

VALUE AT RISK DE CARBONO: MODELO DE PRECIFICAÇÃO DE PERMISSÃO DE EMISSÕES PARA A AGROPECUÁRIA

Anderson Carneiro Polles¹

Eder Pinatti²

Bruno Eduardo Cardozo de Miranda³

Laryssa Freitas Ribeiro⁴

RESUMO

No Brasil, a agropecuária contribui com cerca de 31% das emissões de gases do efeito estufa (GEEs), se forem somadas às emissões provenientes do setor “mudança no uso da terra e florestas”, esse percentual vai a 55%, sendo um desafio para o setor o desenvolvimento de mecanismos de mitigação. A melhoria dos fatores e processos de produção e dos produtos da pecuária brasileira influencia diretamente na mitigação da emissão de GEEs, das quais destacamos os sistemas agroflorestais (SAFs). O Value at Risk (VaR) é um método para avaliar o risco em operações financeiras, resume o risco de um produto financeiro, de uma carteira de investimentos ou ainda o risco de contratos negociados em bolsa de valores. O trabalho tem por objetivo estabelecer análise preliminar do comportamento de preços da permissão de emissões de carbono sob a ótica de precificação do Var dada à volatilidade da *commodity* ambiental. Os resultados obtidos indicam que a adoção do mecanismo nas condições verificadas no período elaboração do trabalho anteriores a 2017 apontam para inviabilidade econômica. Contudo, ao depender intrinsecamente de novas políticas e políticos, a viabilidade econômica pode ser alcançada devido a atual dinâmica de preços valorados decorridos à política de acreditação adotada pelo governo estadunidense Joe Biden.

Palavras-chave: [B]³, *hedge*, integração lavoura pecuária floresta, gases de efeito estufa, sustentabilidade.

ABSTRACT

In Brazil, agriculture and livestock contribute about 31% of greenhouse gas (GHG) emissions. When emissions from the "land use and forestry" sector are added, this percentage rises to 55%, posing a challenge for the sector to develop mitigation mechanisms. Improving

-
1. Graduando do Curso de Pós-Graduação em Defesa Sanitária e Inspeção de Alimentos de Origem Animal da Universidade Cândido Mendes, graduado em Zootecnia pela Universidade de São Paulo/Fac. de Zootecnia e Eng. de Alimentos - FZEA/USP (2003), Aperfeiçoamento em Agricultura Biológica Universidade de Uberaba – UNIUBE (2008), Master Business Administration em Agronegócios Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ/USP (2018).
 2. Pesquisador Científico, Instituto de Economia Agrícola (IEA/Apta) e APTA Regional de Presidente Prudente - Secretaria de Agricultura e Abastecimento/SP; Zootecnista, Mestre em Zootecnia e Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (PPZ), Universidade Estadual de Maringá - UEM.
 3. Professor Orientador do IFOPE. Graduado em Agronomia pelas Faculdades Integradas da Terra de Brasília – FTB (2006), Mestre em Fitopatologia pela Universidade de Brasília – UnB (2009) e Doutor em Fitopatologia pela Universidade Federal de Viçosa – UFV (2013).
 4. Professora orientadora, graduada em Medicina Veterinária, mestre e doutora em Medicina Veterinária (Universidade Estadual Paulista - UNESP/Jaboticabal-SP). Professora de Medicina Veterinária (Centro Universitário Mário Palmério - UNIFUCAMP/Monte Carmelo-MG) (laryssaribeiro84@gmail.com)

production factors and processes and the products of Brazilian livestock directly influence the mitigation of GHG emissions, with agroforestry systems (AFS) being particularly noteworthy. Value at Risk (VaR) is a method for assessing risk in financial operations; it summarizes the risk of a financial product, an investment portfolio, or even the risk of contracts traded on the stock exchange. This work aims to establish a preliminary analysis of the price behavior of carbon emission permits from the perspective of VaR pricing given the volatility of the environmental commodity. The results obtained indicate that the adoption of the mechanism under the conditions verified during the period preceding 2017 points to economic infeasibility. However, economic viability may be achieved due to new policies and politicians, given the current price dynamics resulting from the accreditation policy adopted by the U.S. government under Joe Biden.

Keywords: [B]3, hedge, crop-livestock-forest integration, greenhouse gases, sustainability.

INTRODUÇÃO

Originário do inglês, o termo *commodity* refere-se a produtos em estado bruto ou matérias – primas para a produção industrial, como o petróleo, soja, café e minérios. No mercado, as *commodities* são classificadas em agrícolas, minerais, financeiras e ambientais (Khalili, 2018).

As *commodities* ambientais ou “*ecommodities*” foram criadas diante da preocupação mundial com o esgotamento dos recursos naturais. São mercadorias originadas destes recursos, produzidas com base na conservação do meio ambiente. Divididas em sete matrizes, as *commodities* ambientais são: água, energia, minério, biodiversidade, madeira, reciclagem e controle de emissão de poluentes (água, solo e ar) (Khalili, 2018).

O Comércio de Permissão de Emissões [SCE], ferramenta financeira desenvolvida para implantar medidas que visam a redução de emissões de gases do efeito estufa [GEEs], constitui um instrumento econômico de Políticas Públicas Ambientais em que um limite de emissões é estabelecido e, revertido em permissões que podem ser distribuídas e/ou vendidas para as empresas reguladas, as quais podem negociar entre si (Freitas, 2017).

O Sistema de Comércio de Permissão de Emissões entrou em funcionamento em 22 de abril de 2005 na bolsa de *ICE Futures US* em Nova York com a finalidade de alavancar projetos que contemplam Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL), engrenagem que insere os países em desenvolvimento, nos mecanismos de flexibilização, visando compartilhar o esforço global de mitigação das mudanças climáticas e que permite sua participação no mercado de carbono.

Segundo Bezerra (2005), o conceito de crédito de carbono fundamenta-se em vários artigos tanto da Convenção Quadro de Mudança Climáticas [CQMC]² quanto do Protocolo de Kyoto, destacando-se o artigo 3.5 da Convenção, que incentiva a adoção de um sistema econômico internacional que conduza a um desenvolvimento sustentável de todas as partes, priorizando aquelas em desenvolvimento e permitindo que tais países atuem demonstrando o esforço em ações mitigadoras das mudanças climáticas; e o artigo 11.5 da mesma Convenção possibilita que países desenvolvidos implementem canais bilaterais, para prover recursos financeiros a países em desenvolvimento.

