

Emissão de gases do efeito estufa no Brasil: análise de curto e longo prazo

Greenhouse gas emissions in Brazil: short and long term analysis

Táise Fátima Mattei¹, Marina Silva da Cunha²

RESUMO: A discussão sobre emissões de gases do efeito estufa e alterações no sistema global são temas frequentemente debatidos pela literatura nacional e internacional. Assim, este artigo tem por objetivo examinar os determinantes das emissões líquidas de gases do efeito estufa no Brasil, para o período de 1990 até 2017, inserindo variáveis até então não consideradas. Utilizou-se a abordagem para séries temporais e os elementos analisados foram população, PIB *per capita*, rebanho de bovinos e frota de veículos. Primeiramente, os testes de raiz unitária revelaram que as variáveis são integradas de ordem (I(1)). Os resultados posteriores indicaram haver cointegração, sendo, portanto, estimado um modelo VEC. O modelo VEC revelou não haver relacionamento de curto prazo entre as variáveis, mas no longo prazo, o aumento de 1% no rebanho de bovinos aumentou as emissões líquidas de gases do efeito estufa em 4,41% no período, já o aumento de 1% na frota de veículos reduziu as emissões em 2,62%. Embora o efeito negativo da frota de veículos foi contrário ao esperado, afirmou-se que a redução das emissões superou o efeito do tamanho da frota no período devido ao período relativamente curto de análise, a situação econômica de crise recente e a introdução da injeção eletrônica e catalisador de três vias nos veículos. Mesmo assim as evidências alertam para a necessidade de políticas econômicas e energéticas de longo prazo no Brasil.

Palavras-chave: Cointegração. Rebanho. Séries temporais. Veículos.

ABSTRACT: The discussion about greenhouse gas emissions and changes in the global system are themes frequently debated by national and international literature. Thus, this article sought to examine the determinants of net emissions of greenhouse gases in Brazil, for the period from 1990 to 2017, inserting variables not considered until then. The time series approach was used and the elements analyzed were population, GDP *per capita*, cattle herd and vehicle fleet. First, the unit root tests revealed that the variables are integrated in order (I (1)). Subsequent results indicated that there was cointegration, and therefore a VEC model was estimated. The VEC model revealed that there was no short-term relationship between the variables, but in the long term, the 1% increase in the herd of cattle increased net greenhouse gas emissions by 4.41% in the period, whereas the increase of 1 % in the vehicle fleet reduced emissions by 2.62%. Although the negative effect of the vehicle fleet was contrary to expectations, it was stated that the reduction in emissions outweighed the effect of fleet size in the period due to the relatively short period of analysis, the recent economic crisis and the introduction of electronic injection and three-way catalytic converter in vehicles. Even so, the evidence points to the need for long-term economic and energy policies in Brazil.

Keywords: Cointegration. Herd. Time series. Vehicles.

Autor correspondente:

Táise Fátima Mattei: taise_mattei_slo@hotmail.com

Recebido em: 05/06/2020

Aceito em: 19/09/2020

INTRODUÇÃO

O crescimento e desenvolvimento econômico são preocupações de todos os países, devido a busca das pessoas para conseguirem mais acesso à renda e melhorarem as suas condições de vida. Entretanto, para atingir esses objetivos os países enfrentam paradoxos quando se fala da preocupação ambiental. O crescimento econômico exige grande aumento dos níveis de poluição, derrubada de matas e florestas, exploração do uso do solo, urbanização, entre outros. A expansão econômica pode esgotar os recursos naturais e prejudicar a qualidade de vida das pessoas. O Brasil, por ser um país subdesenvolvido e necessitar de muitos investimentos e utilização de recursos, pode ser ainda mais complicada a gestão adequada do meio ambiente. Nesse sentido, é preciso haver equilíbrio entre expandir e preservar o meio ambiente para garantir condições de vida para as gerações futuras. Produzir, gerar riquezas e desenvolvimento

¹ Docente substituta no Instituto Federal do Paraná (IFPR), Câmpus de Palmas (PR), Brasil.

² Professora Titular da Universidade Estadual de Maringá e docente permanente do Programa de Pós-graduação em Ciências Econômicas (PCE/UEM), Maringá (PR), Brasil.

com atividades que consigam minimizar os efeitos perversos sobre a natureza é um desafio para todos os países (JOO; KIM; YOO, 2015; BALOGH; JÁMBOR, 2017).

Um dos temas mais discutidos quando o assunto é preocupação ambiental é o efeito estufa. Este fenômeno é natural e tem sido associado com o maior aquecimento do planeta e distorções climáticas, causadas devido à maior emissão desses gases na atmosfera. Os principais gases que contribuem para o efeito estufa são dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O). Estes são liberados do processo de queima de combustíveis fósseis, da intensa industrialização e urbanização, das queimadas, das atividades de uso do solo, fertilizantes e da pecuária e agricultura (LIMA *et al.*, 2001; MOLION, 2008).

O Brasil, no ano de 2017, foi o sétimo maior emissor de gases do efeito estufa, ficando atrás da China, EUA, países da União Europeia, Índia, Indonésia e Rússia. As emissões do Brasil neste ano representaram 3,4% das emissões mundiais, embora venham diminuindo ao longo do tempo. O agronegócio brasileiro foi responsável por 71% das emissões, seguido do setor industrial e de transportes. Os Estados que mais emitiram poluentes foram Pará, Mato Grosso, Minas Gerais e São Paulo. Além disso, o Brasil em 2017 já estava no limite da cota de emissões estipulada em 2009 para ser atingida até 2020 (SEEG, 2018).

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é investigar as relações de curto e longo prazo de alguns elementos em relação às emissões líquidas *per capita* de gases do efeito estufa e estabelecer relações entre elas utilizando o instrumental de cointegração e vetor de correção de erros. As variáveis testadas serão o PIB *per capita*, a população, a frota de veículos e o rebanho de bovinos. Estas foram escolhidas por serem variáveis importantes, mas que ainda não foram consideradas pela literatura, especialmente a frota de veículos e o rebanho de bovinos. O período analisado é de 1990 a 2017 devido a disponibilidade de dados e será utilizado um caso específico para análise, o Brasil.

