emission Unit Allowances Derivatives**. Dissertação (Mestrado) – Copenhagen Business School, Copenhagen, May. 2009.

HINTERMANN, Beat. Allowance price drivers in the first phase of EU ETS. **Journal of Environmental Economics and Management**. n. 59, p. 43-56, 2010.

HULL, Jonh C. **Fundamentos dos mercados futuros e de opções**. São Paulo: Bolsa de Mercadorias e Futuros, 2005.

_____. **Options, futures and other derivatives**. 7. ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2008.

JEWSON, Stephen; BRIX, Anders, **Weather Derivatives Valuation**. Cambridge: Cambridge University Press, 2007

JONES, Charles Irving **Introdução à teoria do crescimento econômico** São Paulo: Campus, 2000.

KIRAT, Djamel; AHAMADA, Ibrahim. The impact of the European Union Emission trading scheme on the electricity-generation sector. **Energy Economics**, n. 33, p. 995-1003, 2011.

KLING, Catherine; RUBIN, Jonathan. Bankable permits for the control of environmental pollution. **Journal of Public Economics**. v. 64, p. 101- 115, 1997.

KNOX-HAYES, Janelle. The Developing Carbon Financial Service Industry: Expertise, adaptation and complementarity in London and New York. **Journal of Economic Geography**, v. 9, p. 749-777, 2009.

MANSANET-BATALLER, Maria; PARDO, Angel; VALOR, Eric. CO₂ prices, energy and weather. **The Energy Journal**, v. 28, n. 3, p. 73-92, 2007.

MONTAGNOLLI, Alberto; VRIES, Frans P. Carbon trading thickness and market efficiency. **Energy Economics**, n. 32, p. 1331-1336, 2010.

MONTGOMERY, W. David. Markets in Licenses and efficient Pollution Control Programs. **Journal of Economic Theory**, N. 5, p. 395 – 418, 1972.

OBERNDORFER, Ulrich. EU Emission Allowances and the stock market: Evidence from the electricity industry. **Ecological Economics**, n. 68, p. 1116 – 1126, 2009.

PERDAN, Slobodan; AZAPAGIC, Adisa. Carbon trading: Current schemes and future developments. **Energy Policy**, n. 39, p. 6040-6054, 2011.

PIRRONG, Craig. Market Oversight for Cap-and-trade: efficiently regulating the carbon derivatives market. **Energy Security Initiative**. Policy Brief 09-04, 2009

_____, Energy market manipulation: definition, diagnosis and deterrence. **Energy Law Journal**, v. 31, n. 1, 2010.

_____, JERMAKYAN, Martin The price of power: The valuation of power and weather derivatives **Journal of Banking & Finance**, n. 32, p. 2520-2529, 2008.

_____, **Commodity Price Dynamics: A Structural Approach**. Cambridge: Cambridge University Press, 2011.

ROLL, Richard. Orange Juice and weather. **The American Economic Review**, v. 74, n. 5, p. 861-880, 1984.

RUBIN, Jonathan D. A Model of Intertemporal Emission Trading, Banking, and Borrowing. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 31, n. 44, p. 269-286, 1996.

SOMOYE, Russel O. C.; AKINTOYE, Ishola R.; OSENI, Jimoh E. Determinants of Equity Prices in the Stock Markets. **International Research Journal of Finance and Economics**, n. 30, p.177-189, 2009.

WILLIAMSON, O. E. Strategizing, economizing, and economic organization. In: RUMELT, R.; SCHENDEL, D.; TEECE, D. (Ed). **Fundamental issues in strategy: a research agenda**. Boston: Harvard Business School Press, 1994.

_____. Transaction cost economics and organization Theory. In: WILLIAMSON, O. E. (Ed). **Organization theory: from Chester Barnard to the present and beyond**. New York: Oxford University Press, 1995.

Ensaio 2 – Aplicação de modelos para apurar a volatilidade de contratos futuros de permissões de carbono (EUA)

1 Introdução

Um dos problemas mais complexos nas finanças está relacionado à análise da volatilidade de ativos, onde diversos modelos existentes tentam mensurar com maior acurácia o real valor de um determinado ativo. A busca por uma maior precisão faz com que modelos sejam desenvolvidos na tentativa de capturar as nuances do mercado, que está em constante movimento.

No mercado de carbono, pesquisas acerca da dinâmica dos preços *spot* do CO₂ (MANSANET-BATALLER, PARDO, VALOR, 2007; SEIFERT, UHRIG-HOMBURG, WAGNER, 2008; BENZ, TRUCK, 2009) têm apontado diferentes formas para mensuração deste tipo de ativo.

Durante o período de janeiro a março de 2005, Mansanet-Bataller *et al* (2007) apuraram forte correlação entre os mercados de carbono, observou-se interligação entre a Nordpool (*spot*), Powernext (*spot*) e o índice de CO₂ do mercado futuros OTC da EEX. Foi utilizada a regressão linear multivariada como base para a precificação dos contratos *spot* de CO₂. Nesse estudo, ainda foram incluídas na equação variáveis climáticas relacionadas à Alemanha e Europa visando observar a correlação entre clima e os preços dos títulos de carbono.

Apurou-se ainda que a variação dos preços do *brent* e do gás natural são as variáveis mais relevantes para a determinação do preço do CO₂ (MANSANET-BATALLER *et al*, 2007).

Analisando o mercado *spot* e futuros, no período de junho de 2005 até dezembro de 2006, Seifert *et al* (2008), apuraram através da utilização de *Partial Differential Equations* (PDE) que os mercados de carbono na Powernext (*spot*) e ECX (futuros) ainda são considerados imaturos, além da possibilidade do surgimento de *jumps* no mercado *spot*. Devido às características peculiares do mercado, onde são incluídas as distribuições de permissões pelos

governos, os grandes *players*, sobretudo as empresas de energia podem utilizar seus amplos conhecimentos para obter lucros acima do normal (SEIFERT *et al*, 2008).

Os estudos citados anteriormente retratam análises feitas durante o início do mercado de carbono, retratando ainda um período de testes, com alta instabilidade, que serviu de base para os ajustes iniciais das regras impostas pela União Europeia aos países signatários do protocolo.

Já Benz e Truck (2009) analisaram o comportamento do preço *spot* dos EUAs no curto prazo, focando na dinâmica e mudanças da volatilidade através de processo estocástico, utilizando uma série de dois anos janeiro de 2005 até dezembro de 2006. Foram utilizados AR-GARCH e o modelo de *regime-switching* com processo autoregressivo para modelar os retornos dos EUAs.

Desta forma, a quebra de séries temporais pode ser capturada através da utilização de modelos como *Mean Reversion* com *Jump Diffusion*, GARCH, EGARCH, GJR, dentre outros (PAOLELLA, TASCHINI, 2008; BENZ, TRÜCK, 2009; DASKALAKIS, PSYCHOYIOS, MARKELLOS, 2009; SEIFERT, UHRIG-HOMBURG, WAGNER, 2008; CHEVALLIER, 2009; ISENEGGER, WYSS, 2009; CHEVALLIER, 2011). O quadro 3 (1) evidencia os principais modelos utilizados no mercado de carbono.

O modelo GARCH tradicional trata as variações, tanto positivas quanto negativas, de maneira simétrica, porém a volatilidade tem comportamento assimétrico, especialmente para os retornos/choques negativos, que tendem a ser maiores que os positivos (BROOKS, 2008; MORETTIN, TOLOI, 2006; OLIVEIRA, 2005). Segundo Chevallier (2011, p. 101) “*This property is in contradiction to many financial time series, showing a negative correlation between the squared current innovation and the past innovations*”, por conta disto, o modelo GARCH padrão não se adequa de forma satisfatória às peculiaridades das séries temporais no mercado de carbono.

Com base na literatura revisada utilizaremos os modelos EGARCH, TGARCH e MGARCH, objetivando avaliar qual corresponde melhor como modelo integrado para apuração dos fatores determinantes dos preços de derivativos de créditos de carbono na European Union Emissions Trading Scheme – EU ETS. Os dois primeiros mostraram resultados significativos quando empregados no mercado de carbono (CHEVALLIER, 2009; CHEVALLIER *et al* 2009; CHEVALLIER, 2011), sendo superiores ao modelo GARCH tradicional, sobretudo pelo efeito assimétrico que ambos possuem. Já o terceiro modelo, o MGARCH, será utilizado com a inclusão de duas variáveis *dummies* que representarão os aspectos político e de recessão.

Os fatores políticos podem influenciar os preços dos EUAs, através da mudança de normas sobre o aumento/redução da possibilidade de emissão de Gases Efeito Estufa (GEE). Estas variações na legislação tendem a interferir nos processos produtivos, obrigando a empresas a alterarem suas matrizes energéticas para sistemas menos poluentes.

Enquanto o impacto da recessão tende a reduzir a produção de bens e serviços, face à diminuição da demanda por estes. Com o recuo da produção, há também a queda na emissão de GEE.

Este trabalho está dividido da seguinte forma: a segunda parte destaca os objetivos do ensaio, enquanto a sessão 3 abordará a revisão de literatura, destacando os principais trabalhos relacionadas à precificação das permissões de emissão de carbono; na sessão 4 serão analisadas as principais variáveis encontradas e a sessão 5 trará as conclusões do artigo.

Quadro 3 (1) - Principais modelos econométricos apontados na literatura.

	Modelos	Autores	Vantagens	Observações	Problemas	Ano	Artigo
A	MN GARCH (3,2) e outras medidas MN GARCH	Paolella, Taschini	Melhor medida de análise para o mercado de SO2 dos EUA	MN GARCH (3,2) foi a que melhor gerou resultados	Não funcionou bem no mercado da EU ETS devido ao baixo número de observações e mercado muito recente	2008	An Econometric analysis of emission allowance prices
B	AR-GARCH e Markov Regime-switching	BENZ, TRÜCK	"Furthermore, the model allows for several consecutive price jumps or extreme returns that are important when talking about risk management and pricing of derivative instruments." (p. 7)	Melhor modelo é Markov Regime-switching com processo AR na base e distribuição normal nos picos O AR-GARCH também foi aprovado	Utilizou apenas para analisar o mercado spot, mas sugere utilizar no mercado de derivativos	2009	Modeling the price dynamics of CO2 emission allowances
C	GBMP, MRSRP, MRLP, CEV, GBMPJ, MRSRPJ	Daskalakis, Psychoyios, Markellos	Os jumps representam porção fundamental da volatilidade dos dados	O GBMPJ apresentou os melhores resultados durante o período estudado	A não inclusão de jumps nos modelos reduz a precisão dos modelos	2009	Modeling CO2 emission allowance prices and derivatives: Evidence from the European trading scheme
D	Utilizou modelo teórico de PDE que reflete fatos estilizados da EU ETS	Seifert, Uhrig-Homburg, Wagner	A utilização de suposições reais podem servir como base para a modelagem dos preços na EU ETS	Verificou a sensibilidade do preço spot através da mudança de parâmetros	Calibragem do modelo considerada muito complexa para aplicações práticas	2008	Dynamic behavior of CO2 spot prices
E	Fez testes de especificação com GARCH, CGARCH, EGARCH, PARCH TGARCH	Chevallier	TGARCH apresentou melhor aderência aos dados pelos métodos AIC e SC	Utilizou TGARCH com inovação Gaussian	Apurou fraca relação entre choques macro e os EUA. Parece que o mercado de energia terá grande correlação com o mercado de carbono no futuro	2009	Carbon Futures and macroeconomic risk factors: a view from the EU ETS
F	EGARCH para volatilidade diária futura; usou como base a fórmula BS para volatilidade implícita; extraiu dos dados intraday para a volatilidade realizada (pág. 100)	Chevallier	O modelo EGARCH tende a possuir uma performance empiricamente melhor que outros modelos GARCH	A natureza das mudanças estruturais está ligada a antecipação das mudanças por parte dos investidores	Observou-se a existência de breaks no modelo EGARCH ligadas a eventos pós-Kyoto	2011	Detecting instability in the volatility of carbon prices

Fonte: Elaboração própria (2013).

2 Objetivo do ensaio

Estudos acerca da análise da volatilidade de instrumentos derivados não são aplicações recentes na área de economia e finanças, porém, com a dinâmica do mercado novos produtos são colocados à disposição dos investidores e cada um destes possui peculiaridades inerentes ao tipo de ativo base negociado, sofrendo influência de questões ligadas à oferta, demanda, política, economia, dentre outras. As informações sobre a variação dos preços desses tipos de contratos são essenciais para que seus usuários, sobretudo os internos, possam criar políticas para a melhor gestão de suas organizações.

No caso das permissões para emissão de carbono (EUA) não é diferente, apesar de ser um ativo financeiro criado em 2005, tem sido amplamente negociado por empresas localizadas em países da União Europeia, em virtude da participação destes no Protocolo de Kyoto. Os gestores dessas organizações buscam informações precisas para o correto apreçamento dos contratos negociados no intuito de criarem estratégias financeiras capazes de evitar perdas significativas.

O foco deste artigo está na análise dos fatores influenciadores da volatilidade dos preços de contratos futuros de EUA, dentre as variáveis a serem analisadas estão os impactos dos aspectos políticos e de recessão. Estas variáveis foram consideradas relevantes por serem diretamente responsáveis pelo aumento e/ou redução na demanda por EUAs.

Desta forma, este artigo objetiva apurar se períodos de recessão e variações na política do mercado de carbono influenciam a volatilidade dos preços de contratos futuros de permissões de emissão de carbono (EUA).

3 Revisão dos modelos utilizados na literatura

3.1 Modelos GARCH univariados

Muitas séries temporais exibem mudanças na volatilidade ao longo do tempo – e isso é especialmente verdadeiro para muitas séries financeiras. Quando a variância de uma série depende do seu passado, é possível afirmar que ela possui heterocedasticidade condicional. Se esta dependência do passado pode ser expressa por um termo autoregressivo, então tem-se um modelo de *autoregressive conditional heteroskedasticity* (ARCH).

O modelo GARCH(p, q) tradicional por sua vez é uma generalização do modelo ARCH, em que q denota a ordem do termo autorregressivo GARCH e p é a ordem do termo de médias móveis ARCH, e pode ser escrito como em Bollerslev (1986):

$$y_t = \sigma_t \epsilon_t,$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{j=1}^p \alpha_j y_{t-j}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^2$$

com σ^2 sendo a variância condicional, que é uma função do termo constante ω , do termo ARCH y_{t-i}^2 , e do termo GARCH σ_{t-j}^2 . Além disto, $\alpha_0, \alpha_i e \beta_j$ devem satisfazer $(\alpha_i + \beta_j) < 1$ para estacionaridade.

Contudo, entre as limitações do modelo GARCH original estão a incapacidade de ajustar adequadamente retornos assimétricos. Desse modo várias extensões do modelo original foram propostas a fim de superar algumas das limitações do modelo GARCH. Entre eles está o modelo GARCH Exponencial (EGARCH) desenvolvido por Nelson (1991), que apresenta diferentes componentes para retornos positivos e negativos, tratando assimetricamente tais retornos (BROOKS, 2008; MORETTIN, TOLOI, 2006; OLIVEIRA, 2005).

Assim, dada uma série X_t , o modelo Garch Exponencial (EGARCH) pode ser escrito segundo Nelson (1991) como:

$$X_t = \sigma_t Z_t$$

com a volatilidade ao quadrado obedecendo

$$\log \sigma_t^2 = \alpha + \beta \log \sigma_{t-1}^2 + \gamma Z_{t-1} + \delta |Z_{t-1}|,$$

onde $\alpha, \gamma, \delta \in \mathbb{R}$ e $|\beta| < 1$.

É possível observar que a volatilidade responde assimetricamente para aumentos e quedas nos preços se e somente se $\gamma \neq 0$; o caso em que um retorno negativo tem um impacto maior do que um retorno positivo corresponde a $\gamma < 0$ e vice versa – assim, sendo capaz de capturar efeitos de alavancagem. Desse modo, o modelo EGARCH, leva assimetria em consideração enquanto mantém a função para a variância condicional linear.

Uma segunda extensão do modelo GARCH original é o *threshold* GARCH (TGARCH) proposto por Zakoian (1991) – e seu similar GJR GARCH desenvolvido por Glosten, Jagannathan, and Runkle (1993). Em ambos, são relaxadas a restrição linear na dinâmica de

variância condicional presente no modelo GARCH e EGARCH. O modelo pode ser identificado por uma transição abrupta entre dois regimes que ocorre quando a inovação cruza um determinado valor limiar. Assim, um TGARCH(1,1) pode ser escrito como:

$$\sigma_t^2 = \omega_0 + \alpha_0 r_{t-1}^2 + \beta_0 \sigma_{t-1}^2 \text{ se } y_{t-1} \leq y_0$$

$$\sigma_t^2 = \omega_1 + \alpha_1 r_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 \text{ se } y_{t-1} > y_0$$

onde o estado ou regime S_t é determinado pela variável *threshold* y_{t-1} que pode ser tratado como endógeno ou exógeno e o valor limiar (threshold) y_0 com $E(S_t) = E(y_{t-1} > y_0) = \pi$.

Logo, um modelo *threshold* GARCH é capaz de descrever uma mudança de regime da série dividindo a distribuição das inovações em intervalos distintos e então aproximando uma função linear para o desvio padrão condicional – modelo threshold desenvolvido por Zakoian (1991) – ou para variância condicional, no caso do modelo GJR GARCH.

Chevallier *et al* (2009) utilizam o modelo GJR por este acomodar melhor o efeito da alavancagem, em série histórica durante o período entre outubro de 2006 e novembro de 2007. O mesmo modelo é empregado por Chevallier (2009) para calcular estatisticamente a relação entre contratos futuros de créditos de carbono e influências macroeconômicas.

3.2 Modelos GARCH multivariado

Modelos GARCH multivariados (MGARCH) permitem que a matriz de covariância condicional das variáveis dependentes sigam uma estrutura dinâmica flexível e permitem que a média condicional siga uma estrutura de vetores autoregressivos (VAR).

O modelo MGARCH geral é dado por:

$$y_t = Cx_t + \epsilon_t$$

$$\epsilon_t = H_t^{\frac{1}{2}} v_t$$

onde

$\mathbf{y}_t$ é um vetor $m \times 1$ de variáveis dependentes;

$\mathbf{C}$ é uma matriz $m \times k$ de parâmetros;

$\mathbf{x}_t$ é um vetor $k \times 1$ de variáveis independentes;

$\mathbf{H}_t^{\frac{1}{2}}$ é o fator Cholesky da matriz de covariância variante no tempo H_t ; e

$\mathbf{v}_t$ é um vetor $m \times 1$ erros independentes e identicamente distribuídos de média zero e variância unitária.

De modo geral, para os modelos MGARCH, a matriz H_t é uma generalização dos modelos GARCH. Os modelos de correlação condicional (CC) estão entre algumas das classes de modelos GARCH Multivariados. Estes tipos de modelos usam uma combinação não linear de modelos GARCH univariados para representar a covariância condicional. Em cada um destes modelos, a matriz de covariância condicional é definida positiva.

Em modelos CC, H_t é decomposta em uma matriz de correlação condicional R_t e uma matriz diagonal variâncias condicionais D_t :

$$H_t = D_t^{\frac{1}{2}} R_t D_t^{\frac{1}{2}}$$

onde cada variância condicional segue um processo GARCH univariado e a parametrização de R_t varia conforme o modelo.

Bollerslev (1990) propôs um modelo MGARCH de correlação condicional em que a matriz de correlação é invariante no tempo – por isso o nome de *Constant Conditional Correlation* (CCC) MGARCH. Já Engle (2002) introduz um modelo MGARCH de *Dynamic Conditional Correlation* (DCC) em que a matriz R_t segue um processo semelhante a um *GARCH(1,1)* – como descrito em Engle (2009), os parâmetros em R_t não são padronizados

para serem correlações e são portanto conhecidos como quase-correlações. A fim de preservar parcimônia, todas as quase-correlações condicionais são restritas de modo a seguirem um mesmo processo dinâmico. Assim, o modelo DCC se configura como bem mais flexível que o modelo CCC.

Para o caso do modelo DCC estimado na nesta seção, é possível estimar seus parâmetros por máxima verossimilhança. A função de log verossimilhança baseada na distribuição normal multivariada para a observação t pode ser escrita como:

$$l_t = -0,5m \log 2\pi - 0,5 \log\{\det(\mathbf{R}_t)\} - \log\{\det(\mathbf{D}_t^{\frac{1}{2}})\} - 0,5 \tilde{\boldsymbol{\epsilon}}_t' \mathbf{R}_t^{-1} \tilde{\boldsymbol{\epsilon}}_t$$

onde $\tilde{\boldsymbol{\epsilon}}_t = \mathbf{D}_t^{\frac{1}{2}} \boldsymbol{\epsilon}_t$ é um vetor $m \times 1$ de resíduos padrões, $\boldsymbol{\epsilon}_t = \mathbf{y}_t - \mathbf{C}\mathbf{x}_t$. A função de log verossimilhança é $\sum_{t=1}^T l_t$.

Os valores iniciais dos parâmetros da equação para a média, além dos resíduos iniciais $\hat{\boldsymbol{\epsilon}}_t$ são obtidos por regressão de mínimos quadrados. Já os valores iniciais dos parâmetros da equação da variância são obtidos por um procedimento proposto por y Gouriéroux and Monfort (1997). Os valores iniciais para os parâmetros de quasicorrelação são calculados dos resíduos padrões. A seguir o processo otimização é realizado.

4 Metodologia

Para capturar as influências dos aspectos macroeconômicos e dos aspectos regulatórios nas séries de permissões para emissão de carbono (EUA) foram criadas duas variáveis *dummy*, uma para cada aspecto.

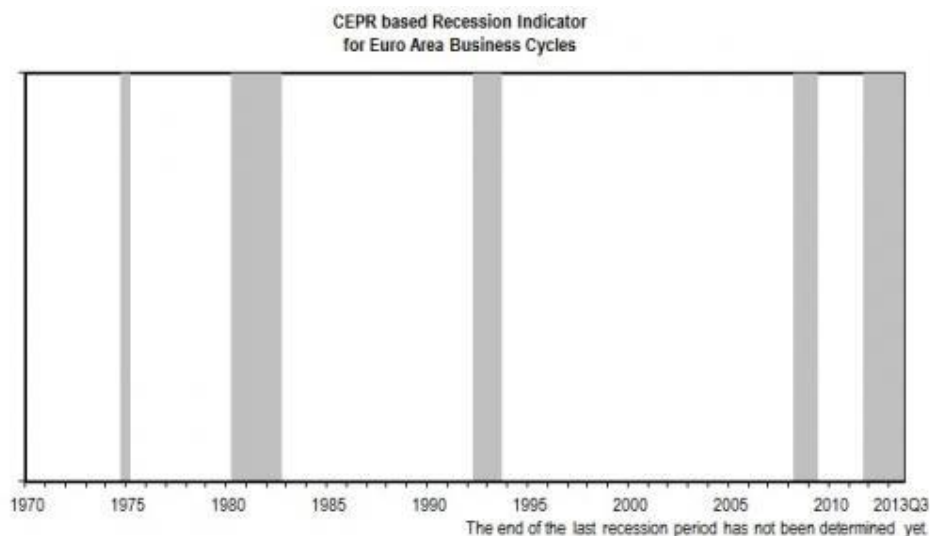
A *dummy* macroeconômica foi utilizada com base na metodologia criada pelo National Bureau of Economic Research (NBER), a qual aborda expansões e contrações dos ciclos econômicos. Tal metodologia se baseia na análise da atividade econômica com, observando o PIB real, taxa de juros real, taxa de emprego, produção industrial e vendas no varejo (NBER, 2013).

O Centro para Pesquisas em Política Econômica (CEPR), organização sem fins lucrativos, sediada na Europa, que trabalha através de uma rede de pesquisadores cujo foco de atuação são estudos de política econômica.

Para calcular os períodos de recessão/crescimento na Europa foram utilizados pelo CEPR o PIB da zona do Euro e dos maiores países, investimentos, produção industrial e nível de emprego. Sendo estes dados, extraídos da EUROSAT e OECD, e ajustados sazonalmente.

O CEPR vem utilizando a mesma metodologia do NBER para aferir os ciclos de expansão e recessão econômica na Europa. A figura 20 (4) demonstra os períodos de crescimento e recessão (em cinza) na Europa.

Figura 20 (4) - Ciclos econômicos na Europa



Fonte: Centro para Pesquisas em Política Econômica (2013)

A variável de recessão utilizada neste trabalho foi definida com base nas análises feitas pelo CEPR, sendo estabelecidos os períodos de recessão e crescimento da seguinte forma:

RECESSÃO

1º dia do 1º trimestre de 2008

até

Último dia do 2º Trimestre de 2009

CRESCIMENTO

1º dia do 3º Trimestre de 2009

até

Último dia do 3º Trimestre de 2011

RECESSÃO

1º dia do 4º trimestre de 2011

até

Último dia do 4º Trimestre de 2014 (suposição para uso no modelo)

Em novembro de 2012 o comitê da CEPR declarou que a economia Europeia entrou em recessão a partir do quarto trimestre de 2011. Tendo em vista que os períodos posteriores a esta data ainda não foram analisados pelo referido comitê, optamos por entender que a recessão se

prolongou até 2014 (suposição assumida), quando encerraremos nossas análises. Haja vista que não existem dados mais recentes que indiquem quando o período de recessão acabou.