No entanto, na Convenção Quadro de Mudanças Climáticas [CQMC]³, diversos acontecimentos colocaram à prova a credibilidade no pacto internacional. Uma das principais foi à incerteza quanto à gestão de Donald Trump para lidar com as intenções de contribuições

²Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento [UNCED] de 1992.

³ 07 de janeiro de 2017.

assumidas pelos Estados Unidos. A omissão desse país repete a atitude já tomada no Protocolo de Kyoto, e prejudica consideravelmente os esforços mundiais na luta contra o aquecimento global (Freitas, 2017).

No Brasil, a agropecuária contribui com cerca de 31% das emissões de GEEs. Entretanto, se forem somadas às emissões provenientes do setor “mudança no uso da terra e florestas”, esse percentual sobe para cerca de 55% (MCTIC, 2018), sendo um desafio para o setor o desenvolvimento de mecanismos de mitigação. A pecuária, em particular a bovinocultura de corte brasileira, destaca-se no cenário mundial por apresentar o primeiro rebanho comercial, com 213,8 milhões de cabeças em 2019, tornando o maior país exportador de carne, vendendo para o exterior 2,490 milhões de toneladas, com faturamento de 9,476 bilhões de dólares americanos (ABIEC, 2020), ainda com amplas possibilidades de crescimento em terras ainda disponíveis, seguindo a legislação, e de melhoria nos processos produtivos (ALMEIDA, 2015).

Nesse sentido, a melhoria dos fatores e processos de produção e dos produtos da pecuária brasileira influencia diretamente na mitigação da emissão de GEEs. Barioni *et. al.* (2007) citado por Almeida (2015), colabora para a discussão com suas projeções sobre emissões de metano, no período de 2007 a 2025. Seu trabalho aponta para uma maior eficiência de produção de carne, com aumentos de 7,4% no rebanho e de 29,3% no número de abates, proporcionando um aumento de 25,4% na produção de carne e de apenas 2,9% na emissão de metano, refletindo em uma diminuição de 18% na emissão de metano por unidade de carne produzida, mas para que isso se torne realidade é necessária a adoção de novas tecnologias.

Dentre as tecnologias que permitem o aumento da eficiência na produção de carne e diminuição da emissão de GEEs estão os sistemas agroflorestais (SAFs), que são sistemas de uso da terra em que as árvores interagem com os cultivos agrícolas e/ou animais, simultânea ou sequencialmente, de modo a aumentar a produtividade total de plantas e animais de forma sustentável por unidade de área (Nair, 1989, *apud* Nicodemo & Melotto, 2015).

Com mais de 10 anos de tradição, a inovação tecnológica da integração lavoura pecuária floresta, representa uma solução para parte do problema das emissões de GEEs. Contudo, diante as incertezas que pairam sobre o Futuro do Mercado de Carbono e frente à urgência climática e agenda promovida pelo recém-empossado presidente dos Estados Unidos Joe Biden, o que esperar das nações durante a COP 26?

Este trabalho tem por objetivo de estudar a dinâmica do comércio de permissão de emissões no mercado de commodities ambientais, analisar o comportamento de preços em mercado regulado com objetivo de tratamento das permissões de emissões como *commodities* e verificar viabilidade de precificação em bolsa por parte dos produtores agropecuários.

MATERIAL E MÉTODOS

Value at Risk (VaR) é um método para avaliar o risco em operações financeiras, o VaR resume, em um número, o risco de um produto financeiro, o risco de uma carteira de investimentos, ou ainda o risco de contratos negociados em bolsa de valores. Esse número representa a pior perda esperada em um dado horizonte de tempo e é associado a um intervalo de confiança (Hairston & Brooks, 2019 e Ye & Doray, 2016).

Existem várias técnicas de avaliação do risco de operações financeiras, tais como Back Test, Stress Test, Expected Shortfall, além do Value at Risk. Essas técnicas visam quantificar o risco de mercado, ou seja, do risco de perdas monetárias decorrentes da variação de preços, de taxas de juros ou de taxas de câmbio (Hairston & Brooks, 2019).

Devido a sua maior facilidade de elaboração frente aos outros testes, o VaR foi escolhido para compor análise de comportamento de preços da permissão de emissões (“emission allowances”) e sofreu adaptação no presente trabalho para apresentar não o risco

de pior perda e sim a probabilidade de encontrar determinado valor, e para tal foi utilizado o mesmo procedimento de cálculo da volatilidade de preços dos contratos futuros.

O material de pesquisa foi o banco de dados dos contratos futuros de Permissão de Emissões, Brent do Petróleo, Dólar, Euros e Euro Dólar na Bolsa ICE Futures US, obtidos com a plataforma Bloomberg de cotação.

Análise de Dados

Por meio da utilização da plataforma Bloomberg, foram captados os preços dos contratos de Permissão de Emissões, Brent do Petróleo, Dólar, Euros e Euro Dólar na Bolsa ICE Futures US, que compõem um banco de dados com mais de 3.100 (três mil e cem) cotações de valores diários praticados, compondo série histórica de preços das commodities e moedas. Os valores dos contratos de Permissão de Emissões cotados em euros foram convertidos em dólares americanos para padronizar as análises.

As primeiras análises consistiram em verificar a existência de correlação entre as *commodities* Permissão de Emissões e Brent do Petróleo, e para tanto foi feito um gráfico de linha com as séries históricas e calculados o coeficiente de correlação (dependência ou independência entre as variáveis), coeficiente de determinação (força da dependência) e coeficiente de indeterminação (influência de forças externas).

Uma vez observado o comportamento atípico dos preços da variável Permissão de Emissões ao longo da série histórica, ela foi dividida em três fases, gráficos foram elaborados por período e calculados novamente os coeficientes.

Após verificar a existência de correlação, foram elaborados histogramas e curvas normais de distribuição dos preços do período todo e das três fases para a variável permissão de emissões. Para tanto, utilizou-se uma planilha eletrônica do Excel 2016 (Office 2010) e foram calculados para o período todo e para as três fases os valores mínimos, máximos, média, tamanho da amostra, estimativa de classes, determinação de 7 classes de desvio padrão, incremento 1, desvio padrão, incremento 2.

Uma vez calculados os valores, os dados foram catalogados em 7 classes de desvio padrão e calculados as frequências de corte e as frequências de repetição e elaborados os histogramas. Após foram construídos a curva normal de distribuição de preços. Para tanto, foi determinado 100 pontos, calculado o valor de cada ponto e calculado a frequência por meio da função de densidade de massa. Obtidos os valores, foram elaborados os gráficos.