Embora o PIB, a renda e a população sejam tradicionalmente testados pela literatura, este trabalho procurar inovar e testar os efeitos da frota de veículos e quantidade de bovinos nas emissões totais líquidas *per capita* dos três principais gases causadores do efeito estufa.

Apesar de este assunto estar na agenda das pesquisas internacionais e existir uma vasta gama de pesquisas que abordem os determinantes e relações das emissões de gases poluentes, a literatura nacional brasileira³ ainda é incipiente. Muitos trabalhos analisam apenas qualitativamente essa relação, não demonstrando interação principalmente de longo prazo. Apenas o trabalho de Silva *et al.* (2015) abordou os determinantes das emissões de CO_2 considerando o Brasil, em seu estudo para a América Latina. Entretanto, esse trabalho utilizou dados até 2010 e não contemplou as variáveis de rebanho e frota de veículos, novidade deste estudo. Além disso, a maioria dos trabalhos na literatura internacional analisa os determinantes apenas das emissões de dióxido de carbono (CO_2), deixando de lado os outros gases que também são causadores do efeito estufa, como o metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O). Dessa forma, o estudo pretende analisar os determinantes e as relações de curto e longo prazo das emissões líquidas dos três principais gases do efeito estufa: dióxido de carbono, metano e óxido nitroso. Não bastando, também se pretende com este artigo informar os analistas e formuladores de políticas públicas, para que repensem e planejem o desenvolvimento brasileiro baseado também na sustentabilidade ambiental.

Além desta introdução, na seção 2 são discutidas as causas e consequências das emissões de gases do efeito estufa. A abordagem de séries temporais empregada e os resultados das estimativas de curto e longo prazo são apresentadas e discutidas nas seções 3 e 4, respectivamente. Para finalizar, a seção 5 faz as considerações finais da pesquisa.

³ As autoras se referem aqui à literatura publicada nacionalmente, em periódicos brasileiros, mas também foi pesquisado em periódicos internacionais sobre a existência de trabalhos utilizando as variáveis rebanho de bovinos e frota de veículos com esta abordagem.

2 GASES DO EFEITO ESTUFA: CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS

Segundo a literatura, há evidências de que o clima na terra aumentou nos últimos anos. Molion (2008) relata que o aquecimento foi em média de 0,7°C nos últimos 150 anos. Para Kuznetsova (2018), a temperatura global aumentou aproximadamente 0,5°C a cada 100 anos desde 1800. O estudo de Bâki Iz (2018) afirmou com significância estatística uma aceleração do aumento da temperatura global durante o século XX e o trabalho de Kalkuhl e Wenz (2020) estimou que um aumento na temperatura média da superfície global em cerca de 3,5°C até o final do século reduziria a produção global entre 7–14% em 2100, com danos ainda maiores nas regiões tropicais e pobres.

Entretanto, não há consenso sobre as causas desse aquecimento, se de ordem natural ou causadas por ação do homem. O principal elemento associado ao aquecimento do planeta é o denominado efeito estufa. O sol é a principal fonte de energia da terra, que emite raios denominados de radiação eletromagnética. A quantidade de energia emitida pelo sol que entra no planeta depende das nuvens, das partículas do ar, das florestas, dos oceanos, lagos, gelo e neve. Grande parte da energia solar, no entanto, é refletida de volta para o espaço, porém, o que não é refletido é absorvido pela superfície. Na terra existem gases como o vapor de água (H₂O), dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), ozônio (O₃), e óxido nitroso (N₂O) que acabam absorvendo a energia que entra na superfície. Esses gases, por sua vez, emitem a radiação absorvida em todas as direções, inclusive para a superfície e para o espaço exterior, o que gera o efeito estufa. A presença e ação desses gases são consideradas um fenômeno natural do planeta, responsável por permitir condições de sobrevivência às espécies. No entanto, o aumento desordenado desses gases acaba por elevar muito a absorção e radiação dos raios solares, causando maior aquecimento do planeta (MOLION, 2008).

Embora o gás mais presente na terra seja o vapor de água, o gás carbônico é o mais preocupante, pois é o que permanece mais tempo na superfície. Segundo Balogh e Jámbor (2017), a concentração de gases do efeito estufa vem aumentando significativamente, principalmente desde a Revolução Industrial, e a emissão de CO₂ aumentou cerca de 40% em relação aos períodos anteriores. Já nos países da América Latina, a emissão de CO₂ cresceu no período pós-industrialização, principalmente após a década de 1970.

As principais atividades emissoras de gases poluentes são a queima de combustíveis fósseis, a produção de energia, as queimadas e o desmatamento, os aterros sanitários, as atividades industriais e o uso da terra (MOLION, 2008). Lima *et al.* (2001) afirmam que várias atividades agrícolas também têm influência na emissão de gases do efeito estufa. Dentre elas pode-se citar o cultivo de arroz irrigado por inundação, a queima de resíduos agrícolas, o processo de fermentação digestiva da pecuária ruminante e os dejetos desta, e o uso agrícola dos solos. O principal gás liberado pela agricultura e pecuária é o metano. O metano é produzido no solo pela decomposição anaeróbica de substâncias orgânicas por meio da ação de micro-organismos que necessitam de certas condições para crescer, condições estas favoráveis encontradas em solos cultivados com arroz inundado. A queima de resíduos agrícolas, por exemplo, da cana e algodão, libera óxido nitroso (N₂O), óxido de nitrogênio (NO_x), monóxido de carbono (CO) e metano (CH₄). O manejo dos solos agrícolas, por sua vez, contribui para emissão de gases como o óxido nitroso devido, principalmente, ao uso dos fertilizantes sintéticos e adubos químicos nitrogenados.

As consequências do aumento da concentração de gases do efeito estufa são inúmeras. Dentre as mais imediatas estão as mudanças climáticas, com o aumento da temperatura média e irregularidade no regime de chuvas. Em longo prazo, o aquecimento global pode levar ao derretimento das geleiras e destruição de regiões costeiras. Segundo Joo, Kim, e Yoo (2015), o derretimento das geleiras poderá causar uma série de impactos dentre eles a subida do nível do mar e consequências adversas para os peixes e para a produção agrícola e florestal.