Pelo fato da recessão influenciar aspectos macroeconômicos, utilizaremos neste trabalho para fins didáticos a denominação de *dummy* macroeconômica para representar os períodos de recessão.

Nos modelos utilizados, para a *dummy* macroeconômica foi atribuído 0 para os períodos de crescimento e 1 para os de recessão.

Para a escolha da *dummy* política, analisou-se uma série de fatos e normas que pudessem interferir no preço dos EUA. Destarte foi selecionada como informação fundamental as Conclusões do Conselho Europeu (CO EUR 2 CONCL 1) de 4 de fevereiro de 2011. Esta norma encontra-se na íntegra no Anexo.

As conclusões do Conselho Europeu evidenciam a direção da União Europeia em relação às políticas ambientais que devem ser tomadas, onde é dada ênfase ao crescimento sustentável, eficiência energética e a necessidade de criação de políticas capazes de propiciar maiores investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação.

Esses três pilares unidos no sentido de criarem um sistema energético mais moderno, seguro, sustentável, com baixa emissão de CO² (EUROPEAN COUNCIL, 2011). A partir de 4 de fevereiro de 2011 foi atribuído valor 1 para a *dummy* política, enquanto para os períodos anteriores foi atribuído 0.

As séries históricas utilizadas compreendem os preços futuro dos contratos de EUA durante o período de 02.01.2008 até 25.07.13, cujos vencimentos são nos meses de dezembro de 2008 até 2014, foram desconsiderados os finais de semana, feriados e dias em que não existiu cotação

5 Análise dos resultados

Foram analisadas as séries de carbono com a utilização dos modelos GARCH, EGARCH, TGARCH (GJR) e MGARCH. Todos os modelos são de parâmetro (1,1).

5.1 Modelos univariados

Maiores detalhes dos resultados desta seção podem ser encontrados no Apêndice B.

No ano de 2009, o modelo que melhor se ajustou aos dados foi o TGARCH, demonstrado maior robustez em relação aos EGARCH. Já a *dummy* macroeconômica inserida nos modelos não mostrou significância a 5%.

A constante dos três modelos mostrou ser significativa a 0,1% nos modelos GARCH e TGARCH e a 1% no modelo EGARCH, demonstrando assim que outros fatores não incluídos no modelo influenciam os EUAs.

Em 2010, a *dummy* macroeconômica apenas é significativa nos modelos GARCH (0,1%) e TGARCH (5%), já as constantes dos três modelos são significantes. De acordo com os critérios AIC e BIC o modelo que melhor se adapta é o TGARCH.

A partir de 2011 a *dummy* política passa a integrar os modelos, porém não foi considerada significativa. Enquanto a *dummy* macroeconômica mostrou significância a 0,1% (GARCH), 1% (GARCH) e 5% (EGARCH). Todas as constantes são significantes e o modelo melhor ajustado é o TGARCH. Novamente o melhor modelo pelos critérios AIC e BIC foi o TGARCH.

A *dummy* macroeconômica, em 2012, mostrou-se significativa nos três modelos (0,1%), já a *dummy* política apenas apresentou significância no modelo TGARCH (5%). Todas as constantes se mostraram significantes (0,1%), se ajustando como melhor modelo o TGARCH.

Em 2013, a *dummy* política mostrou-se significativa apenas no modelo EGARCH, já a *dummy* macroeconômica novamente apresentou significância a 0,1% nos três modelos. Pela análise dos critérios AIC e BIC, evidenciou-se como melhor modelo o TGARCH. Novamente as constantes demonstraram significância nos três modelos.

Apenas no último ano de nossa análise, 2014, a *dummy* política mostrou significância em todos os modelos analisados, 5% para o GARCH e TGARCH e 1% para o EGARCH, da mesma forma a *dummy* macroeconômica, sendo que esta apresentou significância a 0,1%. O melhor ajustamento dos modelos foi do TGARCH ao tempo que as constantes de todos os modelos são significantes a 0,1%.

5.2 Modelos Multivariados

Nesta seção, optou-se por fazer a análise do modelo MGARCH, bem como das variáveis *dummy* de forma individual e conjunta.

Em 2009, observou-se que a *dummy* macroeconômica e a constante não apresentaram significância no modelo analisado. Já em 2010, constatou-se que a *dummy* macroeconômica e a constante são significantes a 5% e 1% respectivamente.

No ano de 2011, passou a integrar o modelo a variável *dummy* política, juntamente com a variável *dummy* macroeconômica. Quando analisadas individualmente e em conjunto dentro do modelo, apenas a segunda apresentou significância (1%), da mesma forma, as constantes nos três modelos apresentaram significância (0,1%). Conforme se observa a seguir na tabela 3 (5).

Tabela 3 (5) - Resultados do modelo com duas variáveis - 2011

	Modelo1 b/se	Modelo2 b/se	Modelo3 b/se
DLEUA2011			
L.DLEUA2011	0.021 (0.03)	0.024 (0.03)	0.024 (0.03)
ARCH_DLEUA2011			
L.arch	0.126*** (0.03)	0.112*** (0.03)	0.116*** (0.03)
L.garch	0.829*** (0.03)	0.867*** (0.03)	0.844*** (0.03)
dummy macro	0.711** (0.24)		0.821** (0.26)
dummy politica		0.399 (0.38)	0.440 (0.31)
constant	-10.932*** (0.34)	-11.380*** (0.50)	-11.199*** (0.43)
AIC	-4778.484	-4773.077	-4778.588
BIC	-4754	-4749	-4749
LL	2394.2	2391.5	2395.3

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

Fonte: Elaboração própria.

O modelo 3 (5), com as duas variáveis, mostrou-se mais robusto que os demais. Novamente, em 2012, observou-se que a *dummy* macroeconômica apresentou significância quando analisada em conjunto ou individualmente. O mesmo ocorreu com a constante, demonstrando que parte da explicação do modelo é oriunda de informações não contidas no mesmo. Enquanto a *dummy* política não apresentou significância quando analisada conjunta ou isoladamente.

A tabela 4 (5) ratifica que o modelo 1, onde é utilizada apenas a variável macroeconômica é o que melhor se ajusta aos dados analisados.

Tabela 4 (5) - Resultados do modelo com duas variáveis- 2012

	Modelo1 b/se	Modelo2 b/se	Modelo3 b/se
DLEUA2012			
L.DLEUA2012	0.026 (0.03)	0.027 (0.03)	0.029 (0.03)
ARCH_DLEUA2012			
L.arch	0.124*** (0.02)	0.098*** (0.02)	0.113*** (0.02)
L.garch	0.836*** (0.03)	0.895*** (0.02)	0.851*** (0.03)
dummy_macro	1.003*** (0.21)		1.133*** (0.23)
dummy_politica		0.598 (0.48)	0.510 (0.31)
constant	-11.030*** (0.33)	-11.847*** (0.55)	-11.330*** (0.41)
AIC	-5778.096	-5764.706	-5778.878
BIC	-5753	-5739	-5748
LL	2894.0	2887.4	2895.4

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

Fonte: Elaboração própria

Nos anos seguintes, 2013 e 2014, constatou-se a mesma tendência observada nos períodos passados, onde a variável macroeconômica apresenta significância, enquanto a variável política não. Ficando para a constante parte da explicação dos resultados obtidos. As tabelas a seguir evidenciam que o melhor poder de explicação está no modelo 3, aquele que contempla as duas variáveis *dummy*.

Tabela 5 (5) – Resultado do modelo com duas variáveis - 2013

	Modelo1 b/se	Modelo2 b/se	Modelo3 b/se
DLEUA2013			
L.DLEUA2013	0.033 (0.03)	0.033 (0.03)	0.035 (0.03)
ARCH_DLEUA2013			
L.arch	0.153*** (0.02)	0.131*** (0.02)	0.145*** (0.02)
L.garch	0.824*** (0.03)	0.873*** (0.02)	0.834*** (0.03)
dummy_macro	1.206*** (0.24)		1.335*** (0.26)
dummy_politica		0.679 (0.51)	0.536 (0.33)
constant	-11.226*** (0.30)	-11.932*** (0.53)	-11.475*** (0.38)
AIC	-6000.435	-5986.990	-6001.043
BIC	-5974	-5961	-5970
LL	3005.2	2998.5	3006.5

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

Fonte: Elaboração própria

Tabela 6 (5) - Resultado do modelo com duas variáveis - 2014

	Modelo1 b/se	Modelo2 b/se	Modelo3 b/se
DLEUA2014			
L.DLEUA2014	0.037 (0.03)	0.038 (0.03)	0.039 (0.03)
ARCH_DLEUA2014			
L.arch	0.157*** (0.02)	0.134*** (0.02)	0.148*** (0.02)
L.garch	0.824*** (0.03)	0.872*** (0.02)	0.834*** (0.03)
dummy_macro	1.223*** (0.24)		1.376*** (0.27)
dummy_politica		0.815 (0.52)	0.659 (0.34)
constant	-11.360*** (0.30)	-12.089*** (0.53)	-11.638*** (0.38)
AIC	-6095.156	-6083.168	-6096.929
BIC	-6069	-6057	-6066
LL	3052.6	3046.6	3054.5

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

Fonte: Elaboração própria

6 Conclusões do ensaio

Foram analisadas as séries de log-preços de contratos futuros de EUA com prazo de maturação em dezembro de 2009 até 2014, negociados durante o período de 02 de janeiro de 2008 até 27 de julho de 2013.

Buscou-se verificar a influência de variáveis macroeconômica e política sobre a série de log-preços dos EUAs, para tanto foram utilizados 4 modelos econométricos, cuja utilização já foi testada anteriormente de acordo com a literatura correlata, porém sem o enfoque dado neste trabalho.

Utilizou-se os modelos univariados, sendo eles GARCH, EGARCH, TGARCH e multivariado, o MGARCH.

Na primeira análise foram comparados os três modelos univariados, onde os mesmo contaram com a inclusão de variáveis *dummy* visando capturar a influência de aspectos políticos e macroeconômicos.

Os resultados, de acordo com os critérios AIC e BIC, apontaram que o modelo TGARCH apresentou melhor aderência aos dados e que a variável macroeconômica se mostrou significativa, demonstrando assim seu poder explicativo para o modelo. Já os aspectos políticos não apresentaram significância para os modelos. A constante também apresentou resultados significantes, ratificando que outros fatores não incluídos no modelo são responsáveis pela explicação dos mesmos.

Na segunda análise, utilizando o modelo MGARCH, foram feitas simulações visando analisar os períodos com cada *dummy* de forma independente e depois com ambas conjuntamente.

Os resultados foram semelhantes aos da primeira análise, onde a constante e a variável macroeconômica demonstraram significância, enquanto a variável política só apresentou significância em apenas um ano. Os melhores modelos de acordo com os critérios AIC e BIC foram os com duas variáveis *dummy* e o com apenas a variável macroeconômica.

Ratificamos com isto que a recessão econômica durante o período analisado, é considerada como fator relevante para direcionar os preços dos EUAs, ao contrário dos aspectos políticos escolhidos para este estudo.

Referências do ensaio 2

- BENZ, Eva; TRÜCK, Stefan. Modeling the Price Dynamics of CO2 Emission Allowances. **Energy Economics**, v. 31, p. 4-15, 2009.
- BOLLERSLEV, T. Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. **Journal of Econometrics**, n. 31, p. 307–327, 1986.
- BROOKS, Chris. **Introductory econometrics for finance**. 2. Ed. New York: Cambridge University Press, 2008.
- CHEVALLIER, J. Carbon Futures and Macroeconomic Risk Factors: a View from the EU ETS. **Energy Economics**, n. 31, p. 614-625, 2009.
- _____. Detecting instability in the volatility of carbon prices. **Energy Economics**, n. 33, p. 99-110, 2011a.
- _____. A model of carbon price interactions with macroeconomic and energy dynamics. **Energy Economics**, n. 33, p. 1295 – 1312, 2011b.
- _____. Macroeconomics, finance, commodities: interactions with carbon markets in data-rich model. **Economic Modelling**, n. 28, p. 557-567, 2011c.
- _____. Banking and borrowing in the EU ETS: A review of economic modeling, current provisions and prospects for future design. **Journal of Economics Surveys**, v. 26, n. 1, p. 157-176, 2012.
- _____; IELPO, Florian; MERCIER, Ludovic. Risk aversion and institutional information disclosure on the European carbon market: a case-study of the 2006 compliance event. **Energy Policy**, n. 37, p. 15-28, 2009.
- DASKALAKIS, George; PSYCHOYIOS, Dimitris; MARKELLOS, Rafael N. Modeling CO₂ Emission Allowance Price and Derivatives: evidence from the European trading scheme **Journal of Banking & Finance**, n. 33, p. 1230-1241, 2009.
- ENGLE, R. F. Dynamic conditional correlation: A simple class of multivariate generalized autoregressive conditional heteroskedasticity models. **Journal of Business & Economic Statistics**, n. 20, p. 339–350, 2002.
- EUROPEAN CLIMATE EXCHANGE (CCX). Disponível em: www.ecx.eu Acesso em: 12 jul. 2010.
- GLOSTEN, L. R., JAGANNATHAN, R.; RUNKLE, D. “On the relation between the expected value and the volatility of the nominal excess of return on stocks. **The Journal of Finance**, vol. 48 n. 5, 1993.
- ISENEGGER, Philip; WYSS, Rico Von. The valuation of Derivatives on carbon Emission Certificates – a GARCH Approach. August, 2009.

MANSANET-BATALLER, Maria; PARDO, Angel; VALOR, Eric. CO₂ prices, energy and weather. **The Energy Journal**, v. 28, n. 3, p. 73-92, 2007.

MORETTIN, Pedro A.; TOLOI, Clélia M. C. **Análise de séries temporais** 2.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2006.

NELSON, D. B. “Conditional heteroscedasticity in asset returns: a new approach”. **Econometrica**, vol 59 n. 2, p. 347-370, 1991.

OLIVEIRA, Marcos Roberto Gois de, **Gerenciamento do risco de mercado baseado no *value at risk* estático e dinâmico para carteiras de ações e opções negociadas na BOVESPA**. Tese (Doutorado) – Programa de pós-graduação em economia, Universidade Federal de Pernambuco, 2005.

PAOLELLA, Marc. S.; TASCHINI, Luca. An econometric analysis of emission allowance prices. **Journal of Banking & Finance**. n. 32, p. 2022-2032, p. 2008.

SEIFERT, Jan; UHRIG-HOMBURG, Marliese; WAGNER, Michael. Dynamic behavior of CO₂ spot prices. **Journal of Environmental Economics and Management**. v. 56, p. 180-194, 2008.

ZAKOIAN, J. M. Threshold heteroskedastic models. **Journal of Economic Dynamics and Control** . n.18, p. 931–955, 1994.

Ensaio 3 - Análise do risco de contratos futuros de permissões para emissão de carbono (EUA) através da abordagem do *Value at Risk* (VaR)

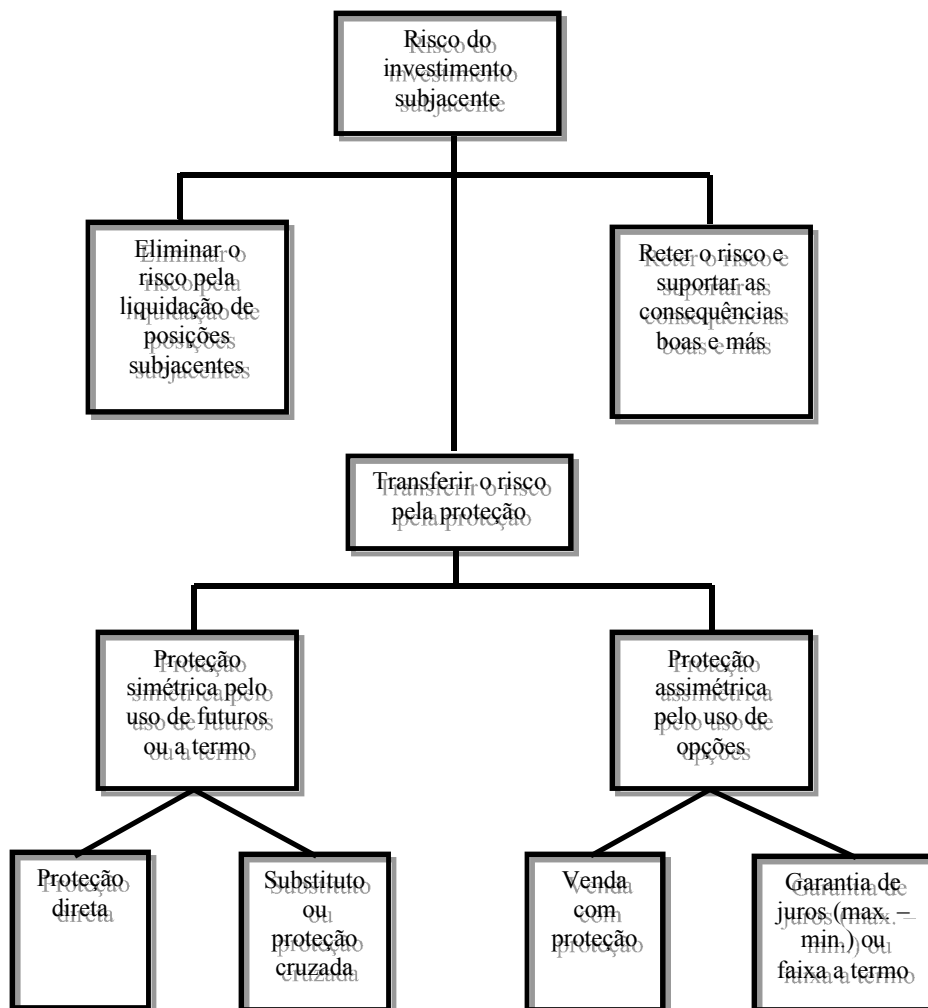
1 Introdução

A mensuração e gerenciamento do risco nas diversas operações do mercado financeiro tem sido tarefa árdua para os gestores das empresas, onde a redução das perdas tem se tornado componente importante na construção do lucro das organizações.

A apuração acurada do risco atrelado aos contratos negociados pelas empresas possibilita um melhor direcionamento dos recursos, buscando opções que tenham resultados compatíveis com o perfil de risco assumido pela empresa.

Como opções de gerenciamento de risco, podemos elencar as seguintes alternativas: “(1) eliminar o risco pela liquidação das posições subjacentes que o geram, (2) manter o risco e receber os benefícios ou os prejuízos e finalmente (3) transferir o risco para outra pessoa via proteção” (BERNSTEIN, DAMODARAN, p.275, 2000).

Figura 21 (1) - Alternativas para tratar com o risco do investimento.



Fonte: BERNSTEIN, DAMODARAN, p.274, 2000.

A Figura 21(1) sintetiza a estrutura de um sistema básico utilizado para proteção do risco.

Visto que a volatilidade nos preços de ativos e passivos financeiros é responsável pelo surgimento do risco de mercado (JORION, p. 13,1999), faz-se necessária a seleção e implementação de formas de mensuração e proteção capazes de reduzir a exposição ao risco.

Bodnar *et al* (1998) apresentam estudo no qual cerca de 80% das grandes empresas não financeiras da Alemanha e dos Estados Unidos administram seus risco, este fato ocorre devido

à expectativa de se evitar futuros problemas econômicos e financeiros. O gerenciamento de risco visa reduzir as perdas, visando alcançar o nível desejado pelos gestores.

O Protocolo de Kyoto criou o mercado de carbono em 2005 e estabeleceu as normas gerais para a redução dos níveis de poluição, além de disciplinar a distribuição e comercialização das permissões para emissão de carbono (EUA). A União Europeia regulamentou o mercado de carbono, adotando regras específicas para seus países membros, criando assim o European Union Emissions Trading Scheme – EU ETS.

Tal esquema de negociação tem a finalidade de nortear o funcionamento do mercado, sobretudo através da implementação de normas sobre novas metas de poluição, distribuição de EUAs para as empresas e inclusão/exclusão de setores empresariais específicos.

O mercado de carbono está interligado com outros mercados de *commodities*, a exemplo do *brent*, eletricidade, gás natural, carvão, ou seja, ativos ligados à aspectos energéticos.

Aspectos políticos também devem ser considerados, pois esse mercado é totalmente regulado por normas que podem ser alteradas a qualquer tempo, por conseguinte, sendo capaz de influenciar no preço de tais ativos.

Para a correta seleção do modelo de gerenciamento de risco, este deve ser compatível com as necessidades da empresa, propiciando uma acurada mensuração do risco envolvido nas operações que pretende monitorar.

Dentre as abordagens tradicionais para mensuração do risco no mercado financeiro, destacamos o *Value at Risk* (VaR), que se tornou popular durante os anos 2000. Onde o mesmo é utilizado por órgãos reguladores face às normas impostas pelo Comitê da Basileia (ALEXANDER, 2001; CROUHY, GALAI, MARK, 2004; CARVALHO, 2011).

O VaR é utilizado para gerenciamento de risco, bem como para sua medição. Sua definição básica é de representar a pior perda esperada, dentro de um horizonte de tempo e de um intervalo

de confiança, observadas as condições normais do mercado (HABART-CORLOSQUET, JANSSEN, MANCA, 2013).

2 Objetivo do ensaio

Como em todo negócio, o investidor deve apurar o real risco de suas operações, sobretudo em mercados onde ainda exista grande assimetria de informações devido a sua fraca eficiência.

Esta forma de eficiência foi constatada no mercado de carbono, em suas primeira (2005-2007) e segunda (2008-2012) fases em diversos tipos de contratos (futuros, opções e *spot*), nas bolsas que operam na Europa (DASKALAKIS, MARKELLOS, 2008; MONTAGNOLI, VRIES, 2010; JOYEUX, MILUNOVICH, 2010; KRISHNAMURTI, HOQUE, 2011; CHARLES *et al*, 2012; CHEVALLIER, 2011; BREDIN, MUCLEY, 2011).

A quantidade de *players* deste mercado ainda é considerada reduzida quando comparado aos mercados de ações ou de outras commodities mais tradicionais, como energia e produtos agropecuários (KNOX-HAYES, 2009). Porém as permissões para emissão de carbono (EUA), negociados em forma de contratos futuros, na EU ETS têm apresentado um crescimento em seu volume de negociação devido à entrada de novos setores no mercado de reduções de emissões de carbono.

Alterações na política ambiental da União Europeia, através do estabelecimento de novas regras, podem influenciar na variação da oferta e demanda de EUAs pelas empresas, gerando alterações nos preços dos contratos negociados no mercado, expondo as empresas a maiores riscos. Casos como o redimensionamento das metas de redução ou alteração no montante de EUAs distribuídos gratuitamente para as empresas, são exemplos claros de impacto no risco político no mercado de carbono.

Destarte, este artigo objetiva verificar o nível de risco dos contratos futuros de permissões para emissão de carbono (EUA), através da utilização do *Value at Risk* (VaR).

Visando assim, contribuir com debates acerca do gerenciamento de risco no mercado de carbono, sendo este ainda considerado recente e em expansão, pois ainda não atingiu sua maturidade (DASKALAKIS, PSYCHOYIOS, MARKELLOS, 2009; BENZ, TRÜCK, 2009; CHEVALLIER, 2009; GAGLIARDI, 2009; CONVERY, REDMOND, 2007).

3 Referencial teórico

O *value at risk* (VaR) é uma ferramenta utilizada para auxiliar os gestores a reduzirem os riscos de diversos tipos de operações. Pode ser utilizado para mensurar o risco de crédito e o risco operacional. O VaR utiliza correlações e *cross-hedging* de diversos tipos de ativos, podendo também levar em consideração outras categorias específicas de risco (ALEXANDER, 2001).

De acordo com Oliveira (p. 4, 2005), “o VaR é uma medida de um quantil que quantifica o risco de uma posição de uma instituição financeira”. Podendo ser utilizado para medir e gerenciar o risco.

A apuração do valor máximo que pode ser perdido em determinado contrato é retratada pelo VaR, onde é levado em consideração o percentual de risco envolvido e o horizonte de tempo da operação.

De acordo com Alexander (2008) o VaR histórico “assumes that all possible future variations have been experienced in the past, and that the historically simulated distribution is identical to the returns distribution over the forward looking risk horizon.”