A seguir, foram elaboradas as tabelas de probabilidade e esperança de preços, para tanto utilizou-se à função de distribuição normal n calculada para cada uma das 7 classes de desvio padrão. Por meio da subtração de valores da classe posterior menos a anterior, foram encontradas as probabilidades de cada classe de desvio padrão. Para obter-se as esperanças de determinada classe, foram multiplicados os valores de cada classes de preços versos a probabilidade de cada classe.

Para caracterizar o comportamento das curvas de distribuição foram calculadas a Assimetria “Distorção”, que define a inclinação das curvas à direita ou à esquerda; Curtose, que define o grau de achatamento ou alongamento dos cumes das curvas, caracterizando a concentração de dados que “indicam riscos” e o Coeficiente de Variação, que modelam a distribuição dos dados e “tipifica a volatilidade”.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para verificar o atrelamento da *commodity* ambiental junto ao petróleo, os preços foram convertidos em dólares, com o intuito de padronizar a análise de preços. Uma vez observado o comportamento atípico, a série histórica foi subdividida em três períodos segundo ano meta do Protocolo de Kyoto (Fase 1 – 2005 a 2007, Fase 2 – 2008 a 2012 e Fase 3 – 2013 a 2020).

Características do Contrato Futuro de Crédito de Carbono

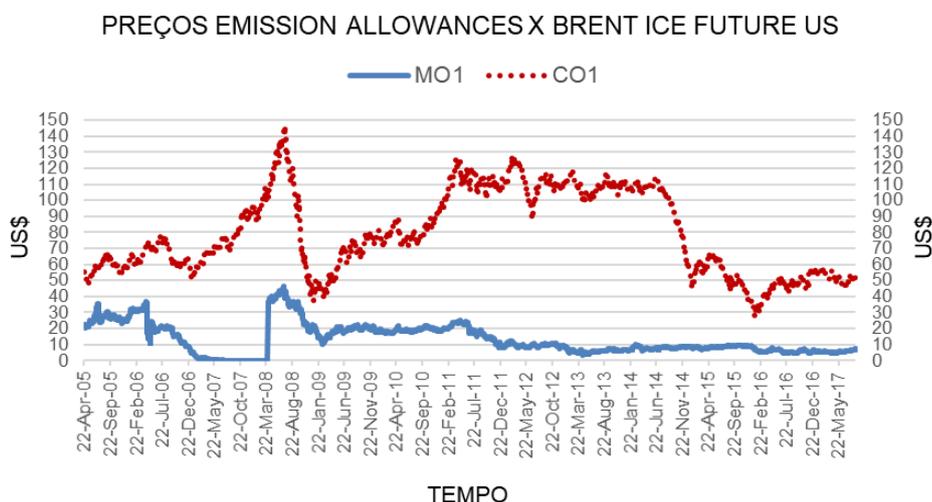
O contrato futuro da “EMISSION ALLOWANCES” permissão de emissão ou “Crédito de Carbono” [MO1] na bolsa ICE Futures US de Nova York possui as seguintes características:

1. Quantidade - um lote de 1.000 Kg CO₂ ou equivalente.
2. Cotação - euro e centavos de euro por tonelada métrica.
3. Vencimento - dezembro.

Análise de Preços

Observou-se a série histórica a relação entre os preços dos contratos futuros das “EMISSION ALLOWANCES” [MO1] “Crédito de Carbono” em mercado regulado e “BRENT” [CO1] “Barril do Petróleo” na bolsa ICE Futures US de Nova York com objetivo de verificar o atrelamento entre as commodities que são expostas na figura a seguir.

Figura 1. Preços em US\$ das Commodities “Crédito de Carbono” e “Brent do Petróleo, 22 de abril de 2005 a 01 de setembro 2017.

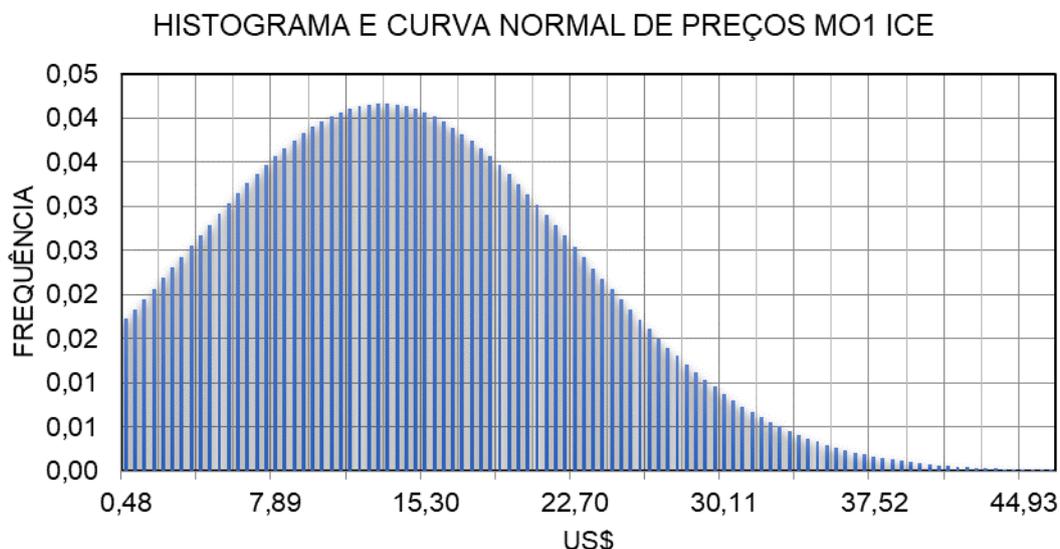


No período de 22 de Abril de 2005 a 01 de Setembro de 2017, o coeficiente de correlação entre os preços dos contratos futuros de permissão de emissões, linha contínua em azul e os preços dos contratos futuros do barril de petróleo tipo Brent em dólares, linha tracejada em vermelho, foi de $-0,00085364$, enquanto o coeficiente de determinação foi de $7,28707E \times 10^7$ e coeficiente de indeterminação foi de $0,99999927$ o que explica o atrelamento entre as commodities, o grau de interferência e a dependência de fatores externos que podem ser atribuídos “à acreditação política e ceticismo científico quanto as mudanças climáticas”, respectivamente, que serão detalhados em fases correspondentes ao ano meta do Protocolo de Kyoto.