A preocupação com os efeitos da poluição e aquecimento global inseriram-se na agenda mundial de maneira mais efetiva em 1992. Nesta oportunidade foi assinado o primeiro acordo internacional com o objetivo de reduzir a

poluição ambiental. Depois em 1997 o Protocolo de Kyoto adotou metas da redução das emissões de gases do efeito estufa para os países desenvolvidos (BALOGH; JÁMBOR, 2017).

Em 2002, em Johannesburgo na África do Sul, foi realizada a Cúpula Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável, que ficou conhecida como Rio+10. Os países naquela ocasião reafirmaram a questão do desenvolvimento sustentável e conservação de recursos naturais renováveis. Depois em 2012, na cidade do Rio de Janeiro no Brasil, vários países se reuniram na Conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável, conhecida como Rio+20. Nesta os países avaliaram os resultados a partir de 1992, na Rio-92, e estabeleceram novas metas para o desenvolvimento sustentável (EISSEN *et al.*, 2002; GUIMARÃES; FONTOURA, 2012). Já em 2015 o Acordo de Paris estabeleceu o controle das emissões de gases de efeito estufa com o objetivo de manter o crescimento da temperatura média global abaixo de 2°C (BALOGH; JÁMBOR, 2017).

Apesar de o fenômeno do efeito estufa ser um processo natural e responsável por manter a temperatura do planeta permitindo a vida das espécies, o aumento da poluição e emissão de gases poluentes vem acelerando esse processo. Muitas são as consequências adversas do aquecimento global, por isso esse tema deve estar sempre na agenda das políticas públicas e na preocupação social.

3 METODOLOGIA

3.1 DADOS E MODELAGEM

Para atender aos objetivos propostos e verificar o impacto de algumas variáveis nas emissões líquidas de gases do efeito estufa (GEE), o modelo sugerido é fornecido pela Equação 1:

$$GEEpc = f(PIBpc, pop, rebanho, frota) \quad (1)$$

Assim, tem-se que *GEEpc* indica as emissões líquidas *per capita* de três principais gases do efeito estufa, dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O)). As emissões líquidas descontam as remoções das áreas protegidas e são medidas em toneladas, equivalente de CO₂ (tCO₂e). *PIB per capita* representa o Produto Interno Bruto *per capita* brasileiro a preços de mercado de 2010; *pop* se refere à população total residente; *rebanho* indica o efetivo de bovinos; e *frota* mensura a frota de veículos automotores no período de estudo. Todas as variáveis empregadas foram transformadas em escala logarítmica.

Os dados foram coletados de diferentes fontes para o período anual de 1990 a 2017. As emissões líquidas dos gases do efeito estufa foram obtidas do SGEE- Sistema de Estimativa da Emissão de Gases do Efeito Estufa. Dados referentes à população residente, PIB e rebanho do IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. E os dados de frota de veículos do IBGE e do DENATRAN- Departamento Nacional de Trânsito.

3.2 ANÁLISE DE SÉRIES TEMPORAIS

Inicialmente foram identificadas as ordens de integração de cada série utilizada no estudo. Os testes de raiz unitária realizados neste trabalho foram Dickey-Fuller, Dickey-Fuller Aumentado, Phillips Perron e ADF-GLS.

Após a identificação da ordem de integração das séries temporais, deu-se início aos testes de cointegração. Quando duas séries (ou mais) são integradas de ordem I(1), pode haver um que produza resíduos integrados de

ordem $I(0)$, ou seja, estacionários. Isso significa que as séries cointegradas se movem juntas na mesma proporção. Quando isso acontece, é possível diferenciar uma relação de longo prazo entre as variáveis, a maneira pela qual as variáveis se deslocam juntas, e a dinâmica de curto prazo, a relação entre desvios da variável dependente de seu longo prazo. Os testes de cointegração utilizados foram de Johansen e Engle e Granger (GREENE, 2012).

Quando as variáveis apresentam relação de cointegração, realizar a diferenciação se torna inviável, pois apagaria a relação de longo prazo entre elas. Sendo assim, quando as variáveis são cointegradas, a técnica aplicada é a estimação do vetor de correção de erros (VEC), que se preocupa com estimações que mantenham as relações de longo prazo das variáveis (GREENE, 2012). Segundo Ang (2007), um modelo VEC permite reintroduzir a informação perdida no processo de diferenciação, permitindo o equilíbrio a longo prazo e a dinâmica de curto prazo⁴.

O relacionamento estável de longo prazo da equação de interesse é expresso pela Equação 2:

$$\Delta GEEpc_t = \beta_0 + \beta_1 PIBpc_t + \beta_2 pop_t + \beta_3 rebanho_t + \beta_4 frotaveic_t + \varepsilon_t \quad (2)$$

Os parâmetros $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ e β_4 são as elasticidades de longo prazo das emissões líquidas de gases do efeito estufa em relação ao PIB *per capita*, população, rebanho e frota, respectivamente, já que as variáveis são utilizadas em logaritmo natural.

O número de vetores de cointegração que existe no equilíbrio é denominado de grau de cointegração. O grau de cointegração pode variar de 1 a $M - 1$ (GREENE, 2012). Conforme sugerido por Zhou, Wang e Feng (2018), caso haja relação de cointegração, será considerado o *rank* que apresentar o maior autovalor, normalmente o *rank* 1, permitindo a existência de um vetor de cointegração de longo prazo.

Após a identificação da cointegração e estimação do modelo VEC, é testada a boa especificação do modelo. Os testes realizados são de autocorrelação e normalidade dos resíduos, e estabilidade de longo prazo. Os testes de autocorrelação baseiam-se no multiplicador de Lagrange e os de normalidade na estatística de Jarque-Bera e Skewness. O teste de estabilidade busca verificar a condição de estabilidade do autovalor.

Os procedimentos se resumem a: primeiramente é testada a estacionariedade das variáveis em nível pelos testes de Dickey-Fuller, Dickey-Fuller aumentado, Phillips-Perron e ADF-GLS. Caso não sejam estacionárias, verifica-se o grau de integração. Se forem integradas de ordem $I(1)$, testa-se a cointegração pelos testes de Johansen e Engle e Granger. A partir da identificação da cointegração, estima-se um modelo VEC, testam-se os pressupostos de autocorrelação dos resíduos, normalidade e estabilidade, e analisam-se as relações de curto e longo prazo entre as variáveis.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção são apresentados os resultados das inferências sobre as relações de curto e longo prazo entre as variáveis estudadas.