Sendo assim, neste modelo não há necessidade de se assumir suposições acerca dada forma paramétrica de distribuição dos fatores de risco dos retornos (ALEXANDER, 2008; JORION, 1999; CROUHY, GALAI, MARK, 2004). O VaR Histórico, caracteriza-se como não paramétrico, possuindo como característica relevante o fato de não ser limitada a portfólios lineares, tendo seus fatores de risco inferidos através de seus dados históricos.

De acordo com Habart-Corlosquet, Janssen e Manca (2013), o VaR ao nível α , com $\alpha \in]0,1[$ é matematicamente definido como um quantil da variável aleatória $\mathbf{X}$ de acordo com a probabilidade de distribuição $\mathbf{P}$, conforme demonstrado a seguir:

$$VaR_{\alpha}(x) = \inf\{x \in \Re / P[X \leq x] \geq \alpha\}$$

4 Metodologia

Semelhante à metodologia utilizada por Oliveira (2005) no mercado acionário, foram utilizados os retornos dos contratos de permissões para emissão de carbono (EUA) cuja maturação ocorre no mês de dezembro, durante os anos de 2008 até 2019, conforme demonstrado na tabela 7 (4) cujos dados foram extraídos do sítio da The Intercontinental Exchange (The ICE).

Tabela 7 (4) - Períodos dos contratos analisados

Contratos futuros de permissões para emissão de carbono (EUA)			
Ano de Vencimento dos Contratos	Período de Negociação		Amostras
2008	02/jan/08	13/nov/08	220
2009	02/jan/08	13/nov/09	471
2010	02/jan/08	15/nov/10	724
2011	02/jan/08	15/nov/11	978
2012	02/jan/08	15/nov/12	1231
2013	08/abr/08	25/jul/13	1334
2014	08/abr/08	25/jul/13	1334
2015	06/ago/10	25/jul/13	749
2016	06/ago/10	25/jul/13	749
2017	06/ago/10	25/jul/13	749
2018	06/ago/10	25/jul/13	749
2019	16/nov/10	25/jul/13	677

Fonte: Elaboração própria

Os dados da tabela 7 (4) abrangem os períodos da segunda (2008-2012) e terceira (2013-2020) fases do Protocolo de Kyoto, sendo excluído o ano de 2020 devido à indisponibilidade de informações.

Foram apuradas as perdas máximas desses contratos, destacando-se quais os anos que representam as maiores prováveis perdas para os investidores.

O modelo de VaR utilizado foi o histórico. Sua escolha deve-se ao fato deste ser de fácil implementação, sendo necessária a utilização de dados históricos para seu cálculo (CABEDEO, MOYA, 2003). Também tem sido utilizado como parâmetro comparativo com outros métodos de VaR no mercado de derivativos de energia (CABEDEO, MOYA, 2003; COSTELLO, ASEM E GARDNER, 2008; CHANGCHIEN, LIN, KAO, 2013). A implementação do VaR através do método simulação histórica do traz vantagens deste modelo se adequar a diversos tipos de distribuição, além de não precisar de parâmetros de variância e covariância / correlação dos retornos para ser estimada (CHANGCHIEN, LIN, 2013).

Esse método de VaR utiliza uma distribuição histórica dos preços, onde sua implementação consiste em recuar no tempo durante um período estabelecido, aplicando a uma série de retornos históricos a ponderação vigente (JORION, 1999). Utilizou-se o *software* R para a aplicação do modelo do VaR histórico.

5 Análise e discussão dos resultados

Quando da utilização de um grau de confiança de 99% ou 95%, observa-se que as maiores prováveis perdas se encontram no ano de 2015, conforme observado nas tabelas 8 (5) e 9 (5).

Tabela 8 (5) - Resultados do Value at Risk com 99% de confiança

<i>Value at Risk com 99% de confiança</i>	
Contratos	VaR Histórico
EUA 2008	-0,06544373
EUA 2009	-0,07477475
EUA 2010	-0,07252911
EUA 2011	-0,06952255
EUA 2012	-0,07621583
EUA 2013	-0,08968324
EUA 2014	-0,08926971
EUA 2015	-0,09725296
EUA 2016	-0,09560384
EUA 2017	-0,09631044
EUA 2018	-0,09135524
EUA 2019	-0,08666375

Fonte: Elaboração própria

As menores perdas para uma VaR com 99% de confiança foram apuradas nos contratos com vencimento em dezembro de 2008. Nota-se que há uma tendência de crescimento até o ano de 2015, quando as perdas iniciam uma tendência de decréscimo. Outro achado que merece destaque é que o momento de menor risco ocorreu em 2008 que foi o ano em que a última grande crise mundial teve origem. Desta forma, pode-se inferir que os movimentos dos preços do mercado tradicional não influenciam o mercado de carbono.

Esta última inferência contraria argumentos expostos no estudo de Souza, Alvarez e Andrade (2013) para quem os preços das Reduções Certificadas de Emissão (CER) foram

impactadas pela crise global de 2008. Como o foco do estudo destes autores não foi especificamente o risco do mercado de carbono, pode haver algum viés nas afirmações dos mesmos.

Pode-se também destacar o menor risco em 2008 por conta do início da segunda fase do Protocolo de Kyoto, onde passaram a vigorar novas normas que possibilitavam a antecipação da utilização de EUAs referentes a períodos futuros (*borrowing*) e a postergação da utilização destes certificados do período atual para utilização ou negociação futura (*banking*). Estas possibilidades, de antecipar e postergar, permitem que as empresas tenham melhores condições para o gerenciamento na utilização dos EUAs (CHEVALLIER, 2012).

Na tabela 9 (5) é demonstrado que as menores perdas esperadas para os contratos analisados são observadas no ano de 2011. Semelhantemente ao verificado na tabela 8 (5) é possível verificar que há uma tendência de crescimento do risco até o ano de 2015, quando isso se inverte e a tendência é decrescente.

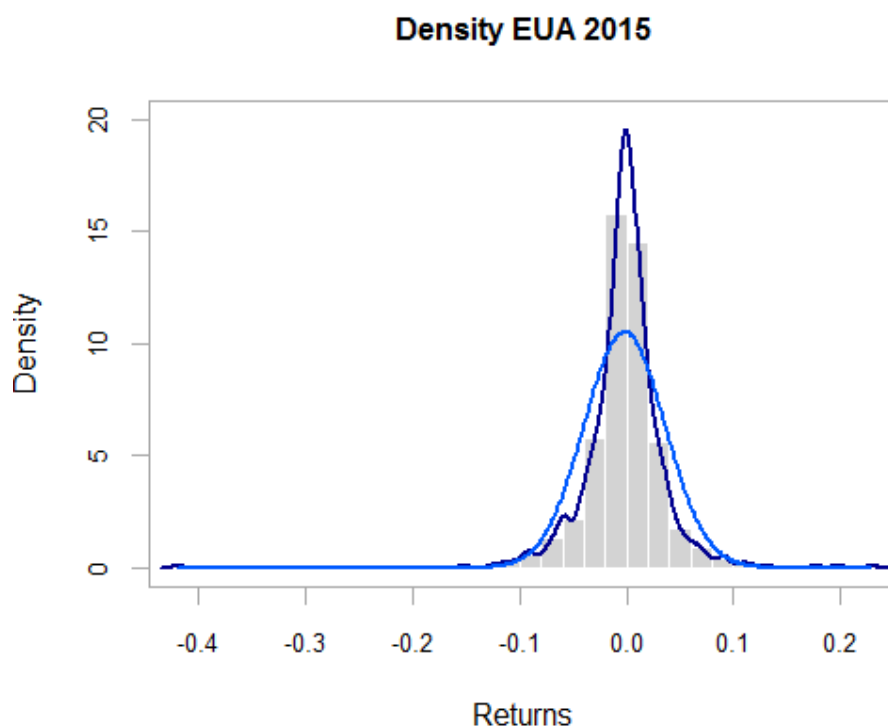
Tabela 9 (5) - Resultados do Value at Risk com 95% de confiança

<i>Value at Risk</i> com 95% de confiança	
Contratos	VaR Histórico
EUA 2008	-0,04677638
EUA 2009	-0,04920328
EUA 2010	-0,04257382
EUA 2011	-0,03968346
EUA 2012	-0,04636603
EUA 2013	-0,05121524
EUA 2014	-0,05008880
EUA 2015	-0,05977491
EUA 2016	-0,05876130
EUA 2017	-0,05504003
EUA 2018	-0,05136988
EUA 2019	-0,05154107

Fonte: Elaboração própria

Um nível de confiança de 99% representa que serão avaliados os 10 (50) piores eventos dentro do intervalo de tempo escolhido, conforme evidenciado na tabela 8 (5). Neste caso, apurou-se que a maior perda ocorre para os contratos com vencimento em dezembro de 2015, em apenas 1% dos casos, as perdas serão superiores a 0,05977491. Analisando-se figura observa-se que 99% dos retornos estão acima de 0,05977491.

Figura 22 (5) - Histograma dos contratos de EUA com vencimento em Dezembro/2015



Fonte: Elaboração própria

No Apêndice C deste trabalho podem ser observados os gráficos 4.1 até 4.12 onde são demonstrados os histogramas da simulação do VaR histórico (azul escuro) e da distribuição normal (azul claro). Percebe-se que o VaR acompanha a curva normal porém de forma leptocúrtica, que de acordo com Brooks (2008), é característico de séries temporais financeiras

bem como de seus resíduos. Tais diferenças passam a ser mais acentuadas com o passar dos anos.

6 Conclusões do ensaio

O presente artigo objetivou verificar o nível de risco dos contratos futuros de permissões para emissão de carbono. Para tanto, se utilizou como modelo empírico o VaR histórico.

Mesmo em diferentes níveis de confiança verificou-se que as maiores perdas prováveis estariam em 2015, a partir de quando a tendência de crescimento das perdas é reduzida. O mercado assimila que a volatilidade é menor a partir de 2015, portanto, o risco de perda seria menor.

Por outro lado as menores perdas foram em 2008 (99%) e 2009 (95%), indicando pouca ou nenhuma relação entre a volatilidade e risco dos mercados de carbono e o tradicional. Apesar deste não ter sido o objetivo principal do estudo, suscita algumas reflexões, notadamente, o porquê em um período de crise econômica global o mercado de carbono apresenta baixos níveis de risco. Uma explicação pode ser a própria maturidade do mercado, ou mesmo a não aderência dos Estados Unidos da América ao protocolo de Kyoto.

O risco político presente no mercado de carbono deve ser ressaltado, face a possibilidade de mudança das regras de alocação de permissões para emissão de carbono (EUA) para os países membros da União Europeia e, conseqüentemente, para as empresas localizadas nos mesmos. Isto afeta a previsibilidade do risco por parte dos *players* no longo prazo, aumentando a volatilidade dos retornos dos ativos negociados no mercado de carbono.

Alterações na política ambiental mundial, e especialmente da União Europeia, através do incentivo para o desenvolvimento de fontes de energia limpa, como já determinado pelo European Council em 2011 podem ser consideradas fatores relevantes para a mudança nas perspectivas de variação dos preços dos EUAs.

Destarte, conclui-se que o risco apurado através do *Value at Risk* pode ser decorrente de diversos fatores, podendo assim destacar os fatores energéticos, os mercadológicos e o político.

Referências do ensaio 3

ALEXANDER, Carol. **Market models**: a guide to financial data analysis. John Wiley & Sons Ltd, 2001.

ALEXANDER, Carol. **Value-at-risk models**. John Wiley & Sons Ltd, 2008.

BENZ, Eva; TRÜCK, Stefan. Modeling the Price Dynamics of CO2 Emission Allowances. **Energy Economics**, v. 31, p. 4-15, 2009.

BERNSTEIN, Peter L., DAMODARAN, Aswath. **Administração de investimentos**. Porto Alegre: Artmed, 2000.

BODNAR, Gordon M.; GEBHARDT, Gunther. Derivatives Usage in Risk Management by U.S. and German Non –Financial Firms: A Comparative Survey. **NBER Working Paper** No. 6705, 1998. Disponível em www.nber.org/papers/w6705 Acesso em 15/03/2010.

BREDIN, Don; MUCKLEY, Cal An emerging equilibrium in the EU emission trading scheme. **Energy Economics**, n. 33, p. 353-362, 2011.

CABEDO , J. David, MOYA, Ismael Estimating oil price ‘Value at Risk’ using the historical simulation approach. **Energy Economics**, v. 25, p. 239–253, 2003

CARVALHO, Agostinho Garrido Teixeira de, **Acordo de Basileia II no Brasil: implantação, supervisão e fatores de risco dos principais bancos brasileiros** Dissertação (Mestrado) – Mestrado Profissional em Regulação e Gestão de Negócios, Universidade de Brasília, 2011.

CHANGCHIEN, Chang-Cheng; LIN, Chu-Hsiung, KAO, Wei-Shun. Capturing value-at-risk in futures markets: a revised filtered historical simulation approach. **Journal of Risk Model Validation**, v. 6, n.4 , p. 67–93, Winter 2012/13.

CHARLES, Amélie, DARNÉ, Olivier; FOUILLOUX, Jessica, **Market Efficiency in the European Carbon Markets** (October 17, 2012). USAEE Working Paper No. 12-139. Disponível em SSRN: <http://ssrn.com/abstract=2163305> acesso: 25 de outubro de 2012.

CHEVALLIER, J. Carbon Futures and Macroeconomic Risk Factors: a View from the EU ETS. **Energy Economics**, n. 31, p. 614-625, 2009.

_____. Detecting instability in the volatility of carbon prices. **Energy Economics**, n. 33, p. 99-110, 2011a.

_____. A model of carbon price interactions with macroeconomic and energy dynamics. **Energy Economis**. n. 33, p. 1295 – 1312, 2011b.

_____. Macroeconomics, finance, commodities: interactions with carbon markets in data-rich model. **Economic Modelling**, n. 28, p. 557-567, 2011c.

_____. Banking and borrowing in the EU ETS: A review of economic modeling, current provisions and prospects for future design. **Journal of Economics Surveys**. v. 26, n. 1, p. 157-176, 2012.

CONVERY, Frank J.; REDMOND, Luke. Market and price Development in the European Union Emission Trading Scheme. **Review of Environmental Economics and Policy**, v. 1, n. 1, p. 88-111, winter, 2007.

COSTELLO, Alexandra; ASEM, Ebenezer; GARDNE, Eldon. Comparison of historically simulated VaR: Evidence from oil prices. **Energy Economics**, v. 30, p. 2154–2166, 2008.

DASKALAKIS, George; MARKELLOS, Rafael N. Are the European Carbon Markets Efficient? **Review of Futures Markets**, v. 17, n. 2, p. 103-128, 2008.

DASKALAKIS, George; PSYCHOYIOS, Dimitris; MARKELLOS, Rafael N. Modeling CO₂ Emission Allowance Price and Derivatives: evidence from the European trading scheme **Journal of Banking & Finance**, n. 33, p. 1230-1241, 2009.

GAGLIARDI, Valerio. **European Union Emission Trading Scheme: A Model for Valuation and Hedging of Emission Unit Allowances Derivatives**. Dissertação (Mestrado) – Copenhagen Business School, Copenhagen, May. 2009.

HABART-CORLOSQUET, Marine; JANSSEN, Jacques; MANCA, Raimondo. **VaR Methodology for Non-Gaussian Finance**. Wiley-ISTE, 2013.

JORION, Philippe. **Value at risk**. São Paulo: Bolsa de Mercadorias e Futuros, 1999.

JOYEUX, Roselyne. MILUNOVICH, George. Testing market efficiency in the EU carbon futures Market. **Applied Financial Economics**. v. 20, p. 803-809, 2010.

KNOX-HAYES, Janelle. The Developing Carbon Financial Service Industry: Expertise, adaptation and complementarity in London and New York. **Journal of Economic Geography**, v. 9, p. 749-777, 2009.

KRISHNAMURTI, Chandrasekhar, HOQUE, Ariful. Efficiency of European emissions markets: lessons and implications. **Energy Policy**. v. 39, p. 6575-6582, 2011.

MONTAGNOLLI, Alberto; VRIES, Frans P. Carbon trading thickness and market efficiency. **Energy Economics**. n. 32, p. 1331-1336, 2010.

OLIVEIRA, Marcos Roberto Gois de, **Gerenciamento do risco de mercado baseado no *value at risk* estático e dinâmico para carteiras de ações e opções negociadas na BOVESPA**. Tese (Doutorado) – Programa de pós-graduação em economia, Universidade Federal de Pernambuco, 2005.

SOUZA, André Luis Rocha de; ALVAREZ, Guineverre; ANDRADE, José Célio Silveira. Mercado regulado de carbono no Brasil: um ensaio sobre divergências contábil e tributária dos créditos de carbono. **Organ. Soc.**, Salvador, v. 20, n. 67, Dec. 2013. Available from http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1984-92302013000400006&lng=en&nrm=iso Acesso em 20 de janeiro de 2014.

Considerações finais

A utilização dos modelos apresentados visa compreender melhor o funcionamento do mercado de carbono em uma das principais bolsas de negociação dentro da EU ETS. Auxiliando assim, na correta precificação deste tipo peculiar de ativo e consequentemente na elaboração de estratégias de investimento pelos gestores das empresas que utilizam esse mercado em expansão.

Verificamos que os preços das permissões para emissão de carbono (EUA) sofrem alterações em função da mudança no preço de outras *commodities*, especialmente o carvão e o gás natural.

Outro aspecto significativo são as questões macroeconômicas, que impulsionam ou retraem a economia, refletindo da mesma forma no consumo das pessoas/governos e consequentemente na produção de bens e serviços, ou seja, aumentando / reduzindo a emissão de gases poluentes.

Observamos também que a utilização do *Value at Risk* histórico para avaliar o risco em contratos de permissões para emissão de carbono apontou que o maior risco destes ativos, com vencimento em dezembro, do período de 2008 – 2019, foi apurado no ano de 2015. Desta forma, acredita-se que os primeiros anos da terceira fase do protocolo (2013-2020) podem ser considerados como de maior volatilidade face à entrada em vigor de novas normas.

Os três artigos apresentados se interligam na relação dos fatores que influenciam o preço dos EUAs, destacando a volatilidade deste tipo de ativo. Onde novas mudanças na política ambiental, na melhoria da eficiência energética podem alterar os fatores de risco neste mercado.

Como sugestões para estudos futuros seria relevante a utilização de outras datas focais relacionadas à política, sobretudo pelo permanente lançamento de novos regulamentos ligados ao Protocolo de Kyoto, gerando assim uma nova ótica para o aspecto regulatório. Outro ponto que pode ser estudado é mudança das datas de maturação dos contratos, pois os choques podem ser diferentes dependendo do período analisado.

Referências

ALBEROLA, Emilie; CHEVALLIER, Julien, 2007. European carbon prices and banking restrictions: evidence from phase I (2005-2007) **Document de Travail - Working Paper**. n. 2007-32. Paris: 2007. Disponível em 24/10/2012 na: [www. http://economix.fr/](http://economix.fr/)

ALBEROLA, Emilie; CHEVALLIER, Julien, 2007. European Carbon Price Fundamentals in 2005 – 2007: the effects of Energy Markets, Temperatures and Sectorial Production. **Document de Travail - Working Paper**. n. 2007-33. Paris: 2007. Disponível em 24/10/2012 na: [www. http://economix.fr/](http://economix.fr/)

ALBEROLA, Emilie; CHEVALLIER, Julien; CHÈZE, Benoît. Prices drivers and structural breaks in European carbon prices 2005-2007. **Energy Policy**. n. 36, p. 787-797, 2007.

ALBEROLA, Emilie; CHEVALLIER, Julien; CHÈZE, Benoît. Emissions Compliances and Carbon Prices under the EU ETS: A Country Specific Analysis of Industrial Sectors. **Journal of Policy Modeling**. n. 31, p. 446 – 462, 2009.

BAILEY, Warren; CHAN, K. C., Macroeconomic influence and the variability of the commodity future basis. **The Journal of Finance**. V. 48, n. 2, p. 555-573, Jun 1993.

BENESSAIAH, Karina. Carbon and livelihoods in Post-Kyoto: Assessing voluntary carbon markets. **Ecological Economics**. n. 77, p. 1-6, 2012.

BENZ, Eva; TRÜCK, Stefan. Modeling the Price Dynamics of CO2 Emission Allowances. **Energy Economics**, v. 31, p. 4-15, 2009.

BLANCHARD, Olivier **Macroeconomia**, 3. ed. São Paulo, Pearson: 2004.

BLYTH, William; BUNN, Derek. Coevolution of policy, market and technical price risks in the EU ETS. **Energy Policy**. n. 39, p. 4578 – 4593, 2011.

_____. KETTUNEN, Jane; WILSON, Tom. Policy interactions, risk and price formation in carbon markets. **Energy Policy**. n. 37, p. 5192 – 5207, 2009.

BM&FBOVESPA. Índice Carbono Eficiente - ICO2. Disponível em <http://www.bmfbovespa.com.br/indices/ResumoIndice.aspx?Indice=ICO2&idioma=pt-br> Acesso em 25/08/2012

BOLLERSLEV, T. Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. **Journal of Econometrics**, n. 31, p. 307–327, 1986.

BRAMMER Stephen; PAVELIN, Stephen Voluntary Environmental Disclosures by Large UK Companies **Journal of Business Finance & Accounting**, 33(7) & (8), 1168–1188, September/October 2006.

BREDIN, Don; HYDE, Stuart; MUCKLEY, Cal. **A Microstructure Analysis of the Carbon Finance Market**. Working Paper. Disponível em: <http://ssrn.com/abstract=1899227>. Acesso em 16/10/2012.

BREDIN, Don; MUCKLEY, Cal. An emerging equilibrium in the EU emission trading scheme. **Energy Economics**, n. 33, p. 353-362, 2011.

BROOKS, Chris. **Introductory econometrics for finance**. 2. Ed. New York: Cambridge University Press, 2008.

CABEDO, J. David, MOYA, Ismael. Estimating oil price 'Value at Risk' using the historical simulation approach. **Energy Economics**, v. 25, p. 239-253, 2003

CARBON MARKET DATA, Disponível em www.carbonmarketdata.com. Acesso em 05/05/2014

CARVALHO, Agostinho Garrido Teixeira de, **Acordo de Basileia II no Brasil: implantação, supervisão e fatores de risco dos principais bancos brasileiros** Dissertação (Mestrado) – Mestrado Profissional em Regulação e Gestão de Negócios, Universidade de Brasília, 2011.

CHANGCHIEN, Chang-Cheng; LIN, Chu-Hsiung, KAO, Wei-Shun. Capturing value-at-risk in futures markets: a revised filtered historical simulation approach. **Journal of Risk Model Validation**, v. 6, n.4, p. 67-93, Winter 2012/13.

CAMPBELL, Sean D.; DIEBOLD, Francis X., Weather Forecasting for weather derivatives. **NBER Working Paper** No. 10141, 2003. Disponível em www.nber.org/papers/w10141 Acesso em 26/10/2010.

CHEVALLIER, J. Carbon Futures and Macroeconomic Risk Factors: a View from the EU ETS. **Energy Economics**, n. 31, p. 614-625, 2009.

_____. Detecting instability in the volatility of carbon prices. **Energy Economics**, n. 33, p. 99-110, 2011a.

_____. A model of carbon price interactions with macroeconomic and energy dynamics. **Energy Economics**, n. 33, p. 1295 – 1312, 2011b.

_____. Macroeconomics, finance, commodities: interactions with carbon markets in data-rich model. **Economic Modelling**, n. 28, p. 557-567, 2011c.

_____. Banking and borrowing in the EU ETS: A review of economic modeling, current provisions and prospects for future design. **Journal of Economics Surveys**, v. 26, n. 1, p. 157-176, 2012.

_____; IELPO, Florian; MERCIER, Ludovic. Risk aversion and institutional information disclosure on the European carbon market: a case-study of the 2006 compliance event. **Energy Policy**, n. 37, p. 15-28, 2009.

CHEN, Nai-Fu. Financial Investment Opportunities and the Macroeconomy **The Journal of Finance**, v. 46, n. 2, p. 529-554, Jun 1991

_____. ROLL, Richard; ROSS, Stephen A. Economics Forces and the Stock Market. **The Journal of Business**, v. 59, n 3, p. 383-403, Jul. 1986.

CONVERY, Frank J.; REDMOND, Luke. Market and price Development in the European Union Emission Trading Scheme. **Review of Environmental Economics and Policy**, v. 1, n. 1, p. 88-111, winter, 2007.

COSTELLO, Alexandra; ASEM, Ebenezer; GARDNE, Eldon. Comparison of historically simulated VaR: Evidence from oil prices. **Energy Economics**, v. 30, p. 2154–2166, 2008.

DASKALAKIS, George; PSYCHOYIOS, Dimitris; MARKELLOS, Rafael N. Modeling CO₂ Emission Allowance Price and Derivatives: evidence from the European trading scheme **Journal of Banking & Finance**, n. 33, p. 1230-1241, 2009.