Histograma e Curva Normal de Distribuição 2005 a 2017

O preço do contrato futuro da “EMISSION ALLOWANCE” (MO1) observado na abertura de mercado foi de 22,01 US\$, chegaram a valer 0,02 US\$ e chegaram ao patamar de 46,32 US\$. Devido à grande variação dos preços encontrados, a série histórica foi dividida em três períodos, seguindo os anos das metas do Protocolo de Kyoto. O histograma e a curva normal de distribuição dos preços dos contratos de permissão de emissões de 2005 a 2017 podem ser observados na figura 02 e na primeira coluna tabela 01 (Valores, Probabilidades e Esperança).

Figura 2. Histograma e Curva Normal de Preços em US\$ das Commodities “Crédito de Carbono”, 22 de abril de 2005 a 01 de setembro 2017



Os preços dos contratos futuros de “*EMISSION ALLOWANCES*” foram distribuídos em 7 classificações (média e + - 3 desvios padrão) e foram observados os valores de corte, probabilidade de ocorrência nas 7 classes e calculadas as esperanças de obter um determinado resultado também representado na tabela 01. A curva de distribuição apresenta-se assimétrica “Distorção” em 0,91 com leve inclinação a direita, a volatilidade amplamente distribuída com coeficiente de variação em 0,73 e com concentração de dados “Curtose” cume da curva em 0,35.

Tabela 1. Probabilidade e Esperança de Preços (MO1), 2005 a 2017

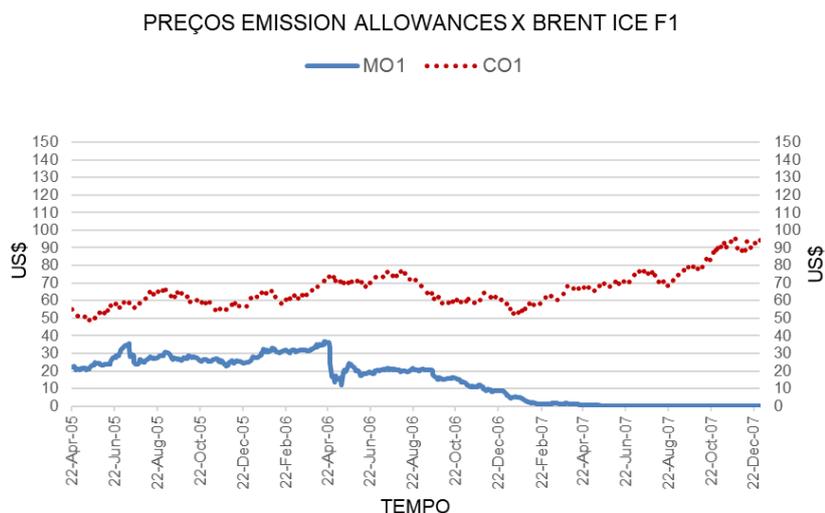
Desvios	Classes	Valores US\$	Probabilidade %	Esperança (Valores X Probabilidade)
- 3 σ	1	6,63	24,65%	1,6343
- 2 σ	2	13,24	25,54%	3,3815
- 1 σ	3	19,86	25,46%	5,0564
M	4	26,48	16,05%	4,2500
+ 1 σ	5	33,09	6,40%	2,1178
+ 2 σ	6	39,71	1,61%	0,6393
+ 3 σ	7	46,32	0,26%	0,1204
Assimetria	0,91			
Curtose	0,354			
CV	0,73			

Observa - se uma maior probabilidade 25,54 % de obter preços próximos a 13,24 US\$, ou seja, próximo a - 2 desvios padrão e maior esperança de obter os resultados a 19,86 US\$, próximo a - 1 desvio (25,46 % de probabilidade), somando-se as probabilidades se tem 51 % de ocorrência, nota-se a tendência de se obter valores abaixo da média.

Fase 01 - 2005 a 2007

De 22 de Abril de 2005 a 31 de dezembro de 2007, corresponde à adoção internacional do sistema de comercialização de permissão de emissões via bolsa de valores. A fase coincide em parte com o período do governo Bush (de 20 janeiro de 2001 a 20 janeiro de 2009), apresentando preços iniciais de 22,01 dólares e finais em 0,02 de dólares. Observa-se no período uma maior interferência dos preços de petróleo tipo “BRENT” (CO1) na permissão de emissões “EMISSION ALLOWANCES” (MO1), evidenciadas na Figura 3.

Figura 3. Preços em US\$ das Commodities “Crédito de Carbono” e “Brent do Petróleo”, 22 de abril de 2005 a 31 de dezembro

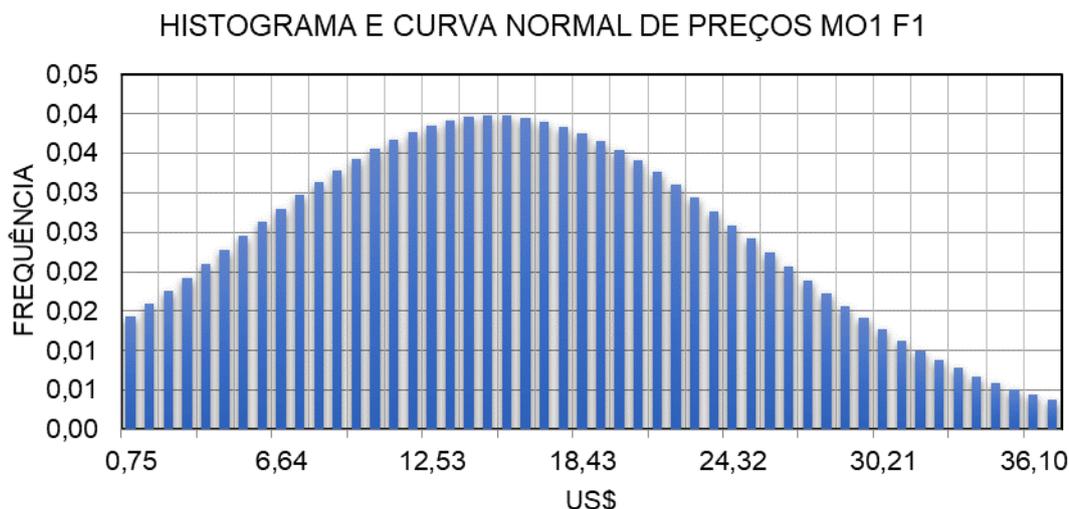


O coeficiente de correlação entre as duas *commodities* “EMISSION ALLOWANCES” e “BRENT” na FASE 1 foi de 0,08049016 enquanto o coeficiente de determinação foi de 0,006478667 e o de coeficiente de indeterminação foi de 0,993521333 o que pode ser associados, respectivamente à: dependência pequena, mas positiva da *commodity* em relação ao petróleo, grau pequeno, mas positivo de interferência e um maior nível de dependência de fatores externos como a acreditação política e ceticismo científico.