4.1 TESTES DE RAIZ UNITÁRIA E COINTEGRAÇÃO

O primeiro passo na utilização de séries temporais é a realização dos testes de raiz unitária para verificar a estacionariedade das variáveis. A Tabela 1 apresenta vários testes de diferentes especificações para as variáveis em nível. O primeiro teste é de Dickey-Fuller, o segundo é Dickey-Fuller aumentado, que leva em conta o *lag* nas séries,

⁴ As equações que apresentam as relações de curto prazo não foram apresentadas em função do espaço, mas podem ser obtidas em contato com as autoras.

e o terceiro teste é de Phillips-Perron. Esses três permitem especificar as séries com ou sem tendência e termo constante. O último teste é ADF-GLS, que indica o melhor lag e analisa três critérios diferentes para testar a raiz unitária das variáveis.

Pela análise da Tabela 1 é possível afirmar que as séries não são estacionárias em nível. Sendo assim, testam-se as variáveis nas primeiras diferenças, apresentado na Tabela 2. Para os três primeiros testes, as especificações de deslocamento e tendência e apenas deslocamento informam o nível de significância, já no passeio aleatório é apresentada a estatística do teste. Todos os três critérios no ADF-GLS apresentam o valor da estatística do teste. As várias especificações e testes diferentes da Tabela 2 indicam que as séries se tornam estacionárias nas primeiras diferenças, indicando que são integradas de ordem I (1).

Tabela 1. Testes de raiz unitária das variáveis em nível

Variável	Dickey-Fuller			Augmented Dickey-Fuller (ADF)			Phillips-Perron			ADF-GLS		
	Deslocamento e tendência (p-value Z(t))	Deslocamento (p-value Z(t))	Passeio aleatório (value Z(t))	Deslocamento e tendência (p-value Z(t))	Deslocamento (p-value Z(t))	Passeio aleatório (value Z(t))	Deslocamento e tendência (p-value Z(t))	Deslocamento (p-value Z(t))	Passeio aleatório (value Z(t))	OptLag/p-value	SC Lag/p-value	MAIC Lag/p-value
ln emissão líquida de gases per capita ¹	0.5368	0.7817	-0.969	0.4058	0.8398	-0.810	0.5354	0.7874	-0.988	0	1	1
				Lags:	1		Lags:	1			-1.883	-1.883
ln população residente ¹	0.9717	0.0000	12.699	0.8505	0.0000	2.787	0.9774	0.0000	10.772	1	1	1
				Lags:	1		Lags:	1		-0.345	-0.345	-0.345
ln PIB per capita	0.9080	0.8222	2.084	0.8146	0.4627	1.707	0.7556	0.8059	1.741	3	1	1
				Lags:	2		Lags:	2		-2.882**	-1.751	-1.751
ln frota de veículos ¹	0.8584	0.9066	9.344	0.7974	0.9709	4.096	0.8326	0.9069	9.140	5	2	1
				Lags:	1		Lags:	1		-3.651**	-2.333	-1.692
ln rebanho bovinos	0.9785	0.4884	3.658	0.8785	0.5986	1.334	0.9131	0.5772	2.781	1	1	1
				Lags:	2		Lags:	2		-1.720	-1.720	-1.720

Fonte: Elaboração própria.¹Apresentou problema de autocorrelação dos resíduos. H0: raiz unitária, não é estacionária. O número máximo de lag para DF-GLS foi 5. *, ** e *** indicam nível de significância de 10%, 5% e 1%, respectivamente.

Tabela 2. Testes de raiz unitária das variáveis nas primeiras diferenças

Variável	Dickey-Fuller			Augmented Dickey-Fuller (ADF)			Phillips-Perron			ADF-GLS		
	Deslocamento e tendência (p-value Z(t))	Deslocamento (p-value Z(t))	Passeio aleatório (value Z(t))	Deslocamento e tendência (p-value Z(t))	Deslocamento (p-value Z(t))	Passeio aleatório (value Z(t))	Deslocamento e tendência (p-value Z(t))	Deslocamento (p-value Z(t))	Passeio aleatório (value Z(t))	OptLag/p-value	SC Lag/p-value	MAIC Lag/p-value
Δln emissão líquida de gases per capita ¹	0.0000	0.0000	-5.381***	0.0000	0.0000	-5.381***	0.0000	0.0000	-5.381***	0	1	4
				Lags:	0		Lags:	0			-3.749**	-1.830
Δln população residente	0.0000	0.0240	-1.193*	0.0688	0.5083	-1.578	0.0000	0.0264	-0.939	0	1	1
				Lags:	2		Lags:	2			-3.233*	-3.233*
Δln PIB per capita ¹	0.0278	0.0049	-3.280***	0.1001	0.0300	-2.420**	0.0306	0.0053	-3.247***	4	1	2
				Lags:	1		Lags:	1		-2.234	-2.119	-1.217
Δln Frota de veículos ¹	0.0004	0.0000	-2.191**	0.0004	0.0000	-2.191**	0.0004	0.0000	-2.191**	5	1	1
				Lags:	0		Lags:	0		-2.012	-1.924	-1.924
Δln rebanho bovinos ¹	0.2071	0.0742	-2.420**	0.2847	0.1359	-2.007**	0.1800	0.0633	-2.438**	0	1	2
				Lags:	1		Lags:	1			-2.909	-3.391**

Fonte: Elaboração própria.¹Apresentou problema de autocorrelação dos resíduos. H0: raiz unitária, não é estacionária. Δ indica as primeiras diferenças. O número máximo de lag para DF-GLS foi 5. *, ** e *** indicam nível de significância de 10%, 5% e 1%, respectivamente.

Após a identificação da ordem de integração e de que as variáveis compartilham as mesmas propriedades de integração, parte-se para os testes de cointegração, apresentados nas Tabelas 3. A escolha do lag ótimo foi baseado nos critérios AIC, HQIC, e SBIC.