Engle, R. F. 2002. Dynamic conditional correlation: A simple class of multivariate generalized auto regressive conditional heteroskedasticity models. **Journal of Business & Economic Statistics**. n. 20, p. 339–350.

EUROPEAN CLIMATE EXCHANGE (CCX). Disponível em: www.ecx.eu Acesso em: 12 jul. 2010.

FULLERTON, Don; KARNEY, Daniel H.; BAYLIS, Kathy. **Negative Leakage**. Working paper. Janeiro, 2013. Disponível em: <http://works.bepress.com/donfullerton/61>. Acesso em 12/09/2013.

GANS, Joshua S. Innovation and Climate Change Policy. **American Economic Journal: Economic Policy**. v. 4, n. 4, Nov. 2012.

GAGLIARDI, Valerio. **European Union Emission Trading Scheme: A Model for Valuation and Hedging of Emission Unit Allowances Derivatives**. Dissertação (Mestrado) – Copenhagen Business School, Copenhagen, May. 2009.

GLOSTEN, L. R., JAGANNATHAN, R.; RUNKLE, D. “On the relation between the expected value and the volatility of the nominal excess of return on stocks. **The Journal of Finance**. vol. 48 n. 5, 1993.

HINTERMANN, Beat. Allowance price drivers in the first phase of EU ETS. **Journal of Environmental Economics and Management**. n. 59, p. 43-56, 2010.

HULL, Jonh C. **Fundamentos dos mercados futuros e de opções**. São Paulo: Bolsa de Mercadorias e Futuros, 2005.

_____. **Options, futures and other derivatives**. 7. ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2008.

ISENEGGER, Philip; WYSS, Rico Von. The valuation of Derivatives on carbon Emission Certificates – a GARCH Approach. August, 2009.

JEWSON, Stephen; BRIX, Anders, **Weather Derivatives Valuation**. Cambridge: Cambridge Universtity Press, 2007

JONES, Charles Irving **Introdução à teoria do crescimento econômico** São Paulo: Campus, 2000.

KIRAT, Djamel; AHAMADA, Ibrahim. The impact of the European Union Emission trading scheme on the electricity-generation sector. **Energy Economics**, n. 33, p. 995-1003, 2011.

KLEPPER, Gernot. The future of the European Emission Trading System and the Clean Development Mechanism in a post-Kyoto world. **Energy Economics**, n. 33, p. 687-698, 2011.

KLING, Catherine; RUBIN, Jonathan. Bankable permits for the control of environmental pollution. **Journal of Public Economics**, v. 64, p. 101- 115, 1997.

KNOX-HAYES, Janelle. The Developing Carbon Financial Service Industry: Expertise, adaptation and complementarity in London and New York. **Journal of Economic Geography**, v. 9, p. 749-777, 2009.

MANSANET-BATALLER, Maria; PARDO, Angel; VALOR, Eric. CO₂ prices, energy and weather. **The Energy Journal**, v. 28, n. 3, p. 73-92, 2007.

MANSANET-BATALLER, Maria; et al. EUA and sCER phase II price drivers: unveiling the reasons for the existence of the EUA-sCER spread. **Energy Policy**, N. 39, p. 1056 – 1069, 2011.

MONTAGNOLLI, Alberto; VRIES, Frans P. Carbon trading thickness and market efficiency. **Energy Economics**, n. 32, p. 1331-1336, 2010.

MONTGOMERY, W. David. Markets in Licenses and efficient Pollution Control Programs. **Journal of Economic Theory**, N. 5, p. 395 – 418, 1972.

MORETTIN, Pedro A.; TOLOI, Clélia M. C. **Análise de séries temporais** 2.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2006.

NELSON, D. B. “Conditional heteroscedasticity in asset returns: a new approach”. **Econometrica**, vol 59 n. 2, p. 347-370, 1991.

OLIVEIRA, Marcos Roberto Gois de, **Gerenciamento do risco de mercado baseado no *value at risk* estático e dinâmico para carteiras de ações e opções negociadas na BOVESPA**. Tese (Doutorado) – Programa de pós-graduação em economia, Universidade Federal de Pernambuco, 2005.

OBERNDORFER, Ulrich. EU Emission Allowances and the stock market: Evidence from the electricity industry. **Ecological Economics**, n. 68, p. 1116 – 1126, 2009.

PAOLELLA, Marc. S.; TASCHINI, Luca. An econometric analysis of emission allowance prices. **Journal of Banking & Finance**, n. 32, p. 2022-2032, p. 2008.

PERDAN, Slobodan; AZAPAGIC, Adisa. Carbon trading: Current schemes and future developments. **Energy Policy**, n. 39, p. 6040-6054, 2011.

PIRRONG, Craig. Market Oversight for Cap-and-trade: efficiently regulating the carbon derivatives market. **Energy Security Initiative**. Policy Brief 09-04, 2009

_____, Energy market manipulation: definition, diagnosis and deterrence. **Energy Law Journal**, v. 31, n. 1, 2010.

_____, JERMAKYAN, Martin The price of power: The valuation of power and weather derivatives **Journal of Banking & Finance**, n. 32, p. 2520-2529, 2008.

_____, **Commodity Price Dynamics: A Structural Approach**. Cambridge: Cambridge University Press, 2011.

ROLL, Richard. Orange Juice and weather. **The American Economic Review**. v. 74, n. 5, p. 861-880, 1984.

RUBIN, Jonathan D. A Model of Intertemporal Emission Trading, Banking, and Borrowing. **Journal of Environmental Economics and Management**. v. 31, n. 44, p. 269-286, 1996.

SCOTT, William R. **Financial Accounting Theory**. 5. ed. Toronto: Pearson – Prentice Hall, 2009.

SEIFFERT, Mari E. B. **Mercado de carbono e protocolo de Quioto**. São Paulo: Atlas, 2009.
SEIFERT, Jan; UHRIG-HOMBURG. Marliese; WAGNER, Michael. Dynamic behavior of CO₂ spot prices. **Journal of Environmental Economics and Management**. v. 56, p. 180-194, 2008.

SOMOYE, Russel O. C.; AKINTOYE, Ishola R.; OSENI, Jimoh E. Determinants of Equity Prices in the Stock Markets. **International Research Journal of Finance and Economics**. n. 30, p.177-189, 2009.

SUIJS, JEROEN **Voluntary Disclosure of Bad News** Journal of Business Finance & Accounting, 32(7) & (8), September/October 2005.

SMITH; Clifford W.; STULZ, Rene M. The Determinants of Firms' Hedging Policies. **The Journal of Financial and Quantitative Analysis**, v. 40, n. 4, p. 391-405, Dec. 1985.

STULZ, Rene M. **Risk management and derivatives** Mason: Thomson, 2003.

TINTMAN, Sheridan. Financial Markets and Investment Externalities. **The Journal of Finance**. v. LXVII, n. 4, August, 2013.

UNITED NATIONS, **The United Nations Development Agenda: Development for All 2007**. Disponível em: http://www.un.org/esa/devagenda/UNDA_BW5_Final.pdf Acesso em: 20 jun. 2008.

_____, **SUSTAINABLE DEVELOPMENT TOPICS**. Disponível em: http://www.un.org/esa/sustdev/sdissues/climate_change/climate_change.htm. Acesso em: 18 jun. 2008.

VYVYAN; Victoria. NG, Chew; BRIMBLE, Mark **Socially Responsible Investing**: the green attitudes and grey choices of Australian investors. *Corporate Governance: An International Review*, Vol. 15, No. 2, pp. 370-381, March 2007.

WILLIAMSON, O. E. Strategizing, economizing, and economic organization. In: RUMELT, R.; SCHENDEL, D.; TEECE, D. (Ed). **Fundamental issues in strategy**: a research agenda. Boston: Harvard Business School Press, 1994.

_____. Transaction cost economics and organization Theory. In: WILLIAMSON, O. E. (Ed). **Organization theory**: from Chester Barnard to the present and beyond. New York: Oxford University Press, 1995.

ZAKOIAN, J. M. Threshold heteroskedastic models. **Journal of Economic Dynamics and Control** . n.18, p. 931–955, 1994.

APÊNDICE A - Resultados preliminares dos testes para o VAR e VECM - Período 2008 - 2019

VECM 2008

Selection-order criteria
Sample: 5 - 220

Number of obs = 216

lag	LL	LR	df	p	FPE	AIC	HQIC	SBIC
0	900.337				1.7e-10	-8.29016	-8.25859	-8.21203
1	2361.2	2921.7	25	0.000	2.9e-16	-21.5852	-21.3958*	-21.1164*
2	2395.96	69.525*	25	0.000	2.7e-16*	-21.6756*	-21.3284	-20.8161
3	2411.21	30.5	25	0.206	2.9e-16	-21.5853	-21.0803	-20.3352
4	2426.28	30.138	25	0.219	3.2e-16	-21.4934	-20.8305	-19.8526

Endogenous: LEUA2008 LBRENTFM LCOAL LGAS LELETRIC
Exogenous: _cons

Johansen tests for cointegration

Trend: constant
Sample: 3 - 220

Number of obs = 218
Lags = 2

maximum rank	parms	LL	eigenvalue	trace statistic	5% critical value
0	30	2385.1723	.	72.7772	68.52
1	39	2400.8044	0.13360	41.5129*	47.21
2	46	2410.557	0.08559	22.0077	29.68
3	51	2417.6643	0.06312	7.7932	15.41
4	54	2419.9958	0.02116	3.1302	3.76
5	55	2421.5609	0.01426		

Johansen normalization restriction imposed

beta	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]
_ce1					
LEUA2008	1	.	.	.	.
Lbrent2008	-.4405293	.0710241	-6.20	0.000	-.5797339 -.3013247
LCOAL	.1558722	.089581	1.74	0.082	-.0197033 .3314477
LGAS	-.3592309	.102779	-3.50	0.000	-.5606741 -.1577878
LELETRIC	-.1360778	.1023822	-1.33	0.184	-.3367433 .0645876
_cons	.2000645	.	.	.	.

Eigenvalue stability condition

Eigenvalue	Modulus
1	1
1	1
1	1
1	1
.8551136	.855114
-.2530462	.253046
.236159	.236159
.05160775 + .1428891	.151923
.05160775 - .1428891	.151923
-.0089462	.008946

The VECM specification imposes 4 unit moduli.

Lagrange-multiplier test

lag	chi2	df	Prob > chi2
1	20.8190	25	0.70266
2	23.6529	25	0.53949
3	29.6860	25	0.23626
4	55.8485	25	0.00038
5	23.5315	25	0.54656

H0: no autocorrelation at lag order

2009

Selection-order criteria

Sample: 5 - 471

Number of obs = 467

lag	LL	LR	df	p	FPE	AIC	HQIC	SBIC
0	818.327				2.1e-08	-3.4832	-3.46573	-3.43881
1	4960.52	8284.4	25	0.000	4.6e-16	-21.1157	-21.0109*	-20.8494*
2	5000.94	80.831	25	0.000	4.4e-16*	-21.1817*	-20.9896	-20.6934
3	5024.72	47.572	25	0.004	4.4e-16	-21.1765	-20.897	-20.4663
4	5044.42	39.4*	25	0.034	4.5e-16	-21.1538	-20.787	-20.2216

Endogenous: LEUA2009 LBRENTFM LCOAL LGAS LELETRIC

Exogenous: _cons

Johansen tests for cointegration

Trend: constant

Number of obs = 469

Sample: 3 - 471

Lags = 2

maximum rank	parms	LL	eigenvalue	trace statistic	5% critical value
0	30	4988.0964	.	76.3111	68.52
1	39	5001.2447	0.05453	50.0144	47.21
2	46	5011.8476	0.04421	28.8085*	29.68
3	51	5019.7511	0.03314	13.0016	15.41
4	54	5024.1616	0.01863	4.1807	3.76
5	55	5026.2519	0.00887		

Johansen normalization restrictions imposed

beta	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]
_ce1					
LEUA2009	1	.	.	.	.
LBRENTFM	2.22e-16	.	.	.	.
LCOAL	1.703066	.8230667	2.07	0.039	.0898846 3.316247
LGAS	2.040926	.8709784	2.34	0.019	.3338398 3.748013
LELETRIC	-6.299927	1.390504	-4.53	0.000	-9.025264 -3.57459
_cons	6.672035	.	.	.	.
_ce2					
LEUA2009	0 (omitted)				
LBRENTFM	1	.	.	.	.
LCOAL	1.999034	1.239808	1.61	0.107	-.4309461 4.429013
LGAS	4.25976	1.311979	3.25	0.001	1.688328 6.831191
LELETRIC	-9.807228	2.094554	-4.68	0.000	-13.91248 -5.701976
_cons	9.396591	.	.	.	.

Eigenvalue stability condition

Eigenvalue	Modulus
1	1
1	1
1	1
.9636861 + .021678281i	.96393
.9636861 - .021678281i	.96393
.2187307	.218731
.04893681 + .12620031i	.135356
.04893681 - .12620031i	.135356
-.06049626 + .031943231i	.068412
-.06049626 - .031943231i	.068412

The VECM specification imposes 3 unit moduli.

Lagrange-multiplier test

lag	chi2	df	Prob > chi2
1	46.5637	25	0.00552
2	47.3424	25	0.00447
3	39.0620	25	0.03632
4	32.5828	25	0.14183
5	26.8537	25	0.36323

H0: no autocorrelation at lag order

2010

Selection-order criteria

Sample: 5 - 724

Number of obs

-

720

lag	LL	LR	df	p	FPE	AIC	HQIC	SBIC
0	1468.23				1.2e-08	-4.06453	-4.05226	-4.03273
1	8010.33	13084	25	0.000	1.6e-16	-22.1676	-22.0939	-21.9768*
2	8057.81	94.958	25	0.000	1.5e-16*	-22.23*	-22.095*	-21.8802
3	8080.27	44.921	25	0.009	1.5e-16	-22.223	-22.0265	-21.7142
4	8101.91	43.279*	25	0.013	1.6e-16	-22.2136	-21.9558	-21.5458

Endogenous: LEUA2010 LBRENTFM LCOAL LGAS LELETRIC

Exogenous: _cons

Johansen tests for cointegration

Trend: constant

Number of obs =

722

Sample: 3 - 724

Lags =

2

maximum rank	parms	LL	eigenvalue	trace statistic	5% critical value
0	30	5108.7163	.	92.6961	68.52
1	39	5125.5524	0.04557	59.0239	47.21
2	46	5139.4541	0.03778	31.2206	29.68
3	51	5148.5808	0.02497	12.9670*	15.41
4	54	5152.6165	0.01112	4.8957	3.76
5	55	5155.0644	0.00676		

Johansen normalization restrictions imposed

beta	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
_ce1						
LEUA2010	1	.	.	.	.	.
LBRENTFM	0 (omitted)	.	.	.	.	.
LCOAL	-1.67e-16	.	.	.	.	.
LGAS	1.518655	.3608326	4.21	0.000	.8114357	2.225874
LELETRIC	-3.204662	.4556029	-7.03	0.000	-4.097627	-2.311696
_cons	3.998919	.	.	.	.	.
_ce2						
LEUA2010	0 (omitted)	.	.	.	.	.
LBRENTFM	1	.	.	.	.	.
LCOAL	0 (omitted)	.	.	.	.	.
LGAS	-1.674068	.576649	-2.90	0.004	-2.804279	-.5438564
LELETRIC	1.376431	.7281019	1.89	0.059	-.0506221	2.803485
_cons	-3.47232	.	.	.	.	.
_ce3						
LEUA2010	0 (omitted)	.	.	.	.	.
LBRENTFM	-2.22e-16	.	.	.	.	.
LCOAL	1	.	.	.	.	.
LGAS	-2.456988	.515858	-4.76	0.000	-3.468051	-1.445925
LELETRIC	2.143284	.6513446	3.29	0.001	.8666724	3.419896
_cons	-3.673671	.	.	.	.	.

Eigenvalue stability condition

Eigenvalue	Modulus
1	1
1	1
.9848999	.9849
.9587514 + .009811961	.958802
.9587514 - .009811961	.958802
.1491662	.149166
.03996391 + .090565111	.098991
.03996391 - .090565111	.098991
-.09668513	.096685
.0144985	.014498

The VECM specification imposes 2 unit moduli.

Lagrange-multiplier test

lag	chi2	df	Prob > chi2
1	35.8641	25	0.07369
2	44.9450	25	0.00848
3	43.0278	25	0.01390
4	37.3046	25	0.05400
5	29.0601	25	0.26141

H0: no autocorrelation at lag order

2011

Selection-order criteria

Sample: 5 - 978

Number of obs = 974

lag	LL	LR	df	p	FPE	AIC	HQIC	SBIC
0	1612.96				2.5e-08	-3.30177	-3.29223	-3.27671
1	11186.2	19146	25	0.000	7.7e-17	-22.908	-22.8508	-22.7576*
2	11245.9	119.37	25	0.000	7.2e-17*	-22.9792*	-22.8743*	-22.7036
3	11269.5	47.214	25	0.005	7.2e-17	-22.9763	-22.8238	-22.5754
4	11293.2	47.455*	25	0.004	7.2e-17	-22.9737	-22.7735	-22.4475

Endogenous: LEUA2011 LBRENTFM LCOAL LGAS LELETRIC

Exogenous: _cons

Johansen tests for cointegration

Trend: constant

Number of obs = 976

Sample: 3 - 978

Lags = 2

maximum rank	parms	LL	eigenvalue	trace statistic	5% critical value
0	30	11223.408	.	97.6822	68.52
1	39	11245.321	0.04391	53.8564	47.21
2	46	11259.749	0.02913	25.0004*	29.68
3	51	11269.425	0.01963	5.6479	15.41
4	54	11272.157	0.00558	0.1836	3.76
5	55	11272.249	0.00019		

Johansen normalization restrictions imposed

beta	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
_ce1						
LEUA2011	1	.	.	.	.	.
LBRENTFM	0 (omitted)					
LCOAL	2.567309	.6426734	3.99	0.000	1.307692	3.826926
LGAS	-.3356664	.7166438	-0.47	0.640	-1.740263	1.068893
LELETRIC	-3.977155	.926571	-4.29	0.000	-5.793201	-2.161109
_cons	2.386166	.	.	.	.	.
_ce2						
LEUA2011	-1.49e-16	.	.	.	.	.
LBRENTFM	1	.	.	.	.	.
LCOAL	-4.898095	.7676619	-6.38	0.000	-6.402685	-3.393505
LGAS	3.472216	.8560182	4.06	0.000	1.794451	5.149981
LELETRIC	.508755	1.106772	0.46	0.646	-1.660479	2.677989
_cons	2.636135	.	.	.	.	.

Eigenvalue stability condition

Eigenvalue	Modulus
1	1
1	1
1	1
.9682417 + .00714636i	.968268
.9682417 - .00714636i	.968268
.1057018 + .05794399i	.120542
.1057018 - .05794399i	.120542
-.08114171	.081142
.01762033 + .03748283i	.041418
.01762033 - .03748283i	.041418

The VECM specification imposes 3 unit moduli.

Lagrange-multiplier test

lag	chi2	df	Prob > chi2
1	39.0645	25	0.03629
2	48.4365	25	0.00331
3	47.5987	25	0.00416
4	38.7291	25	0.03921
5	33.9645	25	0.10867

H0: no autocorrelation at lag order

2012

Selection-order criteria

Sample: 5 - 1231

Number of obs = 1227

lag	LL	LR	df	p	FPE	AIC	HQIC	SBIC
0	1450.08				6.5e-08	-2.35547	-2.34763	-2.33464
1	14274.9	25650	25	0.000	5.7e-17	-23.2191	-23.172	-23.0941*
2	14337.5	125.25	25	0.000	5.3e-17*	-23.2804*	-23.1942*	-23.0512
3	14356.3	37.497	25	0.052	5.4e-17	-23.2702	-23.1448	-22.9369
4	14376.8	41.117*	25	0.022	5.4e-17	-23.263	-23.0983	-22.8255

Endogenous: LEUA2012 LBRENTFM LCOAL LGAS LELETRIC

Exogenous: _cons

Johansen tests for cointegration

Trend: constant

Number of obs = 1229

Sample: 3 - 1231

Lags = 2

maximum rank	parms	LL	eigenvalue	trace statistic	5% critical value
0	30	14315.821	.	96.1717	68.52
1	39	14337.472	0.03462	52.8701	47.21
2	46	14350.878	0.02158	26.0585*	29.68
3	51	14360.935	0.01623	5.9434	15.41
4	54	14363.881	0.00478	0.0526	3.76
5	55	14363.907	0.00004		

Johansen normalization restrictions imposed

beta	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
_ce1						
LEUA2012	1	.	.	.	.	.
LBRENTFM	-2.78e-17	.	.	.	.	.
LCOAL	.0596713	.3100989	0.19	0.847	-.5481113	.6674539
LGAS	1.705163	.2483523	6.87	0.000	1.218401	2.191925
LELETRIC	-3.453452	.3405326	-10.14	0.000	-4.120884	-2.78602
_cons	3.911197	.	.	.	.	.
_ce2						
LEUA2012	0 (omitted)					
LBRENTFM	1	.	.	.	.	.
LCOAL	.3139352	.4003904	0.78	0.433	-.4708155	1.098686
LGAS	-1.33914	.320665	-4.18	0.000	-1.967632	-.7106482
LELETRIC	.3071036	.4396855	0.70	0.485	-.5546643	1.168871
_cons	-1.956655	.	.	.	.	.

Eigenvalue stability condition

Eigenvalue	Modulus
1	1
1	1
1	1
.9799625	.979962
.9734407	.973441
.09898016 + .07374948i	.123434
.09898016 - .07374948i	.123434
-.07354509	.073545
5.950e-06 + .04623622i	.046236
5.950e-06 - .04623622i	.046236

The VECM specification imposes 3 unit moduli.

Lagrange-multiplier test

lag	chi2	df	Prob > chi2
1	36.0402	25	0.07099
2	35.5851	25	0.07814
3	42.3251	25	0.01658
4	36.0516	25	0.07082
5	33.8347	25	0.11149

H0: no autocorrelation at lag order

2013

Selection-order criteria

Sample: 5 - 1334

Number of obs = 1330

lag	LL	LR	df	p	FPE	AIC	HQIC	SBIC
0	1299.98				9.8e-08	-1.94734	-1.94002	-1.92781
1	15335.9	28072	25	0.000	6.9e-17	-23.0163	-22.9724	-22.8992*
2	15397.7	123.66	25	0.000	6.6e-17	-23.0717	-22.9912*	-22.857
3	15423.3	51.173	25	0.002	6.6e-17*	-23.0726*	-22.9555	-22.7602
4	15443.2	39.899*	25	0.030	6.6e-17	-23.065	-22.9114	-22.655

Endogenous: LEUA2013 LBRENTFM LCOAL LGAS LELETRIC

Exogenous: _cons

Johansen tests for cointegration

Trend: constant

Number of obs = 1331

Sample: 4 - 1334

Lags = 3

maximum rank	parms	LL	eigenvalue	trace statistic	5% critical value
0	55	15382.187	.	105.0368	68.52
1	64	15406.837	0.03636	55.7373	47.21
2	71	15419.84	0.01935	29.7309	29.68
3	76	15431.228	0.01697	6.9545*	15.41
4	79	15434.702	0.00521	0.0070	3.76
5	80	15434.706	0.00001		

Johansen normalization restrictions imposed

beta	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
_ce1						
LEUA2013	1	.	.	.	.	.
LBRENTFM	1.11e-16	.	.	.	.	.
LCOAL	1.11e-16	.	.	.	.	.
LGAS	1.475268	.1505816	9.80	0.000	1.180134	1.770403
LELETRIC	-2.898166	.2034215	-14.25	0.000	-3.296865	-2.499467
_cons	2.829912	.	.	.	.	.
_ce2						
LEUA2013	1.39e-17	.	.	.	.	.
LBRENTFM	1	.	.	.	.	.
LCOAL	2.22e-16	.	.	.	.	.
LGAS	-.9948933	.179768	-5.53	0.000	-1.347232	-.6425545
LELETRIC	.2050911	.2428497	0.84	0.398	-.2708855	.6810676
_cons	-1.44152	.	.	.	.	.
_ce3						
LEUA2013	-2.78e-17	.	.	.	.	.
LBRENTFM	0 (omitted)	.	.	.	.	.
LCOAL	1	.	.	.	.	.
LGAS	-.52654	.1270733	-4.14	0.000	-.7755991	-.2774809
LELETRIC	-.8482751	.1716641	-4.94	0.000	-1.18473	-.5118198
_cons	.7484826	.	.	.	.	.

Eigenvalue stability condition

Eigenvalue	Modulus
1	1
1	1
.9852917 + .00895125i	.985332
.9852917 - .00895125i	.985332
.9542346	.954235
.02556438 + .3812709i	.382127
.02556438 - .3812709i	.382127
-.00127086 + .2763361i	.276339
-.00127086 - .2763361i	.276339
.2555509	.255551
.08017171 + .2039223i	.219116
.08017171 - .2039223i	.219116
-.2155667	.215567
-.05986106 + .08199456i	.101521
-.05986106 - .08199456i	.101521

The VECM specification imposes 2 unit moduli.