Histograma e Curva Normal de Distribuição Fase 1

O Histograma e curva de distribuição de preços ao longo da primeira fase, ano meta do Protocolo de Kyoto pode ser observado também na figura 04 e o Valores, Probabilidades e Esperança na tabela 2.

Figura 4. Histograma e curva normal de distribuição dos preços US\$ da Permissão de Emissões (MO1), 22 de abril de 2005 a 31 de dezembro 2007



Observa-se na figura 4 o HISTOGRAMA, e na CURVA NORMAL de distribuição de preços uma assimetria “Distorção” em - 0,04, a assimetria da curva normal distribuição de preços pode ser explicada devido a um comportamento mais próximo à distribuição logaritmo normal do que a uma curva de distribuição normal, com leve inclinação à esquerda “Distorção Negativa”. Há uma maior probabilidade de 20,34 % de preços a 15,80 US\$, ou seja, - 1 desvio da média, porém nota-se uma maior esperança a 21,06 US\$ que corresponde à média dos preços e apresenta a segunda maior probabilidade 19,55 %.

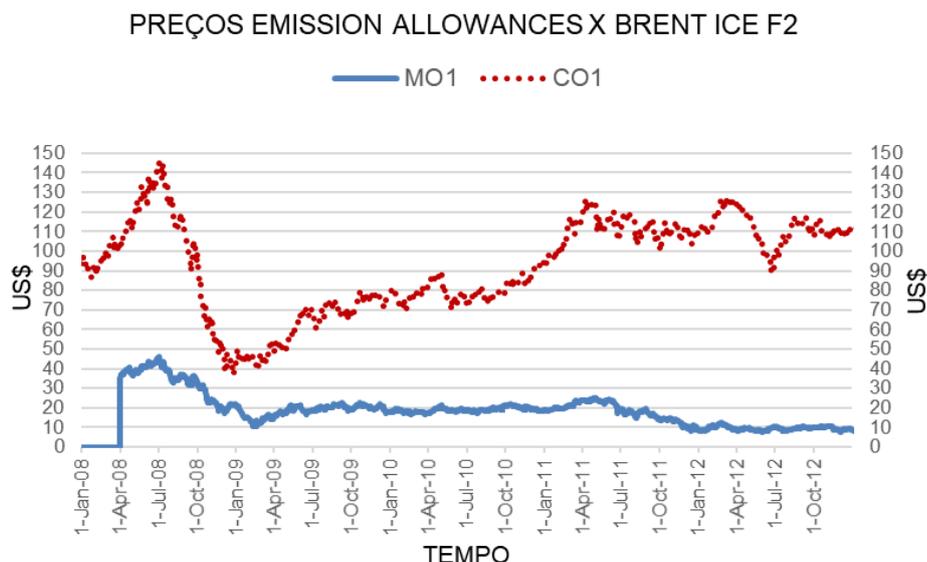
Tabela 2. Probabilidade e Esperança de Preços (MO1), 2005 a 2007

Desvios	Classes	Valores US\$	Probabilidade %	Esperança (Valores X Probabilidade)
- 3 σ	1	5,27	16,50 %	0,8696
- 2 σ	2	10,53	16,16 %	1,7016
- 1 σ	3	15,80	20,34 %	3,2137
M	4	21,06	19,57 %	4,1214
+ 1 σ	5	26,32	14,39 %	3,7874
+ 2 σ	6	31,58	8,08 %	2,5516
+ 3 σ	7	36,84	3,47 %	1,2783
Assimetria	- 0,04			
Curtose	- 0,37			
CV	0,67			

Fase 02 - 2008 a 2012

Compreendida entre 01 de janeiro de 2008 a 31 de dezembro de 2012, coincide com o fim do governo Bush início do governo Obama (20 janeiro de 2009 a 20 janeiro de 2017), “foi um período de maior aceitação das evidências científicas sobre as mudanças climáticas e suas consequências”, observou-se um descolamento das interferências dos preços das “EMISSION ALLOWANCES” e “BRENT”.

Figura 5. Comportamento dos preços US\$ da Permissão de Emissões (MO1), 01 de janeiro de 2008 a 31 de dezembro de 2012



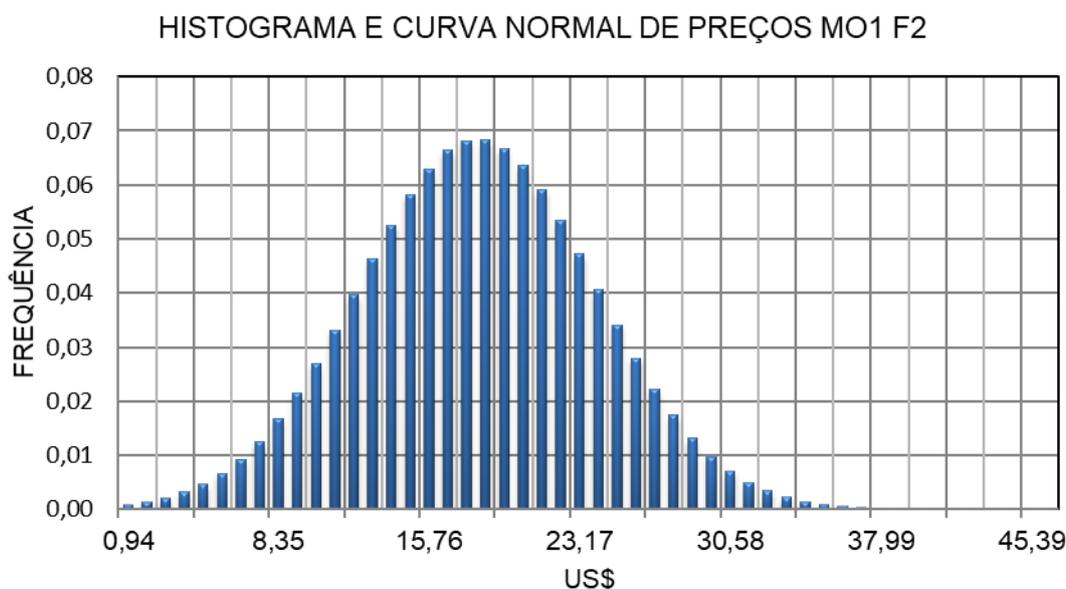
O coeficiente de correlação entre as duas commodities foi de $-0,00172525$, enquanto o coeficiente de determinação $2,97649 \times 10^6$ e coeficiente de indeterminação $0,999997024$, o que pode ser associado a uma relação pequena mais inversa ao comportamento dos preços da outra *commodity*, enquanto o grau de interferência dos preços de petróleo foi menor, maior acreditação política e menor ceticismo científico quanto às mudanças climáticas.