Tabela 3. Testes de cointegração de Johansen e de Engle e Granger

Teste de cointegração de Johansen							
H0: rank ≤ (r)	Eigen values (lambda)	Max-lambda statistics (rank ≤ (r+1))	Trace statistics (rank ≤ (p=7))	Valores críticos			
				Max-lambda		Trace	
				99%	95%	99%	95%
r=0	0,94327	71,7372	167,7299	38.77	33.46	76.07	68.52
r=1	0,88804	54,7402	95,9927	32.24	27.07	54.46	47.21
r=2	0,5516	20,0516	41,2525	25.52	20.97	35.65	29.68
r=3	0,46578	15,6735	21,2009	18.63	14.07	20.04	15.41
r=4	0,19836	5,5275	5,5275	6.65	3.76	6.65	3.76

Teste de cointegração de Engle e Granger					
Test Statistic			Valores críticos		
			1%	5%	10%
Z(t)		-2,81	-5.830	-4.952	-4.535

D._egresid	Coefficient	Std. Err.	t	P>t
_egresid L1.	-1,071599	0.381411	-2,81	0.011

Fonte: Elaboração própria. Teste realizado para o modelo com as variáveis em ln e nível. Critérios AIC, HQIC, e SBIC indicaram 3 lags.

A primeira parte da Tabela 3 apresenta o teste de Johansen em que são analisados o traço estatístico e o máximo autovalor para o modelo conjunto das variáveis. Pelos dois indicadores é possível rejeitar a hipótese $r=0$ de que não há nenhum vetor de cointegração, dado que as duas estatísticas superaram seus valores críticos com nível de significância de 1 e 5%, respectivamente.

A segunda parte da Tabela 3, por sua vez, apresenta o teste de cointegração de Engle e Granger para as variáveis em conjunto. É possível verificar que os resíduos defasados são estatisticamente significativos, indicando que existe cointegração entre as variáveis.

Depois de identificar que as variáveis são cointegradas, testa-se o *rank* de cointegração. A Tabela 4 apresenta três testes diferentes.

Tabela 4. Testes de identificação do Rank de cointegração

A-Test rank Trace Statistic					
Rank	LL	Eigenvalue	Trace statistic	Critical value 1%**	Critical value 5%*
0	323,5336		167,73	76.07	68.52
1	359,4022	0,9433	95,99	54.46	47.21
2	386,7723	0,8880	41,25	35.65	29.68
3	396,7981	0,5516	21,20	20.04	15.41
4	404,6348	0,4658	5,53* **	6.65	3.76
5	407,3985	0,1984			
B-Test rank Maximum-Eigenvalue statistic					
Rank	LL	Eigenvalue	Max statistic	Critical value 1%**	Critical value 5%*
0	323,5336		71,74	38.77	33.46
1	359,4022	0,9433	54,74	32.24	27.07
2	386,7723	0,8880	20,05* **	25.52	20.97
3	396,7981	0,5516	15,67	18.63	14.07
4	404,6348	0,4658	5,53	6.65	3.76
5	407,3985	0,1984	71,74	38.77	33.46
C-Test rank information criteria					
Rank	LL	Eigenvalue	SBIC	HQIC	AIC
0	323,5336		-18,80	-20,74	-21,48
1	359,4022	0,9433	-20,51	-22,77	-23,63
2	386,7723	0,8880	-21,80	-24,30	-25,26
3	396,7981	0,5516	-21,96	-24,64	-25,66
4	404,6348	0,4658	-22,20*	-24,98*	-26,05
5	407,3985	0,1984	-22,29	-25,11	-26,19

Teste realizado para o modelo com as variáveis em ln e nível. Critérios AIC, HQIC, e SBIC indicaram 3 lags.

Fonte: Elaboração própria.

O painel A indica um teste baseado no traço estatístico, o painel B no máximo autovalor, e o painel C baseado nos critérios de informação. Conclui-se que há quatro vetores de cointegração. No entanto, conforme Zhou, Wang e Feng (2018), escolheu-se o vetor com o maior autovalor para a estimação do modelo de correção de erros, ou seja, o vetor 1.

Identificado que as variáveis possuem relação de cointegração, a próxima seção apresenta a modelagem de correção de erros (VEC), analisando as relações de curto e longo prazo.

4.2 ANÁLISE DE CURTO E LONGO PRAZO

Nesta seção são apresentados os resultados da estimação do modelo VEC. A Tabela 5 apresenta os parâmetros de curto prazo do modelo. Embora o modelo VEC, assim como o modelo VAR, considere todas as variáveis como endógenas e estime parâmetros para todas elas, é apresentada apenas a equação para a variável dependente de interesse, a emissão líquida dos gases do efeito estufa.

Tabela 5. Análise VEC de curto prazo

Variável	Coef.	Std. Err.	Z	P>z	[95% Conf. Interval]	
D_ ln emissões <i>per capita</i>						
_ce1 (termo de correção de erro- ECT)						
L1.	-0,6886	0,3411	-2,02	0,044	-1,3571	-0,0200
Ln emissões <i>per capita</i>						
LD.	0,3484	0,3421	1,02	0,309	-0,3222	1,0189
L2D.	0,1448	0,3154	0,46	0,646	-0,4734	0,7630
Ln população						
LD.	-13,3109	12,2374	-1,09	0,277	-3,7296	1,0674
L2D.	-21,1972	16,2807	-1,3	0,193	-5,3107	1,0712
Ln PIB <i>per capita</i>						
LD.	-2,1872	2,1890	-1	0,318	-6,4775	2,1030
L2D.	-0,7160	2,2444	-0,32	0,750	-5,1150	3,6830
Ln rebanho bovinos						
LD.	-1,7548	3,4453	-0,51	0,611	-8,5075	4,9979
L2D.	-2,4632	3,2892	-0,75	0,454	-8,9099	3,9836
Ln frota veículos						
LD.	-2,3533	2,0545	-1,15	0,252	-6,3801	1,6735
L2D.	-2,9820	1,7121	-1,74	0,082	-6,3377	0,3737
Constant						
_cons	0,0032722	0,2788793	0,01	0,991	-0,5433	0,5499
n=25		RMSE= 0,216631		R-sq= 0,4078		

Critérios AIC, HQIC, e SBIC indicaram 3 lags e usado 1 rank de cointegração.