Lagrange-multiplier test

lag	chi2	df	Prob > chi2
1	41.6034	25	0.01982
2	40.8339	25	0.02390
3	38.5701	25	0.04066
4	33.4120	25	0.12109
5	31.1809	25	0.18310

H0: no autocorrelation at lag order

2014

Selection-order criteria

Sample: 5 - 1334

Number of obs = 1330

lag	LL	LR	df	p	FPE	AIC	HQIC	SBIC
0	1313.16				9.6e-08	-1.96716	-1.95985	-1.94764
1	15362.3	28098	25	0.000	6.7e-17	-23.056	-23.0121	-22.9389*
2	15424.6	124.72	25	0.000	6.3e-17	-23.1122	-23.0317*	-22.8975
3	15450.6	52.011	25	0.001	6.3e-17*	-23.1137*	-22.9967	-22.8014
4	15470.8	40.236*	25	0.028	6.3e-17	-23.1064	-22.9527	-22.6964

Endogenous: LEUA2014 LBRENTFM LCOAL LGAS LELETRIC

Exogenous: _cons

Johansen tests for cointegration

Trend: constant

Number of obs = 1331

Sample: 4 - 1334

Lags = 3

maximum rank	parms	LL	eigenvalue	trace statistic	5% critical value
0	55	15409.546	.	105.1398	68.52
1	64	15434.259	0.03645	55.7142	47.21
2	71	15447.449	0.01963	29.3331*	29.68
3	76	15458.657	0.01670	6.9168	15.41
4	79	15462.104	0.00517	0.0225	3.76
5	80	15462.116	0.00002		

Johansen normalization restrictions imposed

beta	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
_ce1						
LEUA2014	1	.	.	.	.	.
LBRENTFM	1.11e-16	.	.	.	.	.
LCOAL	-.6699167	.2850044	-2.35	0.019	-1.228515	-.1113183
LGAS	1.847794	.1711482	10.80	0.000	1.512349	2.183238
LELETRIC	-2.272514	.2638809	-8.61	0.000	-2.789711	-1.755317
_cons	1.979203	.	.	.	.	.
_ce2						
LEUA2014	0 (omitted)					
LBRENTFM	1	.	.	.	.	.
LCOAL	-.0559218	.3313197	-0.17	0.866	-.7052966	.5934529
LGAS	-.9608034	.198961	-4.83	0.000	-1.35076	-.570847
LELETRIC	.2218814	.3067635	0.72	0.469	-.379364	.8231269
_cons	-1.394142	.	.	.	.	.

Eigenvalue stability condition

Eigenvalue	Modulus
1	1
1	1
1	1
.9882582	.988258
.9571117	.957112
.07876137 + .05691376i	.097173
.07876137 - .05691376i	.097173
-.06574443	.065744
.01710126 + .04423835i	.047429
.01710126 - .04423835i	.047429

The VECM specification imposes 3 unit moduli.

Lagrange-multiplier test

lag	chi2	df	Prob > chi2
1	49.2961	25	0.00260
2	50.2027	25	0.00201
3	37.0123	25	0.05758
4	40.0699	25	0.02869
5	32.5462	25	0.14281

H0: no autocorrelation at lag order

VAR 2015

Selection-order criteria

Sample: 5 - 749

Number of obs = 745

lag	LL	LR	df	p	FPE	AIC	HQIC	SBIC
0	2546.99				7.5e-10	-6.82413	-6.81219	-6.79316
1	9796.6	14499	25	0.000	2.8e-18	-26.2191	-26.1475	-26.0333*
2	9856.43	119.64	25	0.000	2.6e-18*	-26.3126*	-26.1813*	-25.972
3	9880.68	48.504*	25	0.003	2.6e-18	-26.3105	-26.1196	-25.8152
4	9895.81	30.268	25	0.214	2.6e-18	-26.2841	-26.0334	-25.6339

Endogenous: LEUA2015 LBRENTFM LCOAL LGAS LELETRIC

Exogenous: _cons

Johansen tests for cointegration

Trend: constant

Number of obs = 747

Sample: 3 - 749

Lags = 2

maximum rank	parms	LL	eigenvalue	trace statistic	5% critical value
0	30	9854.9594	.	58.0627*	68.52
1	39	9865.1591	0.02694	37.6632	47.21
2	46	9874.226	0.02398	19.5295	29.68
3	51	9879.6865	0.01451	8.6084	15.41
4	54	9883.941	0.01133	0.0995	3.76
5	55	9883.9907	0.00013		

Eigenvalue stability condition

Eigenvalue	Modulus
-7.633e-17 + .39288941	.392889
-7.633e-17 - .39288941	.392889
.1482252 + .18203531	.23475
.1482252 - .18203531	.23475
-.1482252 + .18203531	.23475
-.1482252 - .18203531	.23475
-1.913e-17 + .22036651	.220366
-1.913e-17 - .22036651	.220366
-.1806658	.180666
.1806658	.180666

All the eigenvalues lie inside the unit circle.
VAR satisfies stability condition.

Lagrange-multiplier test

lag	chi2	df	Prob > chi2
1	117.3446	25	0.00000
2	35.2239	25	0.08423
3	33.4013	25	0.12134
4	30.4351	25	0.20841
5	12.8761	25	0.97798

H0: no autocorrelation at lag order

2016

Selection-order criteria

Sample: 5 - 749

Number of obs = 745

lag	LL	LR	df	p	FPE	AIC	HQIC	SBIC
0	2571.82				7.0e-10	-6.89079	-6.87885	-6.85982
1	9815.58	14488	25	0.000	2.7e-18	-26.27	-26.1984	-26.0842*
2	9876.02	120.87	25	0.000	2.4e-18*	-26.3651*	-26.2339*	-26.0246
3	9900.19	48.336*	25	0.003	2.4e-18	-26.3629	-26.172	-25.8675
4	9915.29	30.209	25	0.217	2.5e-18	-26.3363	-26.0857	-25.6861

Endogenous: LEUA2016 LBRENTFM LCOAL LGAS LELETRIC

Exogenous: cons

Johansen tests for cointegration

Trend: constant

Number of obs = 747

Sample: 3 - 749

Lags = 2

maximum rank	parms	LL	eigenvalue	trace statistic	5% critical value
0	30	9874.3903	.	58.4866*	68.52
1	39	9884.5744	0.02690	38.1185	47.21
2	46	9893.8735	0.02459	19.5204	29.68
3	51	9899.3559	0.01457	8.5554	15.41
4	54	9903.5882	0.01127	0.0908	3.76
5	55	9903.6337	0.00012		

Eigenvalue stability condition

Eigenvalue	Modulus
5.421e-18 + .3901949i	.390195
5.421e-18 - .3901949i	.390195
.1482168 + .1816137i	.234418
.1482168 - .1816137i	.234418
-.1482168 + .1816137i	.234418
-.1482168 - .1816137i	.234418
-3.534e-18 + .2209569i	.220957
-3.534e-18 - .2209569i	.220957
-.1786561	.178656
.1786561	.178656

All the eigenvalues lie inside the unit circle.
VAR satisfies stability condition.

Lagrange-multiplier test

lag	chi2	df	Prob > chi2
1	118.4963	25	0.00000
2	36.0582	25	0.07072
3	33.3805	25	0.12183
4	31.3832	25	0.17664
5	13.5075	25	0.96965

H0: no autocorrelation at lag order

2017

Selection-order criteria

Sample: 5 - 749

Number of obs

=

745

lag	LL	LR	df	p	FPE	AIC	HQIC	SBIC
0	2601.38				6.5e-10	-6.97014	-6.9582	-6.93918
1	9843.21	14484	25	0.000	2.5e-18	-26.3442	-26.2726	-26.1584*
2	9904.14	121.87	25	0.000	2.3e-18*	-26.4406*	-26.3094*	-26.1001
3	9928.51	48.74*	25	0.003	2.3e-18	-26.439	-26.248	-25.9436
4	9943.48	29.931	25	0.227	2.3e-18	-26.412	-26.1614	-25.7618

Endogenous: LEUA2017 LBRENTFM LCOAL LGAS LELETRIC

Exogenous: _cons

Johansen tests for cointegration

Trend: constant

Number of obs =

747

Sample: 3 - 749

Lags =

2

maximum rank	parms	LL	eigenvalue	trace statistic	5% critical value
0	30	9902.2988	.	59.0633*	68.52
1	39	9912.6492	0.02733	38.3623	47.21
2	46	9922.0774	0.02493	19.5060	29.68
3	51	9927.5934	0.01466	8.4740	15.41
4	54	9931.791	0.01118	0.0788	3.76
5	55	9931.8304	0.00011		

Eigenvalue stability condition

Eigenvalue	Modulus
4.372e-16 + .3894335i	.389434
4.372e-16 - .3894335i	.389434
.1483284 + .1815167i	.234413
.1483284 - .1815167i	.234413
-.1483284 + .1815167i	.234413
-.1483284 - .1815167i	.234413
2.637e-16 + .2224652i	.222465
2.637e-16 - .2224652i	.222465
-.1769068	.176907
.1769068	.176907

All the eigenvalues lie inside the unit circle.
VAR satisfies stability condition.

Lagrange-multiplier test

lag	chi2	df	Prob > chi2
1	119.6170	25	0.00000
2	37.1133	25	0.05632
3	32.8960	25	0.13369
4	32.4637	25	0.14503
5	14.0765	25	0.96038

H0: no autocorrelation at lag order

2018

Selection-order criteria

Sample: 5 - 749

Number of obs = 745

lag	LL	LR	df	p	FPE	AIC	HQIC	SBIC
0	2632.24				6.0e-10	-7.053	-7.04107	-7.02204
1	9885.07	14506	25	0.000	2.2e-18	-26.4566	-26.385	-26.2708*
2	9946.3	122.47	25	0.000	2.0e-18*	-26.5538*	-26.4226*	-26.2133
3	9970.59	48.58*	25	0.003	2.0e-18	-26.5519	-26.361	-26.0565
4	9985.33	29.47	25	0.245	2.1e-18	-26.5244	-26.2738	-25.8742

Endogenous: LEUA2018 LBRENTFM LCOAL LGAS LELETRIC

Exogenous: _cons

Johansen tests for cointegration

Trend: constant

Number of obs = 747

Sample: 3 - 749

Lags = 2

maximum rank	parms	LL	eigenvalue	trace statistic	5% critical value
0	30	9944.6536	.	58.9093*	68.52
1	39	9955.1553	0.02773	37.9059	47.21
2	46	9964.3333	0.02427	19.5500	29.68
3	51	9969.898	0.01479	8.4204	15.41
4	54	9974.0834	0.01114	0.0498	3.76
5	55	9974.1082	0.00007		

Eigenvalue stability condition

Eigenvalue	Modulus
7.286e-17 + .38819961	.3882
7.286e-17 - .38819961	.3882
-.1482897 + .18210041	.234841
-.1482897 - .18210041	.234841
.1482897 + .18210041	.234841
.1482897 - .18210041	.234841
5.213e-18 + .22285641	.222856
5.213e-18 - .22285641	.222856
.1782863	.178286
-.1782863	.178286

All the eigenvalues lie inside the unit circle.
VAR satisfies stability condition.

Lagrange-multiplier test

lag	chi2	df	Prob > chi2
1	120.5724	25	0.00000
2	37.8181	25	0.04819
3	32.0593	25	0.15630
4	33.1419	25	0.12756
5	14.6442	25	0.94931

H0: no autocorrelation at lag order

2019

Selection-order criteria

Sample: 5 - 677

Number of obs

=

673

lag	LL	LR	df	p	FPE	AIC	HQIC	SBIC
0	2791.68				1.7e-10	-8.28138	-8.2684	-8.24786
1	8937.51	12292	25	0.000	2.2e-18	-26.471	-26.3932	-26.2699*
2	8990.68	106.34	25	0.000	2.0e-18*	-26.5548*	-26.412*	-26.186
3	9012.65	43.953*	25	0.011	2.0e-18	-26.5458	-26.3381	-26.0095
4	9026.54	27.781	25	0.318	2.1e-18	-26.5128	-26.2402	-25.8089

Endogenous: LEUA2019 LBRENTFM LCOAL LGAS LELETRIC

Exogenous: _cons

Johansen tests for cointegration

Trend: constant

Number of obs =

675

Sample: 3 - 677

Lags =

2

maximum				trace	5%
rank	parms	LL	eigenvalue	statistic	critical
0	30	8988.0731	.	62.5628*	68.52
1	39	8999.528	0.03337	39.6531	47.21
2	46	9007.9848	0.02475	22.7396	29.68
3	51	9015.6385	0.02242	7.4322	15.41
4	54	9019.3493	0.01093	0.0105	3.76
5	55	9019.3546	0.00002		

Eigenvalue stability condition

Eigenvalue	Modulus
9.714e-17 + .38673171	.386732
9.714e-17 - .38673171	.386732
.1231744 + .24236151	.271866
.1231744 - .24236151	.271866
-.1231744 + .24236151	.271866
-.1231744 - .24236151	.271866
-.2660212	.266021
.2660212	.266021
4.075e-17 + .24429961	.2443
4.075e-17 - .24429961	.2443

All the eigenvalues lie inside the unit circle.

VAR satisfies stability condition.

Lagrange-multiplier test

lag	chi2	df	Prob > chi2
1	105.5135	25	0.00000
2	29.8309	25	0.23068
3	28.2819	25	0.29504
4	31.2627	25	0.18047
5	15.8054	25	0.92050

H0: no autocorrelation at lag order

Results from novo2008

step	(1) fevd	(2) fevd	(3) fevd	(4) fevd	(5) fevd
0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0
2	.986347	.000319	.009647	.002708	.000979
3	.97916	.000275	.014516	.00445	.001599
4	.974813	.000219	.017116	.005909	.001943
5	.971687	.000177	.018684	.007225	.002227
6	.969133	.000152	.019751	.008488	.002477
7	.966918	.000144	.020529	.009703	.002706
8	.964932	.000152	.021126	.010871	.002918
9	.96312	.000171	.021602	.01199	.003116

- (1) irfname = novo2008, impulse = LEUA2008, and response = LEUA2008
 (2) irfname = novo2008, impulse = Lbrent2008, and response = LEUA2008
 (3) irfname = novo2008, impulse = LCOAL, and response = LEUA2008
 (4) irfname = novo2008, impulse = LGAS, and response = LEUA2008
 (5) irfname = novo2008, impulse = LELETRIC, and response = LEUA2008

Results from novo2009

step	(1) fevd	(2) fevd	(3) fevd	(4) fevd	(5) fevd
0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0
2	.987463	.000617	.010645	.00083	.000446
3	.980614	.001741	.016045	.001312	.000287
4	.977196	.002346	.018489	.001645	.000323
5	.975058	.002665	.019682	.001964	.000631
6	.973392	.002832	.020265	.002301	.00121
7	.971864	.002914	.020514	.002661	.002047
8	.970321	.002941	.020566	.003047	.003125
9	.96869	.002934	.020493	.003457	.004425

- (1) irfname = novo2009, impulse = LEUA2009, and response = LEUA2009
 (2) irfname = novo2009, impulse = LBRENTFM, and response = LEUA2009
 (3) irfname = novo2009, impulse = LCOAL, and response = LEUA2009
 (4) irfname = novo2009, impulse = LGAS, and response = LEUA2009
 (5) irfname = novo2009, impulse = LELETRIC, and response = LEUA2009

Results from novo2010

step	(1) fevd	(2) fevd	(3) fevd	(4) fevd	(5) fevd
0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0
2	.991388	.000791	.006935	.000809	.000078
3	.986474	.001647	.010403	.001403	.000072
4	.983732	.002087	.012089	.001885	.000207
5	.981902	.002309	.013026	.002283	.00048
6	.980464	.00242	.013602	.002628	.000886
7	.97919	.002468	.013983	.002937	.001422
8	.977972	.002477	.014249	.00322	.002083
9	.976751	.002459	.014445	.003481	.002864

- (1) irfname = novo2010, impulse = LEUA2010, and response = LEUA2010
 (2) irfname = novo2010, impulse = LBRENTFM, and response = LEUA2010
 (3) irfname = novo2010, impulse = LCOAL, and response = LEUA2010
 (4) irfname = novo2010, impulse = LGAS, and response = LEUA2010
 (5) irfname = novo2010, impulse = LELETRIC, and response = LEUA2010

Results from novo2011

step	(1) fevd	(2) fevd	(3) fevd	(4) fevd	(5) fevd
0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0
2	.991643	.000555	.006722	.001044	.000035
3	.98682	.001274	.009709	.002115	.000081
4	.984194	.001626	.01077	.003144	.000266
5	.982489	.001785	.011029	.004129	.000568
6	.981149	.001847	.010923	.005095	.000986
7	.979925	.001858	.010635	.00606	.001522
8	.9787	.001838	.010255	.007032	.002176
9	.977411	.0018	.00983	.008011	.002948

- (1) irfname = novo2011, impulse = LEUA2011, and response = LEUA2011
 (2) irfname = novo2011, impulse = LBRENTFM, and response = LEUA2011
 (3) irfname = novo2011, impulse = LCOAL, and response = LEUA2011
 (4) irfname = novo2011, impulse = LGAS, and response = LEUA2011
 (5) irfname = novo2011, impulse = LELETRIC, and response = LEUA2011

Results from novo2012

step	(1) fevd	(2) fevd	(3) fevd	(4) fevd	(5) fevd
0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0
2	.994163	.000379	.004156	.001214	.000089
3	.990536	.000727	.006229	.002206	.000302
4	.9884	.000845	.007289	.002926	.00054
5	.986909	.000863	.007924	.003505	.000799
6	.985715	.000838	.008349	.004012	.001086
7	.984667	.000793	.008654	.004482	.001404
8	.983689	.000739	.008886	.004932	.001754
9	.982741	.000683	.009068	.005369	.002138

- (1) irfname = novo2012, impulse = LEUA2012, and response = LEUA2012
 (2) irfname = novo2012, impulse = LBRENTFM, and response = LEUA2012
 (3) irfname = novo2012, impulse = LCOAL, and response = LEUA2012
 (4) irfname = novo2012, impulse = LGAS, and response = LEUA2012
 (5) irfname = novo2012, impulse = LELETRIC, and response = LEUA2012

Results from novo2013

step	(1) fevd	(2) fevd	(3) fevd	(4) fevd	(5) fevd
0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0
2	.997525	.000393	.000964	.000942	.000176
3	.994664	.001638	.001915	.001545	.000239
4	.99327	.002392	.002081	.00196	.000298
5	.992444	.002711	.00196	.002506	.000378
6	.991606	.002905	.001784	.003223	.000482
7	.990686	.003052	.001599	.004057	.000606
8	.989682	.003158	.001426	.004982	.000751
9	.988574	.003231	.001279	.005997	.000919

- (1) irfname = novo2013, impulse = LEUA2013, and response = LEUA2013
 (2) irfname = novo2013, impulse = LBRENTFM, and response = LEUA2013
 (3) irfname = novo2013, impulse = LCOAL, and response = LEUA2013
 (4) irfname = novo2013, impulse = LGAS, and response = LEUA2013
 (5) irfname = novo2013, impulse = LELETRIC, and response = LEUA2013

Results from novo2014

step	(1) fevd	(2) fevd	(3) fevd	(4) fevd	(5) fevd
0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0
2	.99721	.000177	.00137	.001025	.000218
3	.99542	.000323	.001998	.001985	.000275
4	.994361	.000368	.002302	.002708	.00026
5	.993604	.000374	.002479	.003317	.000226
6	.992976	.000361	.002595	.003876	.000191
7	.992407	.000341	.002677	.004411	.000164
8	.991861	.000317	.00274	.004937	.000145
9	.991321	.000292	.002791	.00546	.000136

(1) irfname = novo2014, impulse = LEUA2014, and response = LEUA2014

(2) irfname = novo2014, impulse = LBRENTFM, and response = LEUA2014

(3) irfname = novo2014, impulse = LCOAL, and response = LEUA2014

(4) irfname = novo2014, impulse = LGAS, and response = LEUA2014

(5) irfname = novo2014, impulse = LELETRIC, and response = LEUA2014

Results from novo2016

step	(1) fevd	(1) Lower	(1) Upper	(2) fevd	(2) Lower	(2) Upper	(3) fevd	(3) Lower	(3) Upper
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
2	1	1	1	0	0	0	0	0	0
3	.999046	.998098	.999993	.000029	-.000112	.00017	.000046	-.000099	.000191
4	.999046	.998098	.999993	.000029	-.000112	.00017	.000046	-.000099	.000191
5	.996893	.993829	.999957	.0001	-.000367	.000566	.000155	-.000326	.000636
6	.996893	.993829	.999957	.0001	-.000367	.000566	.000155	-.000326	.000636
7	.993625	.98738	.99987	.000214	-.00076	.001187	.000329	-.000673	.001331
8	.993625	.98738	.99987	.000214	-.00076	.001187	.000329	-.000673	.001331
9	.989327	.978948	.999705	.000374	-.001282	.00203	.000569	-.001133	.002271

step	(4) fevd	(4) Lower	(4) Upper	(5) fevd	(5) Lower	(5) Upper
0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	.000856	-.000139	.001852	.000023	-.000128	.000174
4	.000856	-.000139	.001852	.000023	-.000128	.000174
5	.00278	-.000425	.005985	.000072	-.000406	.00055
6	.00278	-.000425	.005985	.000072	-.000406	.00055
7	.00569	-.000814	.012194	.000142	-.000812	.001096
8	.00569	-.000814	.012194	.000142	-.000812	.001096
9	.009501	-.001262	.020265	.000229	-.001324	.001783

95% lower and upper bounds reported

- (1) irfname = novo2016, impulse = LEUA2016, and response = LEUA2016
 (2) irfname = novo2016, impulse = LBRENTFM, and response = LEUA2016
 (3) irfname = novo2016, impulse = LCOAL, and response = LEUA2016
 (4) irfname = novo2016, impulse = LGAS, and response = LEUA2016
 (5) irfname = novo2016, impulse = LELETRIC, and response = LEUA2016

Results from novo2017

step	(1) fevd	(1) Lower	(1) Upper	(2) fevd	(2) Lower	(2) Upper	(3) fevd	(3) Lower	(3) Upper
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
2	1	1	1	0	0	0	0	0	0
3	.999034	.998071	.999997	.000031	-.000114	.000176	.000053	-.000104	.00021
4	.999034	.998071	.999997	.000031	-.000114	.000176	.000053	-.000104	.00021
5	.996861	.993751	.999971	.000106	-.000373	.000585	.000177	-.000341	.000694
6	.996861	.993751	.999971	.000106	-.000373	.000585	.000177	-.000341	.000694
7	.993568	.987238	.999898	.000227	-.000772	.001225	.000372	-.000702	.001446
8	.993568	.987238	.999898	.000227	-.000772	.001225	.000372	-.000702	.001446
9	.989247	.978742	.999752	.000396	-.001301	.002092	.00064	-.001179	.002459

step	(4) fevd	(4) Lower	(4) Upper	(5) fevd	(5) Lower	(5) Upper
0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	.000843	-.000152	.001837	.000039	-.000163	.000241
4	.000843	-.000152	.001837	.000039	-.000163	.000241
5	.002734	-.000465	.005933	.000122	-.000515	.00076
6	.002734	-.000465	.005933	.000122	-.000515	.00076
7	.005591	-.000895	.012078	.000241	-.001027	.00151
8	.005591	-.000895	.012078	.000241	-.001027	.00151
9	.009329	-.001396	.020055	.000388	-.001672	.002448

95% lower and upper bounds reported

- (1) irfname = novo2017, impulse = LEUA2017, and response = LEUA2017
 (2) irfname = novo2017, impulse = LBRENTFM, and response = LEUA2017
 (3) irfname = novo2017, impulse = LCOAL, and response = LEUA2017
 (4) irfname = novo2017, impulse = LGAS, and response = LEUA2017
 (5) irfname = novo2017, impulse = LELETRIC, and response = LEUA2017