O comportamento dos preços apresentou-se de forma distinta da primeira fase do ano meta do Protocolo de Kyoto variando de $0,02$ US\$ a $46,32$ US\$, como demonstrado na curva de preços também representado na figura 6 e os Valores, Probabilidades e Esperança na tabela 3.

Histograma e Curva Normal de Distribuição Fase 2

O comportamento dos preços apresentou-se de forma distinta da primeira fase ano meta variando de $0,02$ US\$ a $46,32$ US\$, demonstrado na curva de preços da figura 6.

Figura 6. Histograma e curva normal de distribuição dos preços US\$ da Permissão de Emissões (MO1), 2008 a 2012



A distribuição dos preços demonstrada na Figura 4 ficou mais próxima a uma curva normal do que a uma curva logaritmo normal de distribuição devido à simetria “Distorção” em 0,52 com leve inclinação a direita conforme observado. Nota-se uma maior amplitude de distribuição “Curtose” em 0,74 (alongamento de cume) e uma menor volatilidade, com a probabilidade de 41,56% (maior já observada) pode obter-se preços próximos a US\$ 19,86 com 1 desvio padrão (σ) abaixo da média, coincidente com a maior esperança de obter-se os resultados esperados.

Tabela 3. Probabilidade e Esperança de Preços (MO1), 2008 a 2012

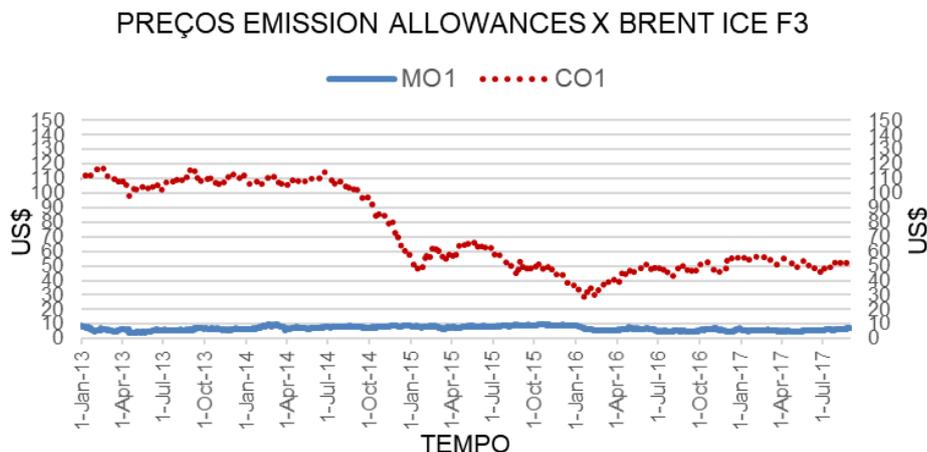
Desvios	Classes	Valores US\$	Probabilidade %	Esperança (Valores X Probabilidade)
- 3 σ	1	6,63	2,41	0,1598
- 2 σ	2	13,24	17,61	2,3315
- 1 σ	3	19,86	41,56	8,2538
M	4	26,48	30,78	8,1505
+ 1 σ	5	33,09	7,12	2,3560
+ 2 σ	6	39,71	0,51	0,2025
+ 3 σ	7	46,32	0,01	0,0046
Assimetria	0,52			
Curtose	0,74			
CV	0,32			

Observou-se no Tabela 3, uma maior probabilidade de 41,56 % a obter-se preços próximos a 19,86 US\$, coincidente com a maior esperança de obter-se os resultados esperados.

Fase 03 - 2013 a 2020

De 01 de janeiro de 2013 a 01 de setembro de 2017, o mais longo período, coincide em parte com o governo Obama (20 janeiro de 2009 a 20 janeiro de 2017) e o governo Trump (20 janeiro de 2017 e em exercício), a variação de preços é demonstrado na Figura 7.

Figura 7. Comportamento dos preços US\$ da Permissão de Emissões (MO1), 01 de janeiro de 2013 a 01 de setembro de 2017



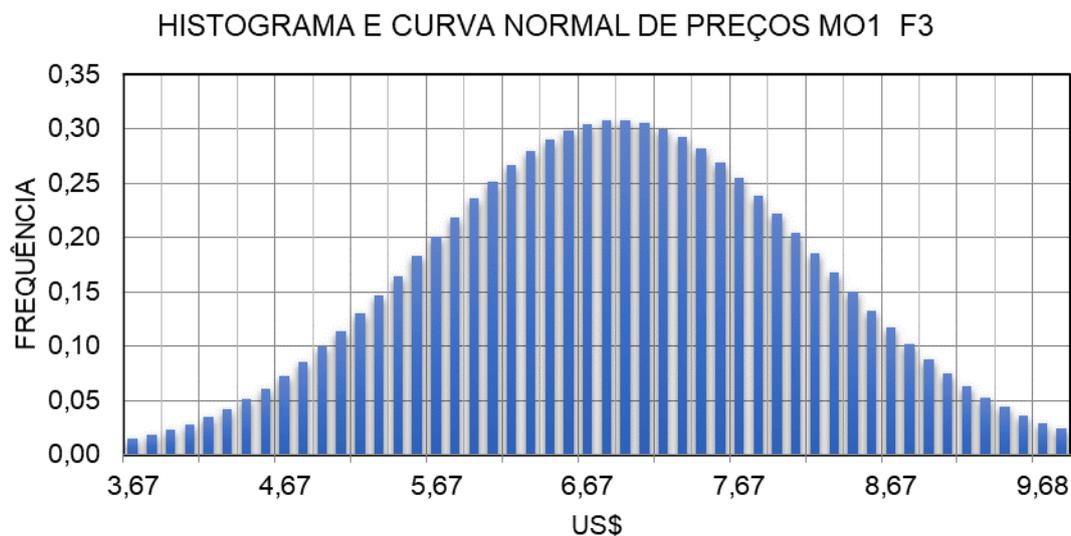
O Coeficiente de correlação foi de 0,162966641 enquanto o coeficiente de determinação foi de 0,026558126 e coeficiente de indeterminação foi de 0,973441874, que podem ser explicados por uma maior dependência dos preços do barril de petróleo, maior interferência da *commodity*, menor acreditação política e maior ceticismo científico quanto as mudanças climáticas.