Fonte: Elaboração própria.

Nesta Tabela 5, o termo de correção de erro (ECT) mede a relação de equilíbrio de longo prazo e os coeficientes das variáveis defasadas indicam a dinâmica de curto prazo. A significância estatística e o sinal negativo do ECT fornecem evidências de um mecanismo de correção de erros que direciona as variáveis de volta ao seu relacionamento de longo prazo. Desta forma, quando a dinâmica de curto prazo do modelo se desvia do equilíbrio de longo prazo, as emissões do próximo período recebem um ajuste reverso que trarão de volta para o equilíbrio. Se o coeficiente for -1 e significativo, o desvio do equilíbrio será corrigido no ano seguinte (ANG, 2007). A velocidade desse ajustamento no modelo é de 68,86% ao ano, isto é, levará mais do que 1,5 anos para o mecanismo de ajuste.

É possível verificar que a dinâmica de curto prazo das emissões líquidas dos gases do efeito estufa não é afetada pelas variáveis especificadas, já que os coeficientes não foram estatisticamente significativos. Isso significa que no curto prazo essas variáveis não fornecem impacto nas emissões líquidas de gases do efeito estufa. A falta de relacionamento de curto prazo entre as variáveis e emissão líquida dos gases pode ser atribuída ao período relativamente curto de análise.

A Tabela 6 relata o vetor de cointegração de longo prazo, mais uma vez com o coeficiente de ECT, a velocidade de ajuste (α). É possível verificar que embora população e PIB *per capita* apresentaram relação positiva com as

emissões de gases, elas não foram estatisticamente significativas. No entanto, rebanho de bovinos esteve positivamente associado com as emissões e frota de veículos negativamente, ambos com significância estatística.

Tabela 6. Análise VEC de longo prazo - Vetor de cointegração

Beta	Coef.	Std. Err.	z	P>z
Ln emissões <i>per capita</i>				
Ln população	0,56534	1,0134	0,56	0,5770
Ln PIB <i>per capita</i>	0,45677	0,7763	0,59	0,5560
Ln rebanho	4,41447	0,4978	8,87	0,0000
Ln frota veículos	-2,62064	0,3462	-7,57	0,0000
_cons	-49,93428			
(ECT)	-0,6886	0,3411	-2,02	0,044

Critérios AIC, HQIC, e SBIC indicaram 3 lags e usado 1 rank de cointegração.

Fonte: Elaboração própria.

Os coeficientes do vetor de cointegração indicam a elasticidade de longo prazo das variáveis. Desse modo, é possível identificar que o aumento de 1% no rebanho de bovinos aumentou as emissões líquidas de gases do efeito estufa em 4,41% no período, já um aumento de 1% na frota de veículos reduziu as emissões de gases do efeito estufa em 2,62%. O fator de ajustamento, estatisticamente significativo e negativo, indicou que o desvio de equilíbrio de longo prazo tem um impacto significativo no crescimento das emissões dos gases e a velocidade de ajustamento é de 68,86% ao ano.

O fato da não significância estatística da população e PIB *per capita* pode ser justificado pela série de dados ser relativamente curta para captar esses efeitos de longo prazo, também porque o Brasil vem passando por períodos de baixo crescimento econômico após o ano de 2010, com período de desaceleração da economia. O Brasil também apresenta muitos diferenciais econômicos e heterogeneidades regionais, com níveis de desenvolvimento e estrutura bastante discrepantes, que pode afetar as estimativas agregadas (KLEIN; DE LIMA, 2016; POCHMANN; SILVA, 2020). Além disso, dado que o agronegócio é o setor que mais contribuiu para as emissões de gases poluentes, e o Brasil é grande exportador desses produtos, o PIB agregado pode não conseguir captar essas inter-relações.

Num estudo realizado para o Chile, Joo, Kim, e Yoo (2015) também relataram não encontrar relação de longo prazo do crescimento econômico para as emissões de gases do efeito estufa. Os autores afirmaram que os resultados mistos referentes ao nexos causal do crescimento econômico para as emissões dependem do país, do período e do método de estudo. Sari e Soytas (2009) também não encontraram uma relação de longo prazo entre renda, consumo de energia e emissões de CO₂ na Indonésia, Argélia, Nigéria e Venezuela, e Soytas, Sari e Ewing (2007) descobriram que a renda não tinha relação com emissões de carbono nos Estados Unidos a longo prazo.

O efeito não significativo da população, por outro lado, pode ser explicado pelo baixo poder aquisitivo que de modo geral é uma característica da economia brasileira, influenciando a baixa participação da população em atividades poluidoras, e porque as diferenças entre as faixas etárias podem mascarar esses efeitos. Conforme relatado por Silva *et al.* (2015), espera-se que as faixas etárias de 20 a 34 anos e de 50 a 64 anos tenham um impacto negativo sobre as emissões, pois se supõe que tenham baixo potencial poluidor, mas para as faixas intermediárias destas, espera-se efeito positivo. A primeira faixa etária é composta de pessoas que não possuem poder aquisitivo elevado e majoritariamente de jovens estudantes ou pessoas no início da carreira profissional. Já os da segunda faixa etária são pessoas com baixa

atividade econômica. Não foi possível neste trabalho analisar os efeitos das várias faixas etárias da população devido à indisponibilidade dessas informações para o período mais recente. Porém, pode ser explorado em pesquisas futuras.

É fato que a população brasileira vem sofrendo alterações na sua estrutura etária e vivenciando uma transição demográfica. As taxas de fecundidade e mortalidade diminuíram muito nas últimas décadas. Embora esse fenômeno tenha ocorrido primeiramente em países europeus e de forma mais lenta, no Brasil ele tem ocorrido de forma rápida e em um curto espaço de tempo. A tradicional forma triangular da pirâmide está sendo transformada, de modo que a população vem envelhecendo e diminuindo a proporção de crianças e jovens (BORGES; CAMPOS; SILVA, 2015).