Results from novo2018

step	(1) fevd	(1) Lower	(1) Upper	(2) fevd	(2) Lower	(2) Upper	(3) fevd	(3) Lower	(3) Upper
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
2	1	1	1	0	0	0	0	0	0
3	.998981	.997961	1	.000023	-.0001	.000146	.000054	-.000105	.000214
4	.998981	.997961	1	.000023	-.0001	.000146	.000054	-.000105	.000214
5	.996699	.993415	.999982	.000078	-.000331	.000488	.000182	-.000344	.000708
6	.996699	.993415	.999982	.000078	-.000331	.000488	.000182	-.000344	.000708
7	.993255	.986595	.999915	.00017	-.000689	.001028	.000385	-.000708	.001477
8	.993255	.986595	.999915	.00017	-.000689	.001028	.000385	-.000708	.001477
9	.988756	.977741	.999771	.000299	-.001167	.001766	.000661	-.00119	.002512

step	(4) fevd	(4) Lower	(4) Upper	(5) fevd	(5) Lower	(5) Upper
0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	.000892	-.000143	.001926	.00005	-.000182	.000282
4	.000892	-.000143	.001926	.00005	-.000182	.000282
5	.002885	-.000435	.006205	.000155	-.000574	.000884
6	.002885	-.000435	.006205	.000155	-.000574	.000884
7	.005887	-.000831	.012605	.000304	-.001142	.001749
8	.005887	-.000831	.012605	.000304	-.001142	.001749
9	.009798	-.001288	.020885	.000485	-.001854	.002825

95% lower and upper bounds reported

(1) irfname = novo2018, impulse = LEUA2018, and response = LEUA2018

(2) irfname = novo2018, impulse = LBRENTFM, and response = LEUA2018

(3) irfname = novo2018, impulse = LCOAL, and response = LEUA2018

(4) irfname = novo2018, impulse = LGAS, and response = LEUA2018

(5) irfname = novo2018, impulse = LELETRIC, and response = LEUA2018

Results from novo2019

step	(1) fevd	(1) Lower	(1) Upper	(2) fevd	(2) Lower	(2) Upper	(3) fevd	(3) Lower	(3) Upper
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
2	1	1	1	0	0	0	0	0	0
3	.998722	.997394	1.00005	.000066	-.000177	.000309	.000014	-.000084	.000113
4	.998722	.997394	1.00005	.000066	-.000177	.000309	.000014	-.000084	.000113
5	.995912	.991687	1.00014	.000209	-.000567	.000986	.000053	-.000289	.000396
6	.995912	.991687	1.00014	.000209	-.000567	.000986	.000053	-.000289	.000396
7	.991749	.983275	1.00022	.000421	-.001143	.001985	.000124	-.000619	.000866
8	.991749	.983275	1.00022	.000421	-.001143	.001985	.000124	-.000619	.000866
9	.986412	.972556	1.00027	.000691	-.001882	.003263	.000231	-.001077	.001539

step	(4) fevd	(4) Lower	(4) Upper	(5) fevd	(5) Lower	(5) Upper
0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	.0011	-.000178	.002379	.000097	-.000249	.000443
4	.0011	-.000178	.002379	.000097	-.000249	.000443
5	.003526	-.000549	.0076	.000299	-.000784	.001383
6	.003526	-.000549	.0076	.000299	-.000784	.001383
7	.007123	-.001061	.015308	.000583	-.001557	.002723
8	.007123	-.001061	.015308	.000583	-.001557	.002723
9	.011741	-.001663	.025145	.000926	-.002526	.004378

95% lower and upper bounds reported

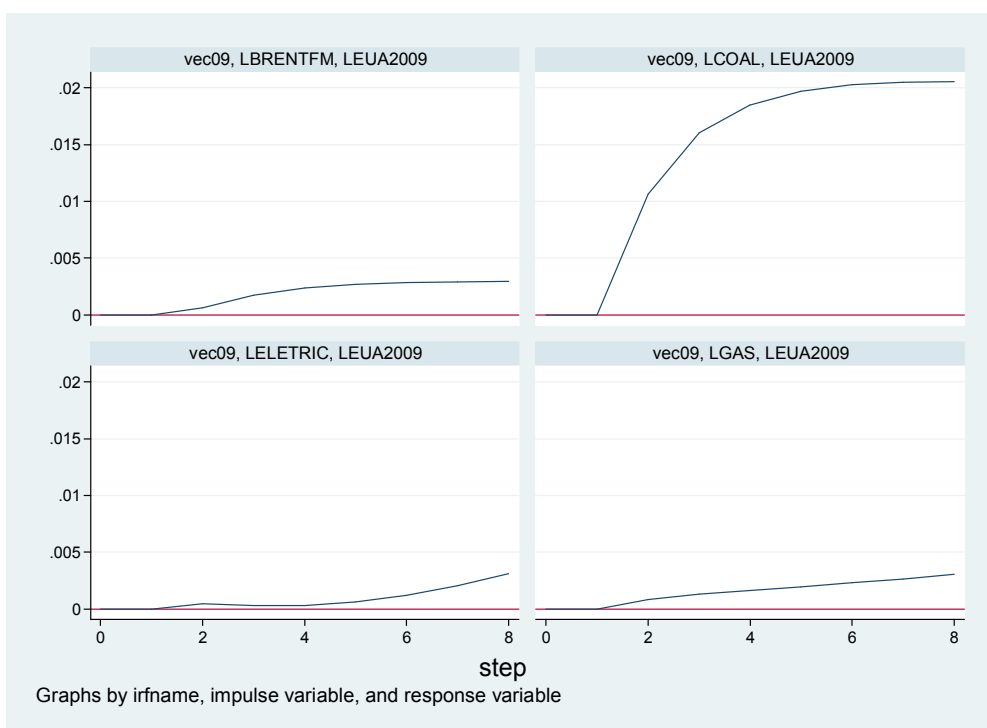
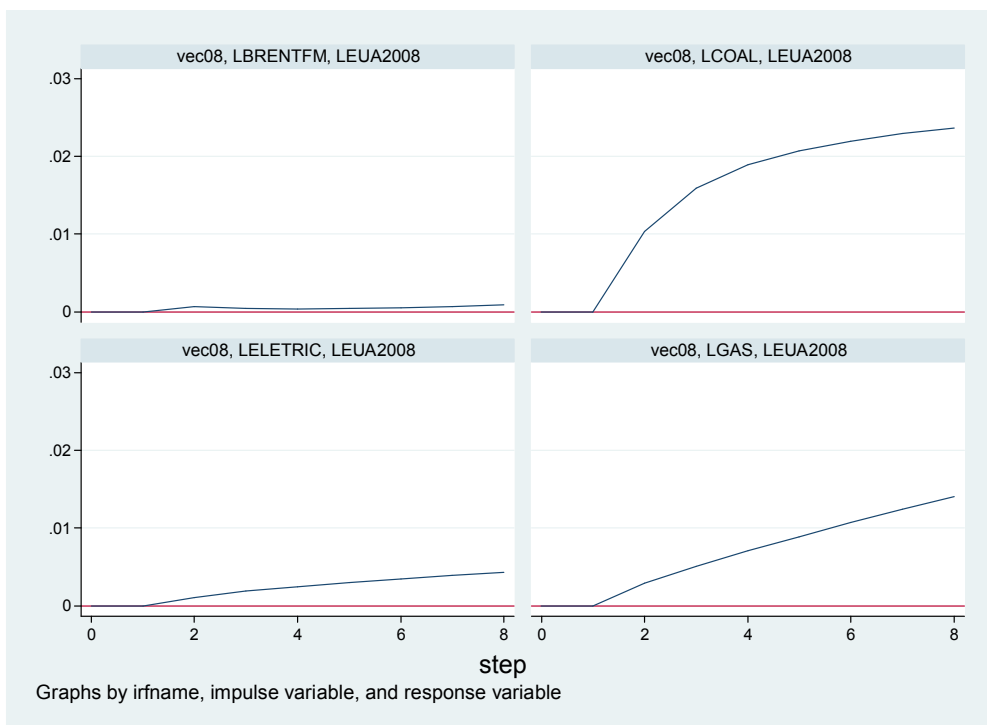
(1) irfname = novo2019, impulse = LEUA2019, and response = LEUA2019

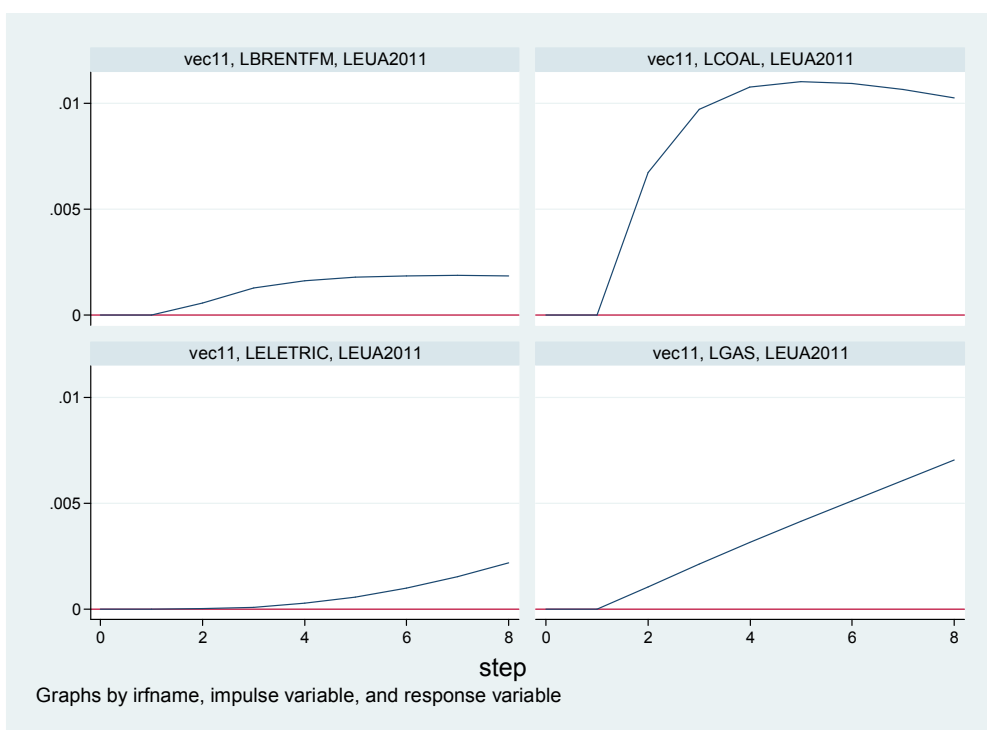
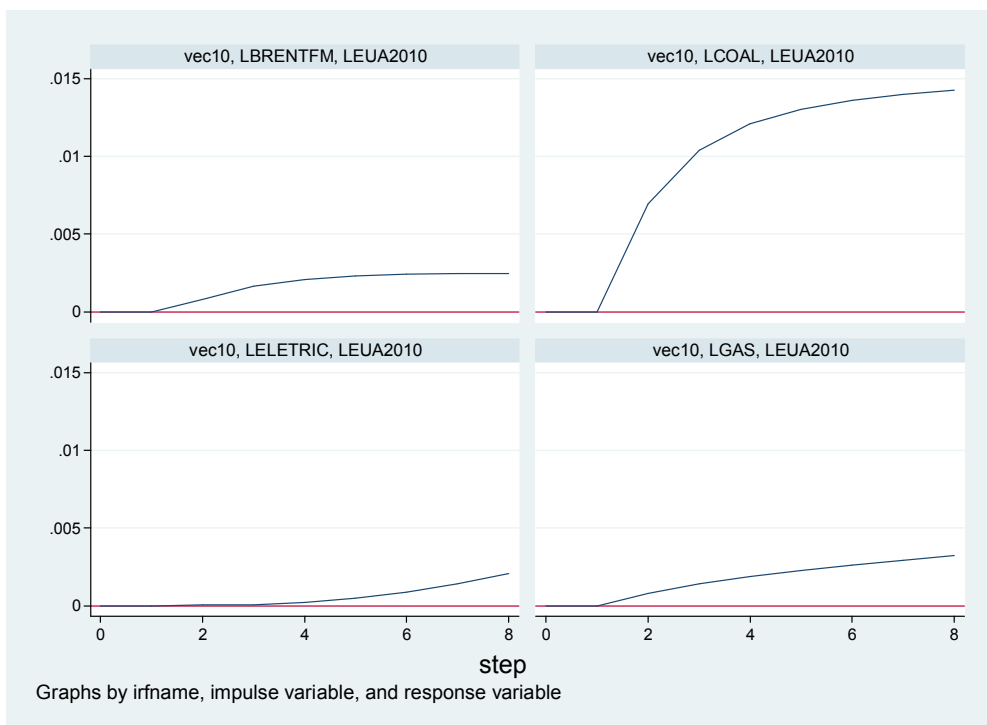
(2) irfname = novo2019, impulse = LBRENTFM, and response = LEUA2019

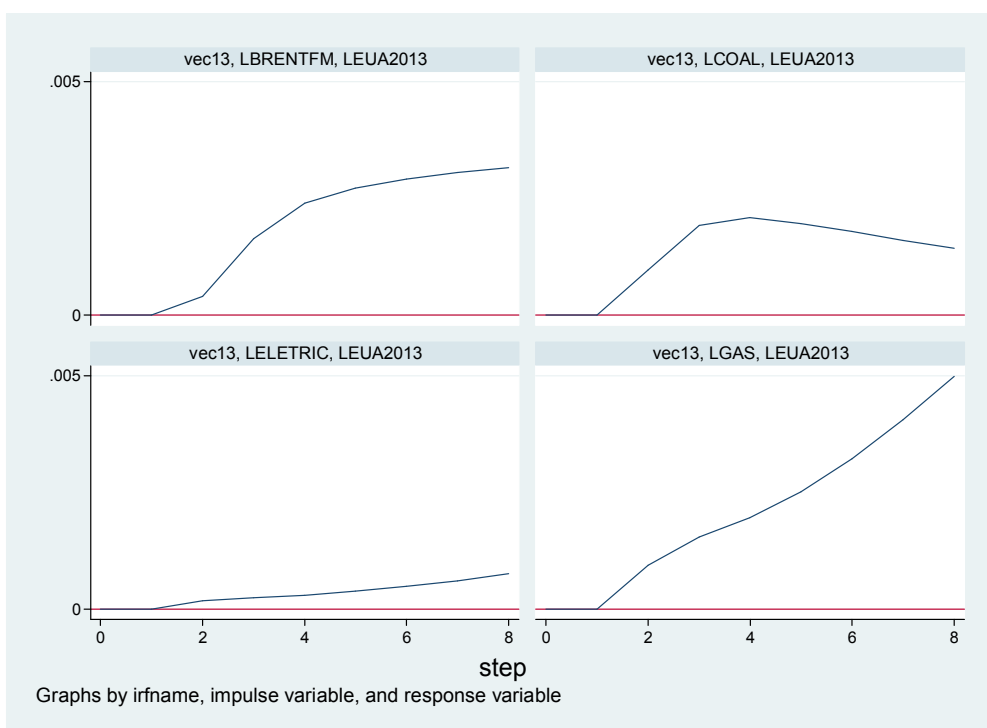
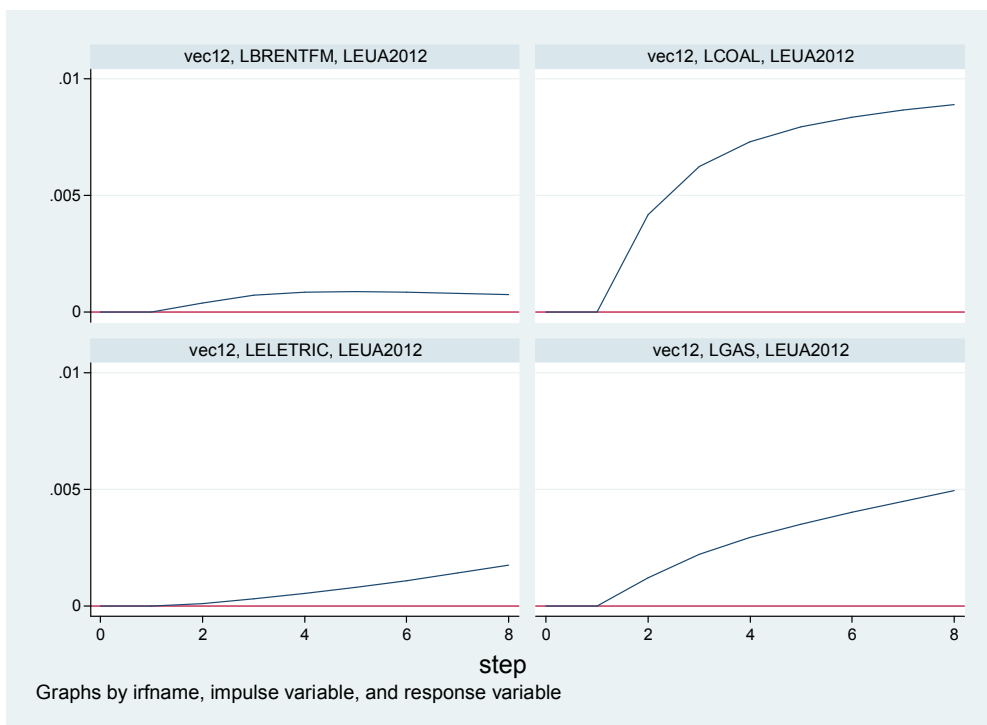
(3) irfname = novo2019, impulse = LCOAL, and response = LEUA2019

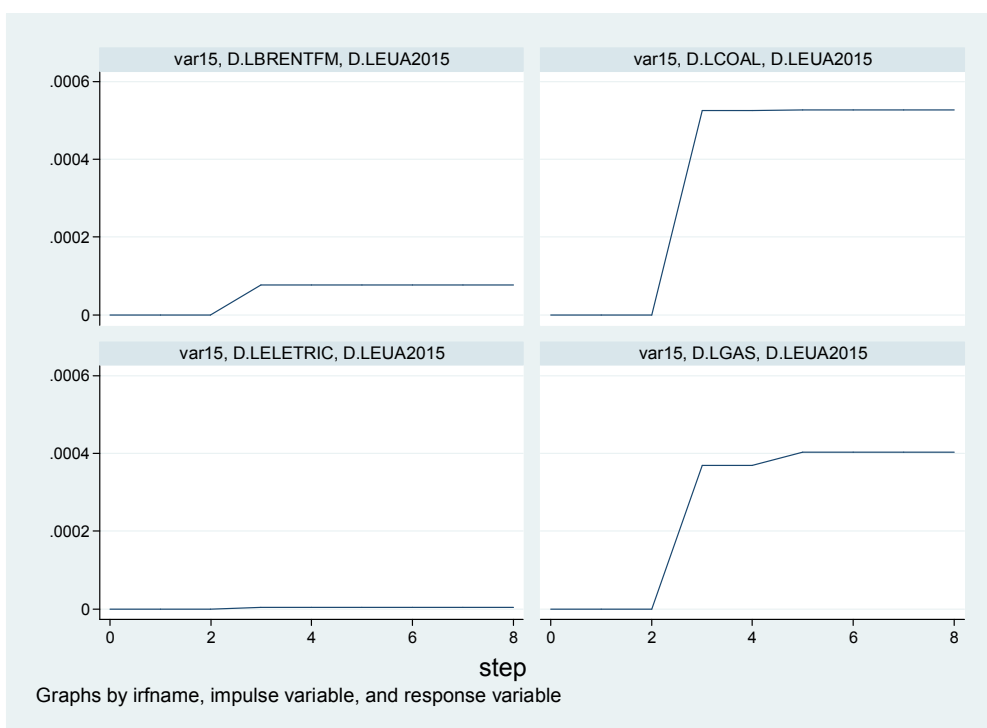
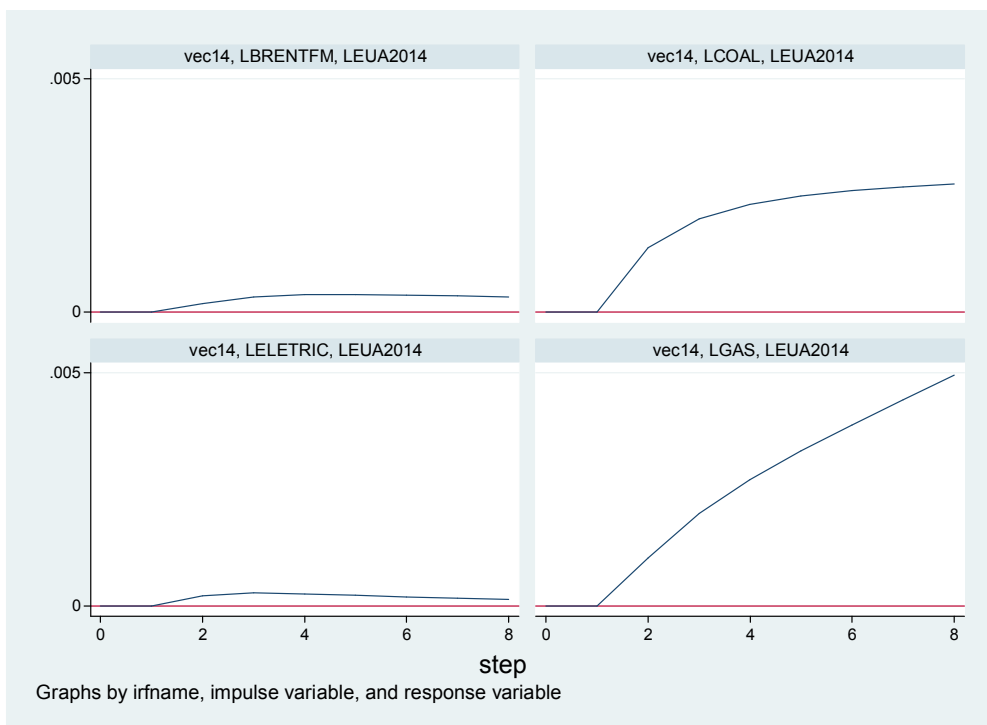
(4) irfname = novo2019, impulse = LGAS, and response = LEUA2019

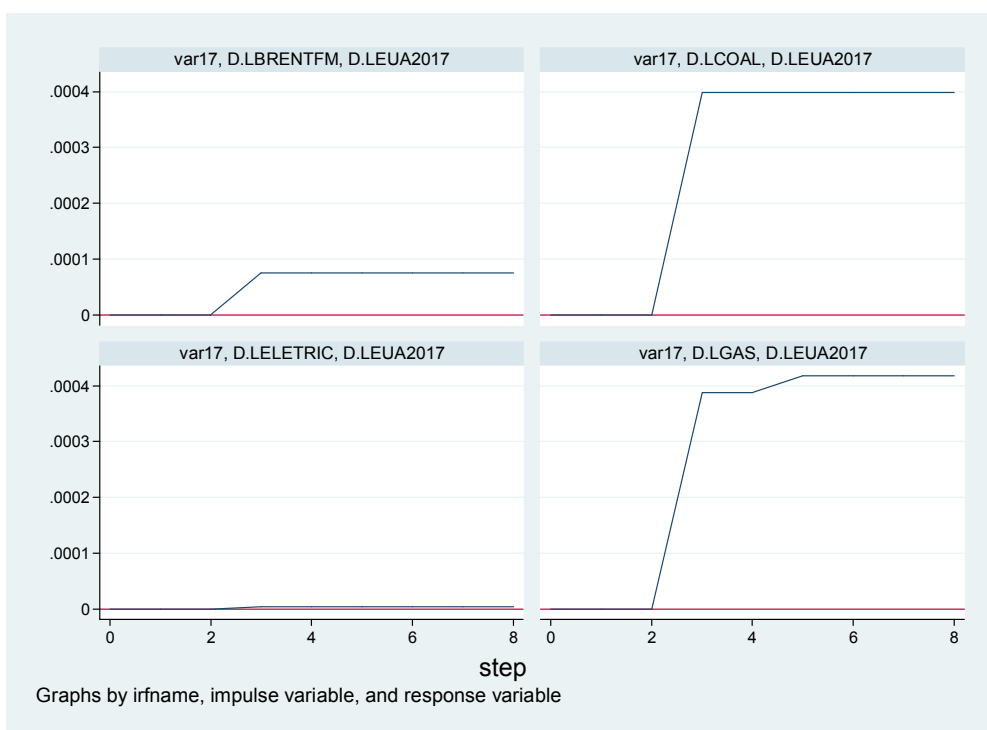
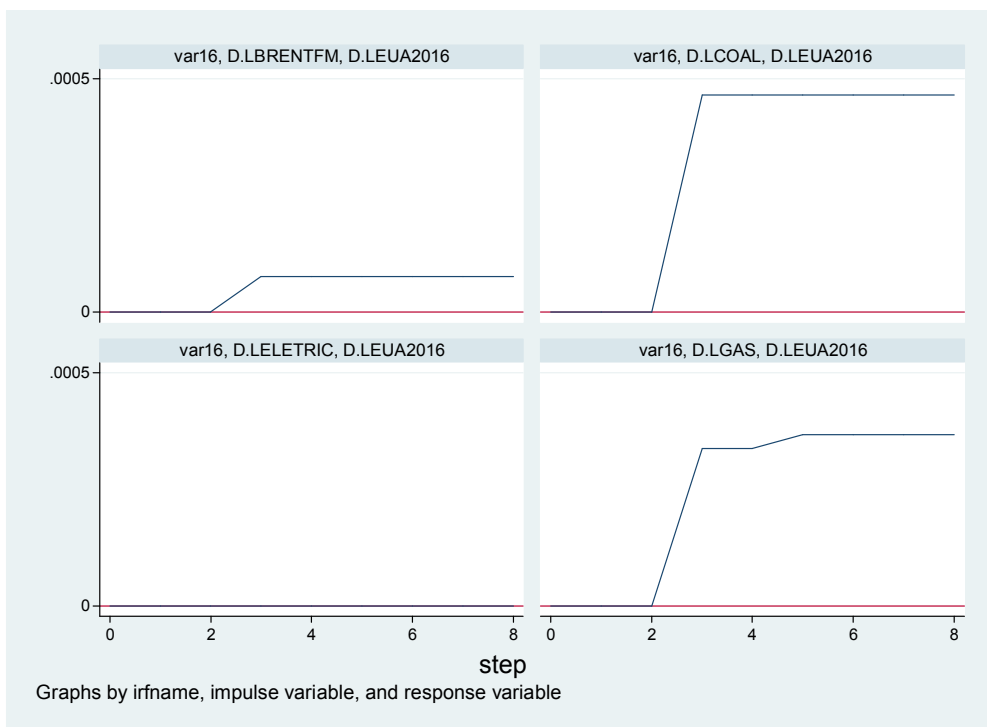
(5) irfname = novo2019, impulse = LELETRIC, and response = LEUA2019