O comportamento dos preços apresentou-se mais estável, variando aproximadamente entre de 4 a 10 US\$, o período analisado apresentou a menor volatilidade dentre os períodos da série histórica de preços representado na figura 8.

Histograma e Curva Normal de Distribuição Fase 3

O histograma de preços apresenta-se assimétrico, porém com curva de distribuição mais próxima a curva normal do que logaritmo normal “Distorção” em 0,12 com leve inclinação à direita, as probabilidades e esperanças de preços. Comprova-se a menor volatilidade de preços no período descrito com o “Coeficiente de Variação” 0,19 tendendo a uma estabilidade “Curtose” em - 1,10 (rotulada como Bernoulli), favorável ao estabelecimento de contratos, objetivando proteção de preços dentro de uma previsibilidade. Há uma maior probabilidade 26,70 % de obter-se preços próximos a 7,12 US\$ e coincidente com a maior esperança de preços de 1,9001 de obter resultados dentro da média.

Figura 8. Histograma e curva normal de distribuição dos preços US\$ da Permissão de Emissões (MO1), de 01 de janeiro de 2013 a 01 de setembro 2017



Observa-se na Tabela 7 uma maior probabilidade 26,70 % de obterem-se preços próximos a 7,12 US\$ e coincidente com a maior esperança 1,9001 de obtenção de resultados dentro da média.

Tabela 4. Probabilidade e Esperança de Preços (MO1), 2013 a 2017

Desvios	Classes	Valores US\$	Probabilidade %	Esperança (Valores X Probabilidade)
- 3 σ	1	4,44	3,01 %	0,1336
- 2 σ	2	5,33	8,71 %	0,4642
- 1 σ	3	6,23	19,18 %	1,1949
M	4	7,12	26,70 %	1,9001
+ 1 σ	5	8,01	23,52 %	1,8839
+ 2 σ	6	8,91	13,10 %	1,1672
+ 3 σ	7	9,80	4,61 %	0,4018
Assimetria	0,12			
Curtose	- 1,10			
CV	0,19			

Comparado as fases descritas, observa-se que os valores em US\$ obtidos entre 2008 – 2012 fase 2, convergem para os valores do período 2005 – 2017, contudo as probabilidades não se repetem, o fato sugere que a política de acreditação do governo Obama foi determinante para o estabelecimento dos preços das permissões de emissões.

Câmbio

Dentre as variáveis que condicionam os contratos de permissão de emissões está o câmbio da evolução da relação de troca entre Euro e Dólar ao longo da série histórica apurada de 22 de abril de 2005 a 1 de setembro de 2017.

Euro / Dólar

A relação de troca entre as moedas variou entre as margens de 1,0388 US\$ a 1,5991 US\$ no período analisado.

Figura 09. Evolução da relação de troca entre Euros e Dólar de 2005 a 2017



Fontes de Riscos

Dentre as variáveis levantadas, deve-se mencionar as fontes de riscos listadas:

- Risco Legal - Maior risco de Desregulamentação nos EUA ligado à política de acreditação, menor risco de Desregulamentação Internacional ligado ao acordo de Paris e Menor risco de Desregulamentação Nacional ligado à busca de um Sistema de Comércio de Permissão de Emissões compromisso firmado para implantação até 2020.
- Risco de Mercado - Volatilidade de preços devido ao atrelamento ao Brent do petróleo dependente do momento.
- Risco de Liquidez - Falta de compradores, domínio do mercado pelas grandes centrais termoelétricas nos Estados Unidos.
- Risco Operacional - Padronização dos contratos, grande variabilidade de arranjos e espécies de árvores nos projetos de integração lavoura pecuária floresta.
- Risco Financeiro – Câmbio, grande flutuação do dólar frente ao real.

Modelo de Precificação

Existem vários mecanismos de precificação negociados em bolsa, podemos citar: contrato a termo, contrato futuro e opções, que podem ser aplicados no nosso caso. Entretanto, o mais indicado é a operação “Ex-pit” (“wey-wey” ou “troca a termo / futuro”), em virtude da variabilidade de arranjos produtivos nos projetos e da volatilidade de preços, sendo este uma solução híbrida.

Segundo Widonsck et al. (2009), a operação de derivativos “Ex – pit” pode ser caracterizada como uma operação “casada” entre um contrato a termo e um contrato futuro. A fixação da liquidação do contrato a termo contra um vencimento futuro da Bolsa, opção da data de fixação (*hedge*) é independente para cada uma das partes, existe o compromisso de numa data futura haverá troca de futuros, o físico (termo) será liquidado pelo preço da Bolsa na data de liquidação, firmada entre as partes.

Todos os detalhes da operação deverão estar contidos no contrato a termo firmado entre as partes. Trata-se de uma operação pós-fixada: ambas as partes correm risco de preço de mercado, tanto comprador como vendedor necessitam de *hedge*, ambas se posicionarão na Bolsa, o posicionamento é independente, as partes poderão escolher suas corretoras independentemente, as posições em bolsa serão feitas contra o mercado, e existe o

compromisso da troca de futuros entre as partes (Widonsck et al., 2009). Falta, porém, testes que validem as premissas e comprovem sua viabilidade econômica para a sua implantação da operação na bolsa brasileira.

CONCLUSÃO

Os preços dos contratos futuros das “EMISSION ALLOWANCES” (MO1) permissão de emissões “Crédito de Carbono” apresentam-se de forma distinta em três fases dos anos meta do Protocolo de Kyoto, evidenciados nos gráficos, histogramas, curvas normais de distribuição, probabilidades e esperança de preços, expostos, necessários ao entendimento da dinâmica de formação de preços em bolsa de valores da ICE Futures US, com a finalidade de alocação de contratos visando *hedge* de proteção.