Segundo Borges, Campos e Silva (2015), a proporção de pessoas com menos de 15 anos de idade, que se situava em torno de 30% em 2000, chegará a 17,6% em 2030. A população jovem de 15 a 29 anos de idade tinha participação relativa na população brasileira de 28,2% em 2000, passando para 26,7% em 2010, deve alcançar 21,0% em 2030. A população de 30 a 59 anos de idade em 2000 representava 33,6% da população e deve alcançar 42,7% em 2030. Porém, o segmento que mais aumenta é o de idosos, com taxas de crescimento projetadas de mais de 4% ao ano no período de 2012 a 2022. A população com 60 anos ou mais de idade passou de 14,2 milhões em 2000, para 19,6 milhões em 2010, e deve atingir 41,5 milhões em 2030. Sendo assim, o percentual total de crianças, jovens e idosos superava o de adultos no ano de 2000, indicando que as faixas etárias com menor potencial poluidor superam as com maior potencial, podendo ser uma explicação para a não influência estatisticamente significativa da população brasileira nas emissões de gases poluidores. Assim, a análise agregada acaba perdendo especificidades, de modo que os efeitos podem estar se compensando. Sugere-se que pesquisas futuras analisem as diferenças regionais brasileiras e diferentes faixas etárias para avaliar os efeitos sobre as emissões de gases poluentes.

O efetivo de bovinos, por outro lado, apresentou relação positiva e significativa com as emissões de gases a longo prazo. Esse fato pode ser justificado pela grande importância do agronegócio brasileiro e porque a agricultura e a pecuária contribuem com os maiores percentuais das emissões de gases do efeito estufa no Brasil, segundo a SEEG (2018). Dentre as emissões de gases do efeito estufa da agropecuária brasileira, a maior parte provém da fermentação do processo digestivo do rebanho de bovinos, seguido do cultivo dos solos agrícolas. Dentre os rebanhos bovinos que mais emitem gases, o gado de corte é o mais expressivo (SEEG, 2018). Além disso, em 2017, o Brasil era o segundo no ranking mundial com o maior rebanho de bovinos, atrás da Índia, e líder do ranking com maior exportação dessa carne (IBGE, 2018).

No setor de transportes, as principais fontes de energia associados às emissões de gases do efeito estufa são gasolina, álcool anidro e hidratado e óleo diesel. São substâncias de origem mineral formadas por compostos de carbono, que perduram milhões de anos. A queima destes combustíveis acontece de forma incompleta em máquinas térmicas e veículos automotores, resultando no lançamento de grande quantidade de monóxido e dióxido de carbono. A queima de combustível do motor dos automóveis converte apenas 30% em energia, sendo o restante perdido em forma de calor. Um veículo automotor elimina gases e partículas pelo tubo de escapamento, tubo de vapores através do sistema de alimentação, pelo respiro, juntas e conexões e pelo desgaste de pneus e freios. Devido a isso, o setor de transportes é grande emissor de gases poluentes em todo o mundo, principalmente de CO₂ (DRUMM *et al.*, 2014).

Entretanto, ao contrário do que era esperado, a frota de veículos apresentou relação negativa e significativa com as emissões de gases do efeito estufa no Brasil. Mais uma vez pode ser atribuído ao período relativamente curto de análise e pela situação econômica do período recente. Nos últimos anos se tem observado elevação dos preços de combustíveis brasileiros, e isso pode afetar significativamente o uso de veículos, já que a população de modo geral tem baixo poder de compra.

Além disso, segundo Leite e Leal (2007), desde a década de 1970 o Brasil vem buscando soluções alternativas para o uso de petróleo, e a preocupação com a poluição ambiental e emissão de gases do efeito estufa entraram na esteira crítica, reforçando a utilização de bicomcombustíveis como o etanol. No fim da década de 1990, foram introduzi-

dos no Brasil a injeção eletrônica e o catalisador de três vias nos veículos automotivos. Isso contribuiu para redução expressiva das emissões de poluentes no escapamento dos veículos. Embora a preocupação com a poluição ambiental dos automóveis estava aparentemente resolvida, a utilização do etanol pelo mercado de álcool combustível continuou contribuindo para a sustentabilidade ambiental brasileira⁵. Dessa forma, é possível afirmar que a redução das emissões superou o efeito do tamanho da frota no período.

Para avaliar a boa especificação do modelo VEC, foram realizados os testes de multiplicador de Lagrange para correlação serial, Jarque-Bera e Skewness para a normalidade dos resíduos e condições de estabilidade do modelo. O teste do multiplicador de Lagrange sugeriu não haver evidência de correlação serial nos resíduos na ordem do *lag* escolhida no modelo. Os testes de normalidade de Jarque-Bera e Skewness apontaram para a normalidade dos resíduos e todos os autovalores do teste de estabilidade se encontram dentro do círculo indicando que o modelo é estável⁶.

Os resultados encontrados no presente trabalho levantam um questionamento importante sobre a sustentabilidade ambiental no Brasil. Zotti e Paulino (2009) relataram as exigências que o mercado internacional vem fazendo para garantir a comercialização dos produtos brasileiros, e uma dessas exigências se refere justamente ao comércio de origem animal. Cada vez mais os países importadores estão se preocupando com os benefícios diretos dos alimentos, mas também os indiretos. Os benefícios diretos se referem à qualidade do produto, valor nutritivo e segurança alimentar. Já os benefícios indiretos estão ligados ao bem-estar e preservação do meio ambiente. Dessa forma, a produção brasileira deve se adequar às exigências quanto à conservação do solo e principalmente a redução das emissões de gases do efeito estufa.

Foi verificado que o rebanho brasileiro contribuiu para emissão dos gases do efeito estufa no período, somado ao fato de o Brasil ter um dos maiores rebanhos de bovinos do mundo, e ser o sétimo maior emissor de gases poluentes, é preciso atenção especial para mitigação desses efeitos (SEEG, 2018). Além disso, embora no período não foi possível verificar o efeito da população e do PIB nas emissões, a decomposição da variância indicou que a contribuição desses elementos se elevou no longo prazo.