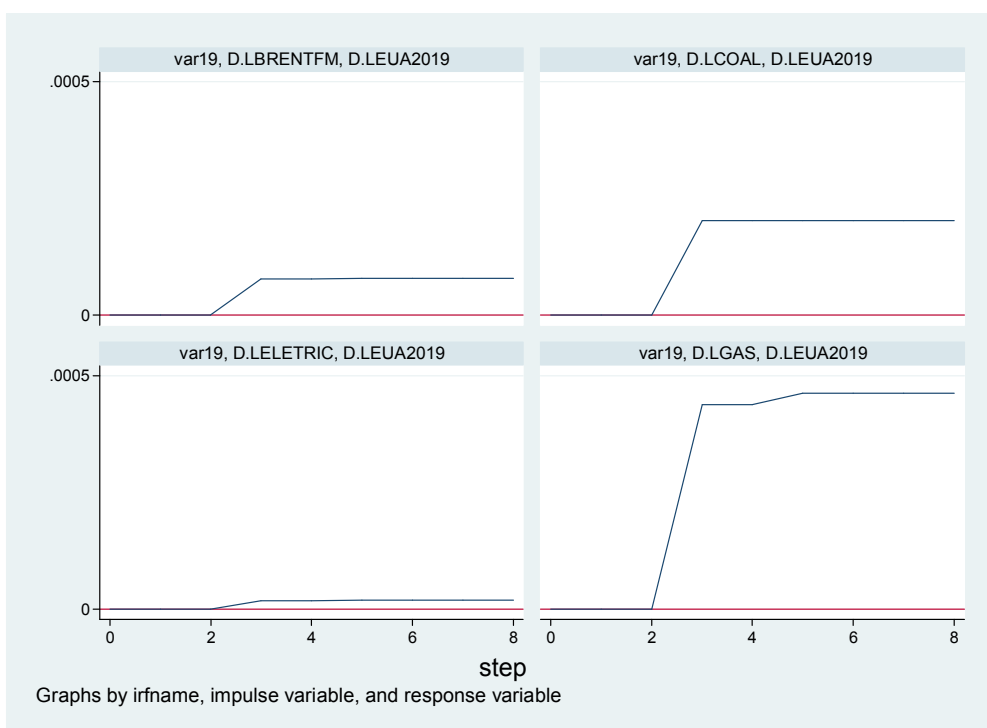
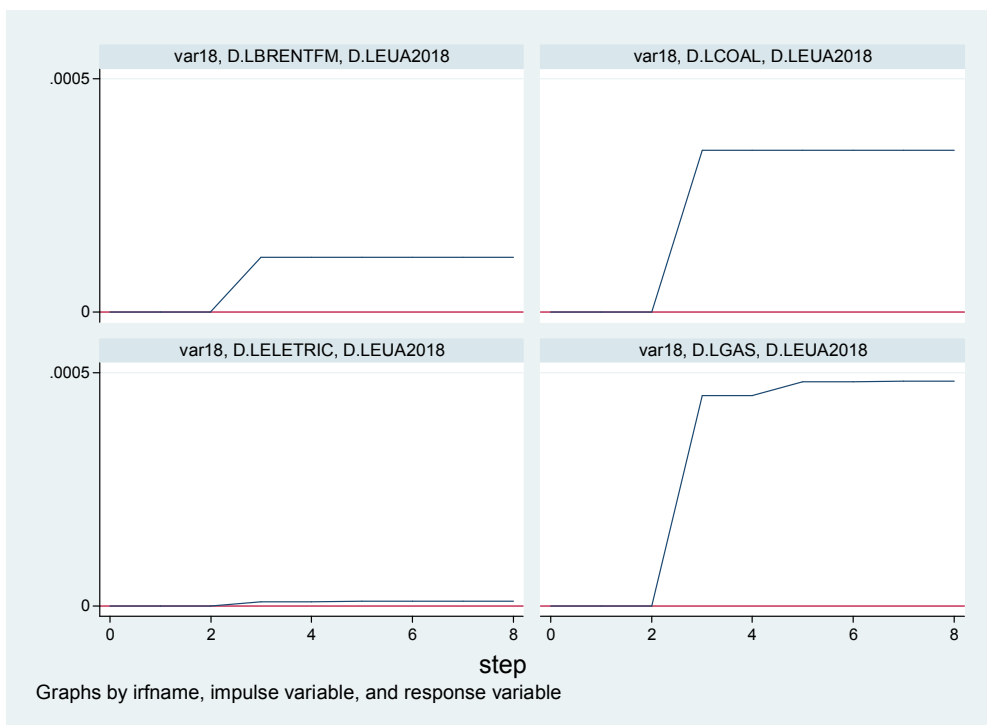












APÊNDICE B - Resultados dos modelos GARCH

- período 2009 - 2019

	GARCH b/se	EGARCH b/se	TGARCH b/se
DLEUA2009			
L.DLEUA2009	0.117* (0.05)	0.081 (0.05)	0.100* (0.05)
HET			
dummy_macro	0.635 (0.42)	0.025 (0.02)	0.534 (0.46)
constant	-10.948*** (0.68)	-0.351** (0.12)	-11.404*** (0.61)
ARCH			
L.arch	0.101*** (0.03)		0.133*** (0.03)
L.garch	0.856*** (0.04)		0.905*** (0.02)
L.earch		-0.105*** (0.03)	
L.earch_a		0.171*** (0.05)	
L.egarch		0.956*** (0.02)	
L.tarch			-0.137*** (0.04)
AIC	-2124.454	-2137.232	-2138.559
BIC	-2104	-2112	-2114
LL	1067.2	1074.6	1075.3

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

	GARCH b/se	EGARCH b/se	TGARCH b/se
DLEUA2010			
L.DLEUA2010	0.048 (0.04)	0.022 (0.04)	0.041 (0.04)
HET			
dummy_macro	0.704** (0.25)	0.032 (0.02)	0.521* (0.24)
constant	-11.102*** (0.48)	-0.429** (0.15)	-11.040*** (0.40)
ARCH			
L.arch	0.094*** (0.02)		0.134*** (0.03)
L.garch	0.866*** (0.03)		0.871*** (0.03)
L.earch		-0.071*** (0.02)	
L.earch_a		0.203*** (0.04)	
L.egarch		0.946*** (0.02)	
L.tarch			-0.094** (0.03)
AIC	-3440.702	-3444.611	-3448.368
BIC	-3418	-3417	-3421
LL	1725.4	1728.3	1730.2

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

	GARCH b/se	EGARCH b/se	TGARCH b/se
DLEUA2011			
L.DLEUA2011	0.025 (0.03)	0.000 (0.03)	0.019 (0.03)
HET			
dummy_macro	0.821*** (0.24)	0.045* (0.02)	0.628** (0.22)
dummy_politica	0.440 (0.26)	0.018 (0.02)	0.209 (0.23)
constant	-11.199*** (0.38)	-0.576*** (0.14)	-11.019*** (0.31)
ARCH			
L.arch	0.116*** (0.02)		0.169*** (0.03)
L.garch	0.844*** (0.03)		0.841*** (0.03)
L.earch		-0.087*** (0.02)	
L.earch_a		0.250*** (0.04)	
L.egarch		0.928*** (0.02)	
L.tarch			-0.114*** (0.03)
AIC	-4778.588	-4788.086	-4792.212
BIC	-4749	-4754	-4758
LL	2395.3	2401.0	2403.1

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

	GARCH b/se	EGARCH b/se	TGARCH b/se
DLEUA2012			
L.DLEUA2012	0.029 (0.03)	0.011 (0.03)	0.019 (0.03)
HET			
dummy_macro	1.133*** (0.22)	0.068*** (0.02)	1.031*** (0.19)
dummy_politica	0.510* (0.26)	0.025 (0.01)	0.315 (0.23)
constant	-11.331*** (0.35)	-0.507*** (0.11)	-11.186*** (0.30)
ARCH			
L.arch	0.113*** (0.02)		0.156*** (0.02)
L.garch	0.851*** (0.02)		0.850*** (0.02)
L.earch		-0.066*** (0.02)	
L.earch_a		0.236*** (0.03)	
L.egarch		0.937*** (0.01)	
L.tarch			-0.094*** (0.02)
AIC	-5778.878	-5783.755	-5789.717
BIC	-5748	-5748	-5754
LL	2895.4	2898.9	2901.9

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

	GARCH b/se	EGARCH b/se	TGARCH b/se
DLEUA2013			
L.DLEUA2013	0.035 (0.03)	0.041 (0.03)	0.028 (0.03)
HET			
dummy_macro	1.335*** (0.25)	0.059*** (0.02)	1.258*** (0.22)
dummy_politica	0.536 (0.28)	0.027* (0.01)	0.387 (0.25)
constant	-11.475*** (0.32)	-0.291*** (0.06)	-11.346*** (0.28)
ARCH			
L.arch	0.145*** (0.02)		0.188*** (0.02)
L.garch	0.834*** (0.02)		0.831*** (0.02)
L.earch		-0.043** (0.01)	
L.earch_a		0.259*** (0.03)	
L.egarch		0.964*** (0.01)	
L.tarch			-0.091*** (0.03)
AIC	-6001.043	-5989.436	-6007.596
BIC	-5970	-5953	-5971
LL	3006.5	3001.7	3010.8

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

	GARCH b/se	EGARCH b/se	TGARCH b/se
DLEUA2014			
L.DLEUA2014	0.039 (0.03)	0.051 (0.03)	0.032 (0.03)
HET			
dummy_macro	1.376*** (0.25)	0.060*** (0.02)	1.301*** (0.23)
dummy_politica	0.659* (0.29)	0.033** (0.01)	0.513* (0.25)
constant	-11.638*** (0.33)	-0.289*** (0.06)	-11.504*** (0.29)
ARCH			
L.arch	0.148*** (0.02)		0.189*** (0.02)
L.garch	0.834*** (0.02)		0.831*** (0.02)
L.earch		-0.040** (0.01)	
L.earch_a		0.265*** (0.03)	
L.egarch		0.965*** (0.01)	
L.tarch			-0.089*** (0.03)
AIC	-6096.929	-6083.016	-6103.085
BIC	-6066	-6047	-6067
LL	3054.5	3048.5	3058.5

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

	GARCH b/se	EGARCH b/se	TGARCH b/se
DLEUA2015			
L.DLEUA2015	0.005 (0.04)	0.031 (0.02)	-0.004 (0.04)
HET			
dummy_macro	2.078*** (0.41)	5.249*** (0.28)	2.107*** (0.36)
dummy_politica	0.562 (0.42)	2.076*** (0.28)	0.462 (0.37)
constant	-11.567*** (0.46)	-17.130*** (0.30)	-11.478*** (0.40)
ARCH			
L.arch	0.202*** (0.03)		0.264*** (0.04)
L.garch	0.781*** (0.03)		0.787*** (0.03)
L.earch		-0.073*** (0.01)	
L.earch_a		-0.047*** (0.01)	
L.egarch		-0.917*** (0.02)	
L.tarch			-0.167*** (0.04)
AIC	-3244.579	-3080.106	-3252.523
BIC	-3217	-3048	-3220
LL	1628.3	1547.1	1633.3

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

	GARCH b/se	EGARCH b/se	TGARCH b/se
DLEUA2016			
L.DLEUA2016	0.012 (0.04)	0.033 (0.02)	0.004 (0.04)
HET			
dummy_macro	2.111*** (0.41)	5.326*** (0.28)	2.132*** (0.36)
dummy_politica	0.569 (0.41)	2.048*** (0.28)	0.472 (0.36)
constant	-11.661*** (0.45)	-17.321*** (0.30)	-11.563*** (0.39)
ARCH			
L.arch	0.199*** (0.03)		0.263*** (0.04)
L.garch	0.783*** (0.03)		0.789*** (0.03)
L.earch		-0.073*** (0.01)	
L.earch_a		-0.046** (0.01)	
L.egarch		-0.921*** (0.02)	
L.tarch			-0.169*** (0.04)
AIC	-3294.977	-3130.126	-3303.429
BIC	-3267	-3098	-3271
LL	1653.5	1572.1	1658.7

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

	GARCH b/se	EGARCH b/se	TGARCH b/se
DLEUA2017			
L.DLEUA2017	0.020 (0.04)	0.069 (0.04)	0.015 (0.04)
HET			
dummy_macro	2.071*** (0.40)	0.142*** (0.04)	2.087*** (0.36)
dummy_politica	0.573 (0.41)	0.059* (0.02)	0.490 (0.36)
constant	-11.697*** (0.44)	-0.458*** (0.10)	-11.603*** (0.39)
ARCH			
L.arch	0.203*** (0.03)		0.267*** (0.04)
L.garch	0.779*** (0.03)		0.785*** (0.03)
L.earch		-0.055** (0.02)	
L.earch_a		0.296*** (0.04)	
L.egarch		0.949*** (0.01)	
L.tarch			-0.170*** (0.04)
AIC	-3357.692	-3352.413	-3365.987
BIC	-3330	-3320	-3334
LL	1684.8	1683.2	1690.0

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

	GARCH b/se	EGARCH b/se	TGARCH b/se
DLEUA2018			
L.DLEUA2018	0.025 (0.04)	0.073 (0.04)	0.020 (0.04)
HET			
dummy_macro	2.017*** (0.38)	0.144*** (0.04)	2.031*** (0.35)
dummy_politica	0.624 (0.39)	0.064* (0.02)	0.557 (0.35)
constant	-11.684*** (0.43)	-0.477*** (0.10)	-11.620*** (0.39)
ARCH			
L.arch	0.201*** (0.03)		0.258*** (0.04)
L.garch	0.775*** (0.03)		0.781*** (0.03)
L.earch		-0.050* (0.02)	
L.earch_a		0.293*** (0.04)	
L.egarch		0.947*** (0.01)	
L.tarch			-0.154*** (0.04)
AIC	-3428.539	-3423.450	-3434.861
BIC	-3401	-3391	-3403
LL	1720.3	1718.7	1724.4

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

	GARCH b/se	EGARCH b/se	TGARCH b/se
DLEUA2019			
L.DLEUA2019	0.052 (0.05)	0.128** (0.04)	0.047 (0.05)
HET			
dummy_macro	1.719*** (0.52)	0.145** (0.05)	1.712*** (0.49)
dummy_politica	0.558 (0.52)	0.065 (0.04)	0.475 (0.49)
constant	-11.384*** (0.56)	-0.529*** (0.12)	-11.328*** (0.52)
ARCH			
L.arch	0.235*** (0.03)		0.288*** (0.04)
L.garch	0.747*** (0.03)		0.757*** (0.03)
L.earch		-0.042 (0.03)	
L.earch_a		0.347*** (0.05)	
L.egarch		0.940*** (0.01)	
L.tarch			-0.152** (0.05)
AIC	-3021.446	-3016.187	-3024.680
BIC	-2994	-2985	-2993
LL	1516.7	1515.1	1519.3

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

APÊNDICE C – Histograma dos resultados do Value at Risk dos contratos de EUA - Período 2008 - 2019

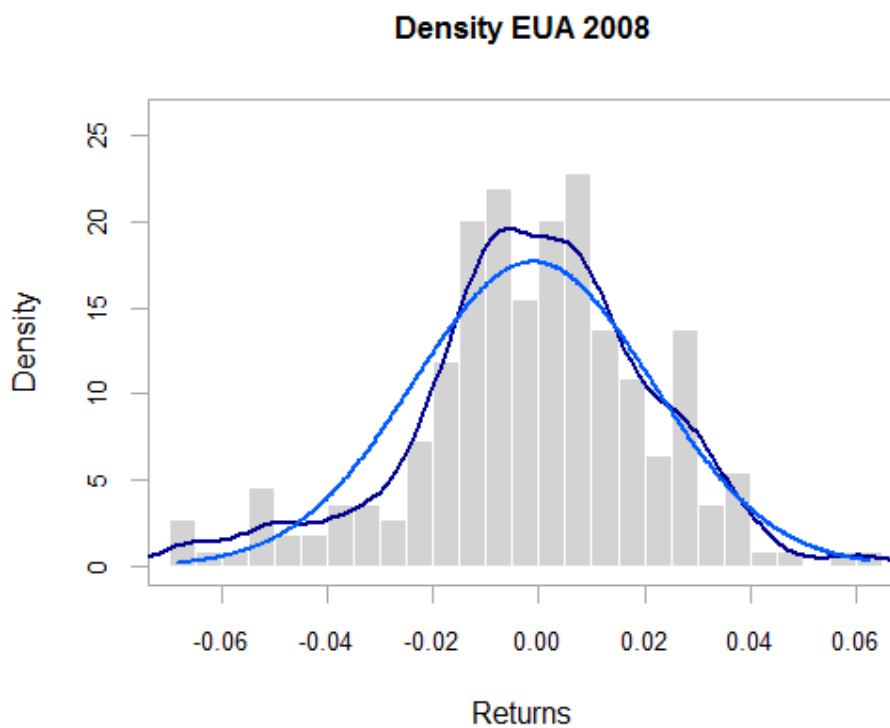


Gráfico 4.1: Histograma dos contratos de EUA com vencimento em Dezembro/2008
Fonte: Elaboração própria

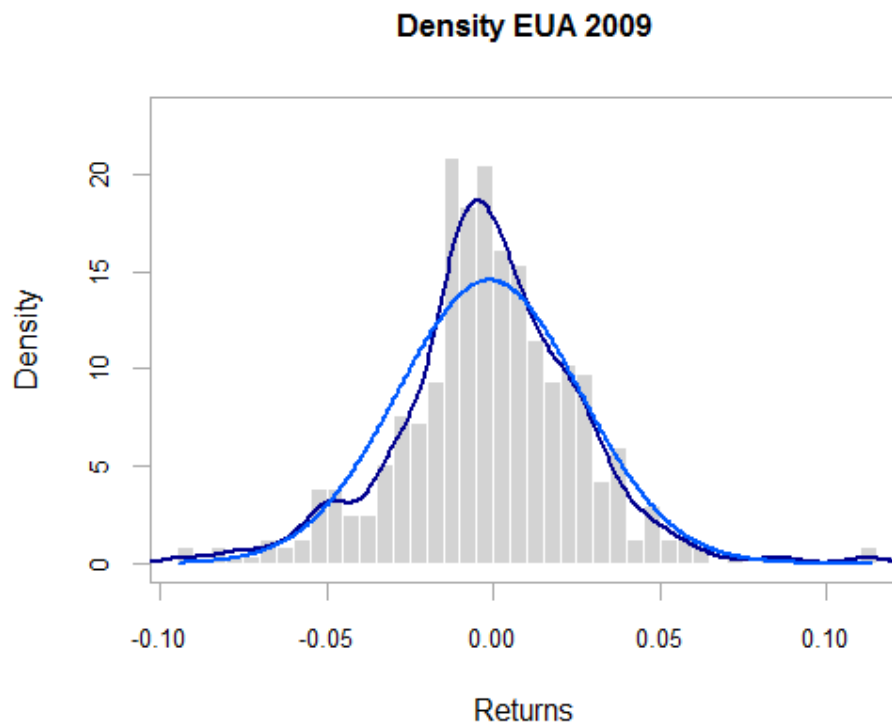


Gráfico 4.2: Histograma dos contratos de EUA com vencimento em Dezembro/2009
Fonte: Elaboração própria

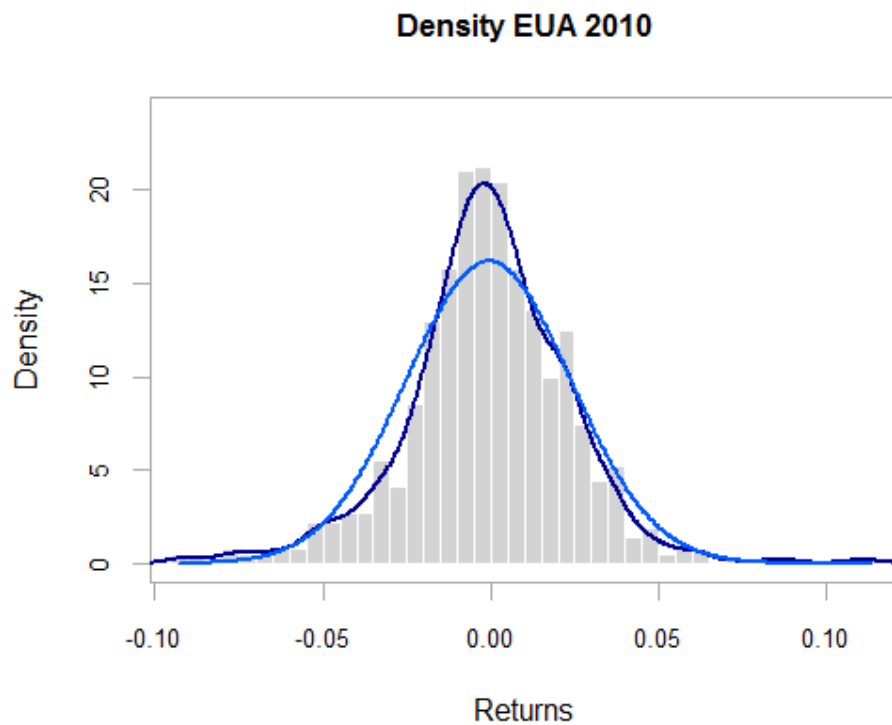


Gráfico 4.3: Histograma dos contratos de EUA com vencimento em Dezembro/2010
Fonte: Elaboração própria

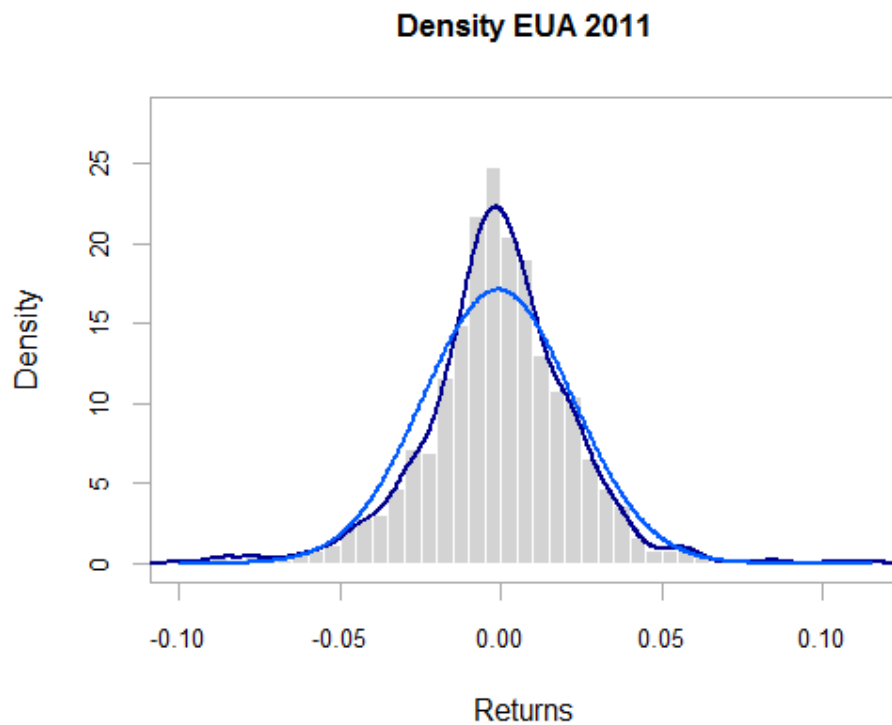


Gráfico 4.4: Histograma dos contratos de EUA com vencimento em Dezembro/2011
Fonte: Elaboração própria