Comparado às três fases observadas, notam-se que os valores em US\$ obtidos de 2008 a 2012 Fase 2, convergem para os valores do período 2005 – 2017, contudo as probabilidades não se repetem, o fato indica que a política de acreditação no governo estadunidense Obama foi determinante para o estabelecimento dos preços das permissões de emissões.

Contudo, devido aos fatores expostos, risco legal, risco de mercado, risco de liquidez, risco operacional e risco financeiro, os preços dos contratos futuros das permissões de emissão são tão ou mais voláteis quanto o próprio preço do petróleo, carecendo de uma maior política de acreditação e maiores explicações científicas que diminuam o ceticismo e dimensionem os impactos das mudanças climáticas no planeta e nos mercados de *commodities* ambientais.

É prematuro afirmações positivas ou negativas sobre a viabilidade econômica para precificação de contratos de permissão de emissões em sistema de integração lavoura pecuária floresta. Assim, o trabalho mostra que um contrato internacional de tamanha magnitude devido às suas exigências e riscos é economicamente inviável.

Entretanto uma das alternativas possíveis é a implementação do sistema de comercialização na “Brasil Bolsa Balão - [B]³” - em vias de estudo por meio das operações com o código de registro 47 939 da circular 3.690 BACEN. Novos trabalhos que calculem o risco de base e demonstre a efetividade do *hedge* devem ser incentivados.

O trabalho levou em consideração para análise de preços da permissão de emissões do período de 2005 a 2017. Após esse período, a eleição do governo Biden nos Estados Unidos trouxe nova dinâmica no mercado da *commodity* ambiental. Os preços se valoraram e já passam os 60 dólares, estimulado pela política de acreditação e tornando-se atrativos para os produtores.

Nova rodada de negociação na Organização das Nações Unidas dever acontecer durante a COP 26, e o posicionamento do Brasil frente aos clamores dos signatários do acordo do clima pode mudar e o negacionismo de outrora frente a valoração dos serviços ambientais em especial a valoração da permissão de emissões deve estimular a mudança de postura.

Vale lembrar que até o presente momento, os cientistas não descobriram uma fórmula de baixo custo para a descarbonização e o plantio de árvores e preservação das existentes continua sendo a forma de menor custo para a fixação de carbono.

A adoção de tecnologias mais limpas, em especial os sistemas produtivos de integração lavoura pecuária floresta e silvopastoril devem ser estimulados, uma vez que a tecnologia é 100% nacional (Alves, 2020), e mercedores de incentivos não somente fiscais. Além disso, a chancelaria por meio de selo de qualidade, semelhante ao desenvolvido pela EMBRAPA com a “Carne Carbono Neutro” deve ser ratificada e posta em destaque no cenário nacional e internacional.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. G. 2015. **Emissão de gases de efeito estufa em Sistemas de Integração Lavoura - Pecuária – Floresta**. p. 97 a 116. Sistema Agroflorestais – A Agropecuária Sustentável. Embrapa. Brasília, DF, Brasil.

ALVES, F. V. **Lançada em parceria com Embrapa primeira linha de carne carbono neutro**. Canal Rural. Disponível em: < <https://www.canalrural.com.br/noticias/pecuaria/embrapa-carne-carbono-neutro/> >. Acesso em: 01 set. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA EXPORTADORA DE CARNE - ABIEC. 2020. **Beef Report Perfil da Pecuária no Brasil 2020**. Disponível em: < <http://www.abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2020> >. Acesso em: 03 ago. 2020.

BEZERRA, M. O. Estado da Arte sobre Mercados de Carbono - Contratos Futuros e Contratos de Opções – Evoluções e Diretrizes. XLIII CONGRESSO DA SOBER “Instituições, Eficiência, Gestão e Contratos no Sistema Agroindustrial” 2005.

BLOOMBERG. Markets Energy Crude Oil & Natural Gas Brent Crude. [L. P.]. Bloomberg Company US, 2016. Disponível em: <<https://www.bloomberg.com/quote/CO1:COM>>. Acessado em: 18 de mar. 2016.

BLOOMBERG. Markets Energy Emissions. [L. P.]. Bloomberg Company US, 2016. Disponível em: < <https://www.bloomberg.com/quote/MO1:COM> >. Acessado em: 18 de mar. 2016.

DUSCHESNE, T. RÉMILARD, B. MARCOTTE, O. **Septième atelier de résolution de problèmes industriels de Montréal**. Comptes rends, 2016. 84 p.

FREITAS, S. M. **(Des)acordo de Paris: os velhos “novos rumos” das negociações do Clima?**. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/LerTexto.php?codTexto=14230>>. Acessado em: 27 de jan. 2018.

HAIRSTON, A. S. BROOKS, R. M. **Derivative accounting and financial reporting quality: A review of the Literature**. Advances in Accounting. Elsevier, 2019. p 81 a 94.

JORION, P. **VALUE AT RISK: The New Benchmark for Managing Financial Risk**. MacGraw-Hill, 2007. 820 p.

KHALILI, A. E. **Commodities ambientais em missão de paz: novo modelo econômico para a América Latina e o Caribe**. Disponível em: <<https://www.ecodebate.com.br/wp-content/uploads/2018/06/20180611-180611commodities-ambientais-ebook.pdf> >. Acessado em 11 de jun. 2018.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES [MCTIC]. 2018. MCTI lança a 4ª edição das Estimativas Anuais de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil. Disponível em: <<http://sirene.mcti.gov.br/documents/1686653/1706227/Infogra%CC%81fico+-+Estimativas+V8+FINAL.pdf/bf7fd8c3-245e-4b55-a8c4-ab6718349585>>. Acesso em: 04 de ago. de 2018.

NAIR, P.K.R. (ed.) **Agroforestry systems in the tropics**. Kluwer: Dordrecht, 664 p. 1989.

NICODEMO, M. L. F.; MELOTTO, M. A. 2015. **10 anos de pesquisa em Sistemas Agroflorestais em Mato Grosso do Sul**. p. 3 a 27. Sistema Agroflorestais – A Agropecuária Sustentável. Embrapa. Brasília/DF.

VERGARA, S. C. **Métodos de Coleta de Dados no Campo**. 1 ed. Atlas. São Paulo. 2009.

WIDONSCK, C. A. 2009. Conceitos de derivativos – soja. p. 127 a 172. **Agronegócio no Brasil: uma perspectiva financeira**. 1ed. Sant Paul. São Paulo, SP, Brasil.