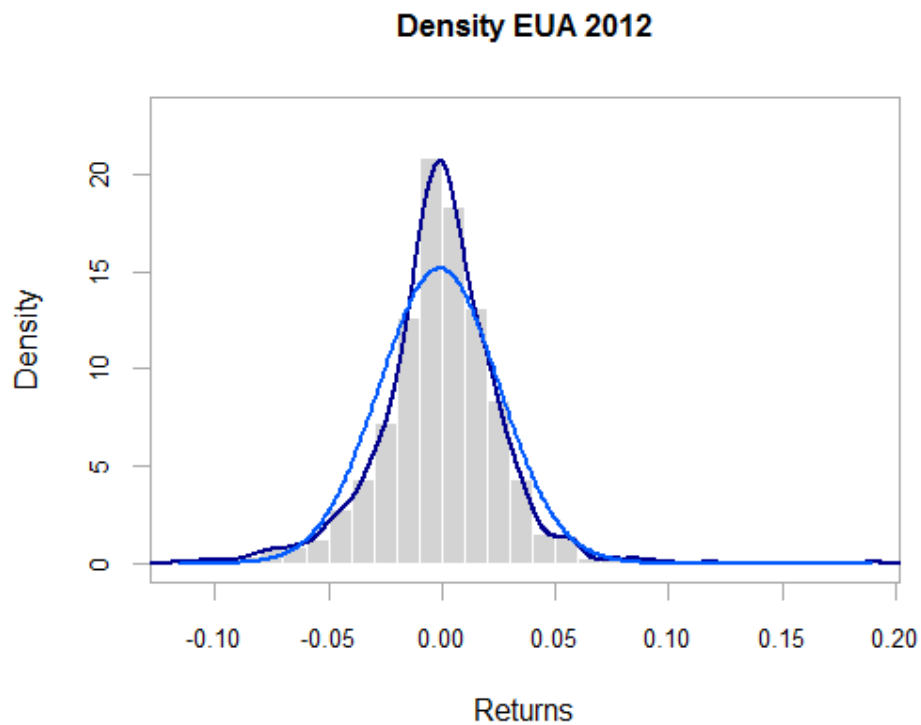


Gráfico 4.5: Histograma dos contratos de EUA com vencimento em Dezembro/2012
Fonte: Elaboração própria

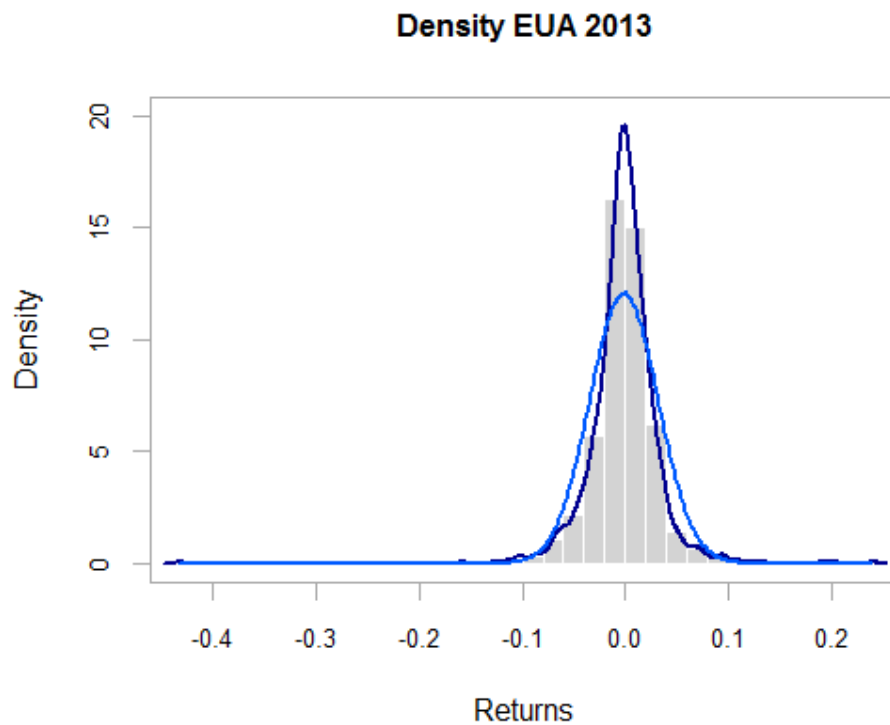


Gráfico 4.6: Histograma dos contratos de EUA com vencimento em Dezembro/2013
Fonte: Elaboração própria

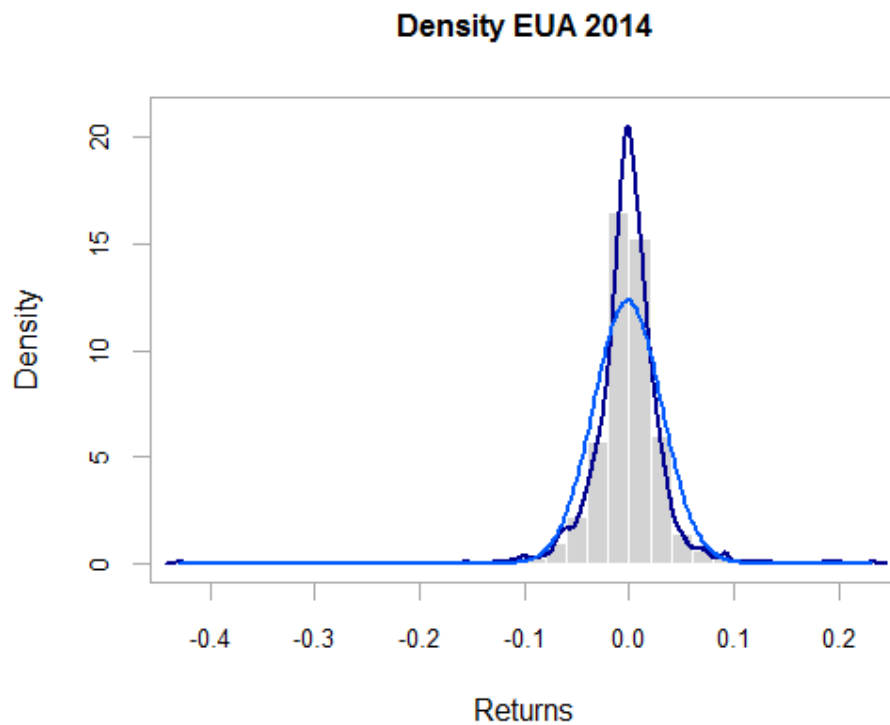


Gráfico 4.7: Histograma dos contratos de EUA com vencimento em Dezembro/2014
Fonte: Elaboração própria

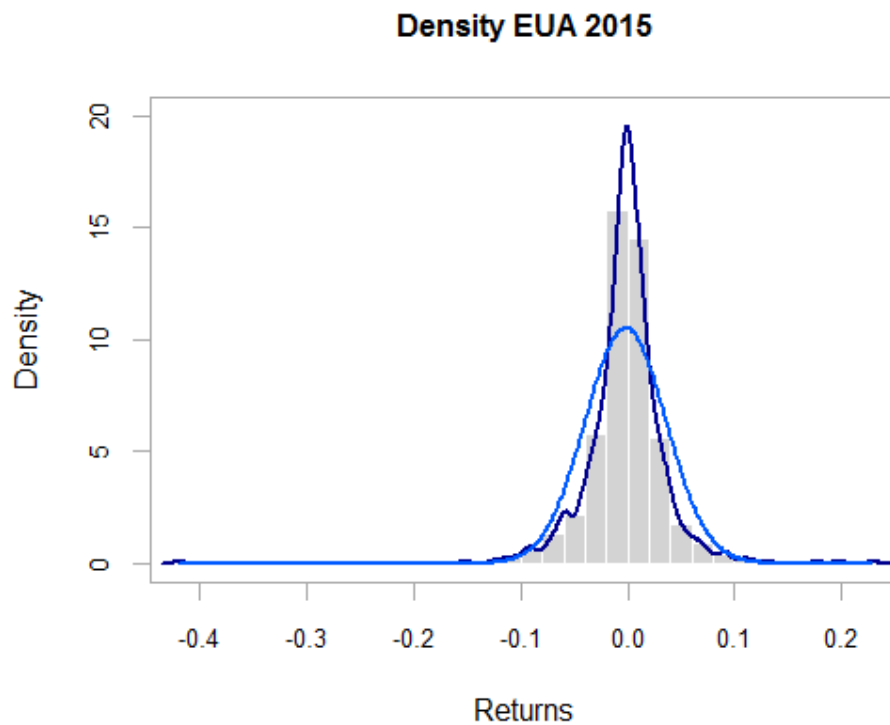


Gráfico 4.8: Histograma dos contratos de EUA com vencimento em Dezembro/2015
Fonte: Elaboração própria

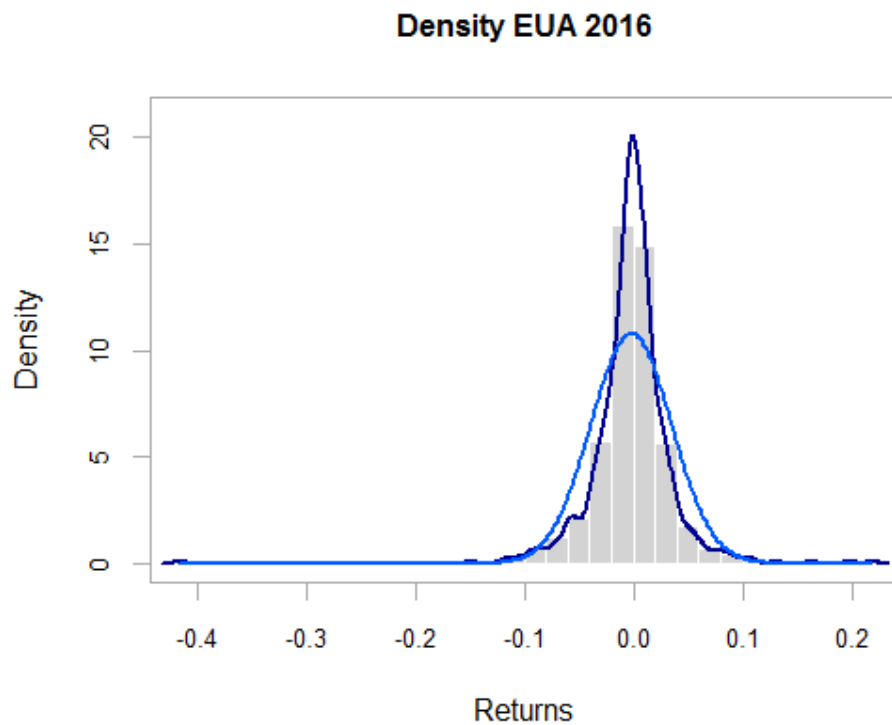


Gráfico 4.9: Histograma dos contratos de EUA com vencimento em Dezembro/2016
Fonte: Elaboração própria

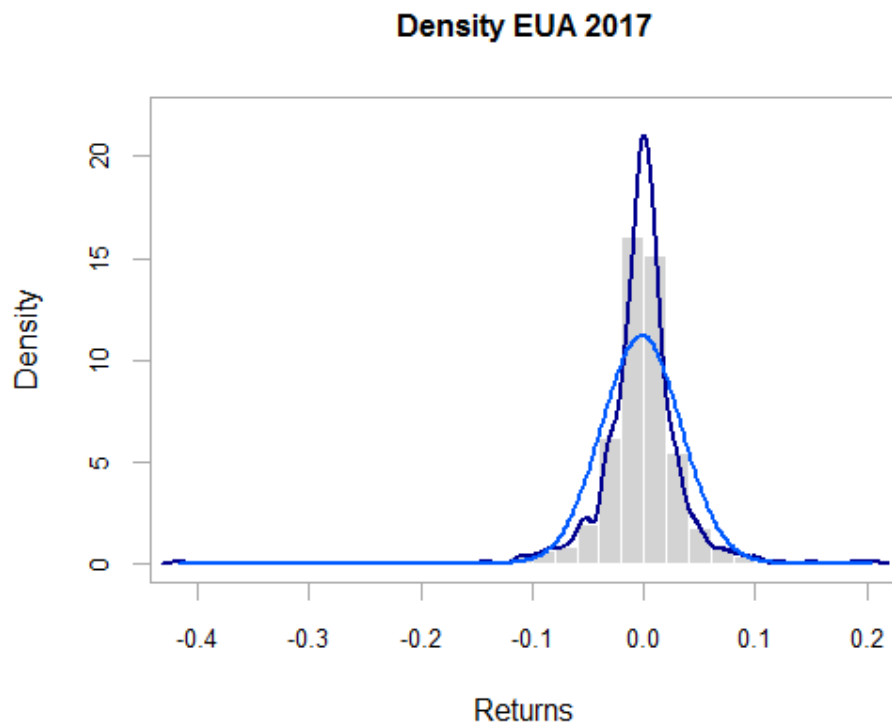


Gráfico 4.10: Histograma dos contratos de EUA com vencimento em Dezembro/2017
Fonte: Elaboração própria

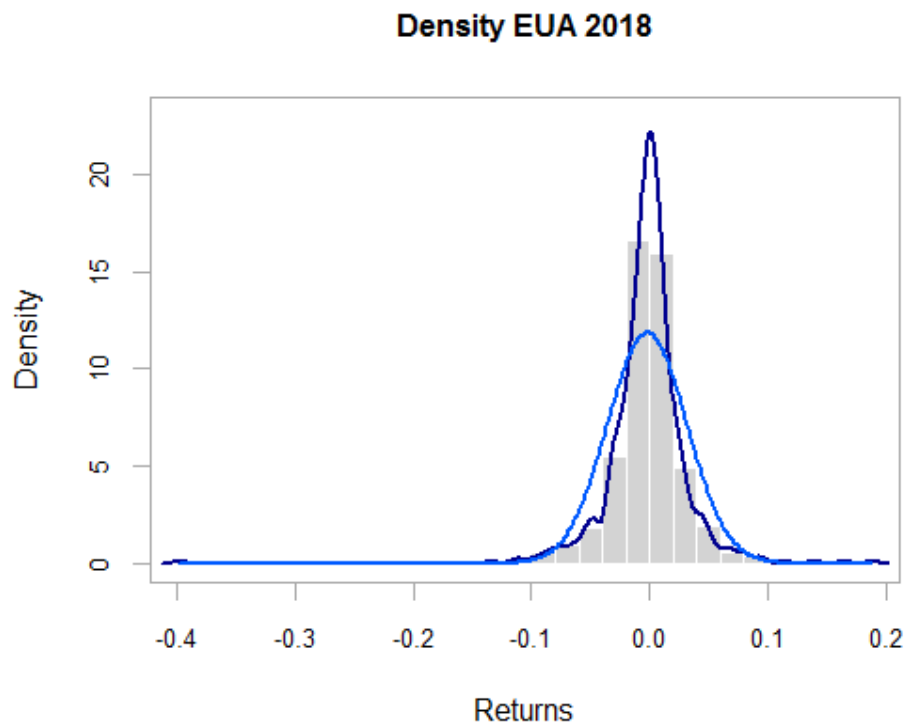


Gráfico 4.11: Histograma dos contratos de EUA com vencimento em Dezembro/2018
Fonte: Elaboração própria

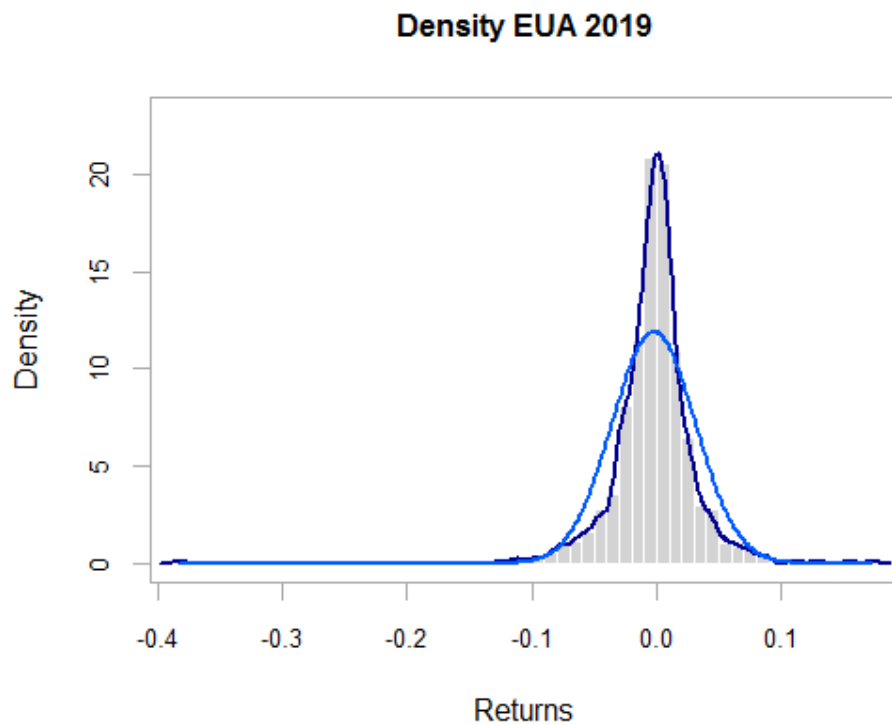


Gráfico 4.12: Histograma dos contratos de EUA com vencimento em Dezembro/2019
Fonte: Elaboração própria

APENDICE D – GLOSSÁRIO

Banking: Termo empregado para representar a possibilidade de transferência de EUA do presente para utilização em período futuro.

Basis: Diferença entre o preço *spot* (à vista) e o preço futuros de uma *commoditie*.

Borrowing: Termo utilizado para representar a possibilidade de antecipação do uso de EUA de períodos futuros no presente.

CDM – Clean developed mechanism, o mesmo que MDL

CER – Certified Emission Reduction, o mesmo que REC

Compliance event: Evento anual realizado pela Comunidade Europeia onde são divulgados os montantes das emissões de gases efeito estufa (GEE) utilizados, bem como as quotas que foram e serão distribuídas entre seus membros.

EC – European Commission, o mesmo que Comissão Europeia

ECX: European Climate Exchange, bolsa de valores que transaciona créditos de carbono nos mercados à vista, de opções e futuros, atualmente está vinculada à Intercontinental Exchange(ICE).

EEX – European Energy Exchange, bolsa localizada na Alemanha que negocia créditos de carbono no mercado à vista, futuros, de opções e a termo. Também atua no seguimento energia elétrica, gás natural e carvão.

EUA – European Union Allowance, também conhecida como permissão para emissão de carbono, uma EUA representa o direito de uma organização (de diversos setores) emitir uma tonelada CO²

EUAA – EU Aviation Allowances, tem a mesma conotação do EUA, porém aplica-se ao setor de aviação civil

EU ETS – European Union Emission Trading Scheme

ERU – Emissions Reductions Units

GEE – Gás efeito estufa, o mesmo que GHG.

GHG – greenhouse gas, o mesmo que GEE.

MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, o mesmo que CDL

NAP – Plano nacional de alocação (national allocation plan), utilizado pelos países membros da Comunidade Europeia para distribuir suas quotas de EUA entre as empresas que são obrigadas a reduzir os níveis de emissões.

ICE – Intercontinental Exchange

IC – Implementação conjunta

REC – Redução de Emissão Certificada, o mesmo que CER

ANEXO A - Conclusões do Conselho Europeu (CO EUR 2 CONCL 1)



EUROPEAN COUNCIL

Brussels, 8 March 2011

**EUCO 2/1/11
REV 1**

**CO EUR 2
CONCL 1**

COVER NOTE

from : General Secretariat of the Council
to : Delegations
Subject : **EUROPEAN COUNCIL
4 FEBRUARY 2011**

CONCLUSIONS

Delegations will find attached the conclusions of the European Council (4 February 2011).

1. Beyond the immediate action required to tackle the most pressing challenges posed by the economic and financial crisis, it is important to continue laying solid foundations for a sustainable and job-creating growth. This is the purpose of the Europe 2020 Strategy for jobs and growth adopted last June. Today, the European Council focused on two sectors – energy and innovation – which are key to Europe's future growth and prosperity. It agreed on a number of priority actions whose implementation will contribute much to enhancing growth and job creation as well as promoting Europe's competitiveness.

I. ENERGY

2. Safe, secure, sustainable and affordable energy contributing to European competitiveness remains a priority for Europe. Action at the EU level can and must bring added value to that objective. Over the years, a lot of work has been carried out on the main strands of an EU energy policy, including the setting of ambitious energy and climate change objectives and the adoption of comprehensive legislation supporting these objectives. Today's meeting of the European Council underlined the EU's commitment to these goals through a number of operational conclusions, as set out below.
3. The EU needs a fully functioning, interconnected and integrated **internal energy market**. Legislation on the internal energy market must therefore be speedily and fully implemented by Member States in full respect of the agreed deadlines. Council and European Parliament are invited to work towards the early adoption of the Commission's proposal for a Regulation on energy markets integrity and transparency.
4. The internal market should be completed by 2014 so as to allow gas and electricity to flow freely. This requires in particular that in cooperation with ACER national regulators and transmission systems operators step up their work on market coupling and guidelines and on network codes applicable across European networks. Member States, in liaison with European standardization bodies and industry, are invited to accelerate work with a view to adopting technical standards for electric vehicle charging systems by mid-2011 and for smart grids and meters by the end of 2012. The Commission will regularly report

on the functioning of the internal energy market, paying particular attention to consumers **including the more vulnerable ones** in line with the Council conclusions of 3 December 2010.

5. Major efforts are needed to modernise and expand Europe's energy infrastructure and to interconnect networks across borders, in line with the priorities identified by the Commission communication on energy infrastructure. This is crucial to ensure that solidarity between Member States will become operational, that alternative supply/transit routes and sources of energy will materialise and that renewables will develop and compete with traditional sources. It is important to streamline and improve authorisation procedures, while respecting national competences and procedures, for the building of new infrastructure; the European Council looks forward to the forthcoming proposal from the Commission in that respect. The various initiatives undertaken by Member States to integrate markets and networks at a regional level as well as those outlined in the Commission communication contribute to the objective and deserve support. No EU Member State should remain isolated from the European gas and electricity networks after 2015 or see its energy security jeopardized by lack of the appropriate connections.
6. The bulk of the important financing costs for infrastructure investments will have to be delivered by the market, with costs recovered through tariffs. It is vital to promote a regulatory framework attractive to investment. Particular attention should be given to the setting of tariffs in a transparent and non-discriminatory manner at levels consistent with financing needs and to the appropriate cost allocation for cross-border investments, enhancing competition and competitiveness and taking account of the impact on consumers. However, some projects that would be justified from a security of supply/solidarity perspective, but are unable to attract enough market-based finance, may require some limited public finance to leverage private funding. Such projects should be selected on the basis of clear and transparent criteria. The Commission is invited to report by June 2011 to the Council on figures on the investments likely to be needed, on suggestions on how to respond to financing requirements and on how to address possible obstacles to infrastructure investment.
7. In order to further enhance its security of supply, Europe's potential for sustainable extraction and use of conventional and unconventional (shale gas and oil shale) fossil fuel

resources should be assessed.

8. Investments in **energy efficiency** enhance competitiveness and support security of energy supply and sustainability at low cost. The 2020 20% energy efficiency target as agreed by the June 2010 European Council, which is presently not on track, must be delivered. This requires determined action to tap the considerable potential for higher energy savings of buildings, transport and products and processes. As of 1 January 2012, all Member States should include energy efficiency standards taking account of the EU headline target in public procurement for relevant public buildings and services. The Council is invited to promptly examine the upcoming Commission proposal for a new Energy Efficiency Plan, setting out in more detail a series of policies and measures across the full energy supply chain. It will review the implementation of the EU energy efficiency target by 2013 and consider further measures if necessary.
9. The Commission is invited to strengthen its work with Member States on the implementation of the **Renewable Energy** Directive, in particular as regards consistent national support schemes and cooperation mechanisms.
10. The EU and its Member States will promote investment in **renewables and safe and sustainable low carbon technologies** and focus on implementing the technology priorities established in the European Strategic Energy Technology plan. The Commission is invited to table new initiatives on smart grids, including those linked to the development of clean vehicles, energy storage, sustainable bio fuels and energy saving solutions for cities.
11. There is a need for better coordination of EU and Member States' activities with a view to ensuring consistency and coherence in the EU's **external relations** with key producer, transit, and consumer countries. The Commission is invited to submit by June 2011 a communication on security of supply and international cooperation aimed at further improving the consistency and coherence of the EU's external action in the field of energy. The Member States are invited to inform from 1 January 2012 the Commission on all their new and existing bilateral energy agreements with third countries; the Commission will make this information available to all other Member states in an appropriate form, having regard to the need for protection of commercially sensitive information. The High Representative is invited to take fully account of the energy security dimension in her

work. Energy security should also be fully reflected in the EU's neighbourhood policy.