No que se refere à mitigação das emissões pelo rebanho bovino brasileiro, Zotti e Paulino (2009) apontam que o consumo de alimentos (capins e grãos) e a composição das dietas (açúcares, fibras, amidos, proteínas e lipídeos) são elementos que contribuem para a emissão dos gases. Dessa forma, os autores indicam melhorar o valor nutritivo da alimentação, equilibrar a dieta e fornecer pastagens de melhor qualidade aos rebanhos para reduzir as emissões de gases, principalmente o metano. Além disso, a eficiência produtiva e menor idade para abate diminuem o tempo de desenvolvimento dos animais, levando a menores emissões de poluentes.

O desafio dos países, assim como o Brasil, é gerar capacidade de produção e desenvolvimento com processos que permitam mitigar as emissões de gases poluentes. Nesse sentido, Giovanini, Freitas e Coronel (2013) indicam o papel importante do poder público para criar políticas, leis e instituições que estimulem os agentes a adotar práticas mais sustentáveis. É imprescindível também o papel das universidades para gerar pesquisas e novas tecnologias que sejam capazes de contribuir para a preservação do meio ambiente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho se propôs a analisar as relações de curto e longo prazo entre emissões líquidas *per capita* de três principais gases do efeito estufa com PIB *per capita*, população, frota de veículos e rebanho de bovinos para o Brasil de 1990 a 2017. Apesar de ser um tema bastante discutido na literatura internacional, verificou-se escassez de estudos nacionais que abordam o assunto.

⁵ Segundo o relatório técnico do SINDIPEÇAS (2018), em 2007 mais de 60% da frota de veículos brasileira era composta por automóveis movidos somente à gasolina, e apenas cerca de 18% eram flex. Já em 2017, esse número se inverte. 62,7% passam a ser flex e apenas 26,5% somente movidos à gasolina.

⁶ Esses testes não foram apresentados em função do espaço, mas podem ser obtidos em contatos com as autoras.

Os testes de raiz unitária indicaram que as variáveis não eram estacionárias em nível, mas se tornavam com as primeiras diferenças, sendo, de fato, integradas de ordem I(1). Os testes de cointegração de Johansen e Engle e Granger apontaram para a existência de relacionamento de longo prazo entre as variáveis. A estimação do modelo de correção de erros (VEC) permitiu verificar as relações de curto e longo prazo do modelo. A dinâmica de curto prazo das emissões líquidas dos gases do efeito estufa não foi afetada pelas variáveis especificadas. No entanto, no longo prazo, rebanho de bovinos esteve positivamente associado com as emissões e frota de veículos negativamente, ambos com significância estatística, embora população e PIB não. O aumento de 1% no rebanho de bovinos aumentou as emissões líquidas de gases do efeito estufa em 4,41% no período, já um aumento de 1% na frota de veículos reduziu as emissões de gases do efeito estufa em 2,62%.

A relação positiva entre efetivo de bovinos e emissões pode ser explicada pela grande importância do agronegócio brasileiro e porque a agricultura e a pecuária contribuem com os maiores percentuais das emissões de gases do efeito estufa no Brasil, segundo a SEEG (2018). Em 2017, o Brasil era o segundo no ranking mundial com o maior rebanho de bovinos, atrás da Índia, e líder do ranking com maior exportação dessa carne (IBGE, 2018). Já o relacionamento negativo da frota de veículos com as emissões de gases do efeito estufa foi atribuído ao período relativamente curto de análise, pela situação econômica de crise recente e também pela introdução da injeção eletrônica e catalisador de três vias nos veículos automotivos, que contribuiu para redução expressiva das emissões de poluentes no escapamento dos veículos ao longo dos anos.

O fator de ajustamento indicou que o desvio de equilíbrio de longo prazo teve impacto significativo no crescimento das emissões dos gases e a velocidade de ajustamento foi de 68,86% ao ano. Quando a dinâmica de curto prazo do modelo se desvia do equilíbrio de longo prazo, as emissões do próximo período recebem um ajuste reverso que trarão de volta para o equilíbrio depois de cerca de 1,5 anos.

Apesar de não ter sido encontrado relação positiva entre população e PIB com os gases poluentes, esses resultados tendem a variar com o período escolhido, país e método de análise. No entanto, a tentativa deste estudo foi válida e as descobertas têm implicações significativas para a academia, profissionais e sociedade em geral, alertando para a necessidade de se desenvolver e implementar políticas econômicas e energéticas de longo prazo a fim de controlar as emissões de poluentes no Brasil. A preocupação existente é que, dado que o Brasil vem passando por crises e dificuldades econômicas, a necessidade do crescimento econômico se sobressaia em detrimento da preservação do meio ambiente. Nesse sentido, o crescimento e desenvolvimento econômico precisam ser pensados com atividades que consigam minimizar os efeitos perversos sobre a natureza. Além disso, as exigências do mercado internacional estão cada vez mais duras em relação, principalmente, à produção de alimentos, levando em conta a qualidade dos produtos, mas também os processos produtivos sustentáveis.

Este trabalho busca estimular pesquisas sobre este tema no Brasil, dada a lacuna na literatura, não querendo, portanto, esgotar a discussão. Ressalta-se que por falta de informações não foi possível desagregar as faixas de idade da população e considerar as heterogeneidades regionais, ficando como sugestão para pesquisas futuras.

REFERÊNCIAS

ANG, J. B. CO₂ emissions, energy consumption, and output in France. **Energy policy**, v. 35, n. 10, p. 4772-4778, 2007.

BALOGH, J. M.; JÁMBOR, A. Determinants of CO₂ emission: A global evidence. **International Journal of Energy Economics and Policy**, v. 7, n. 5, p. 217-226, 2017.

BÂKI IZ H. Is the global sea surface temperature rise accelerating? **Geodesy and Geodynamics**, v. 9, p. 432-438, 2018.

BORGES, G. M.; CAMPOS, M. B. de; SILVA, L. G. de C. Transição da estrutura etária no Brasil: oportunidades e desafios para a sociedade nas próximas décadas. In: **Mudança demográfica no Brasil no século XXI: subsídios para as projeções da população**. Rio de Janeiro: IBGE, p. 138-151, 2015.

DRUMM, F. C.; GERHARDT, A. E.; FERNANDES, D. D.; CHAGAS, P.; SUCOLOTTI, M. S.; KEMERICH, P. D. C. Poluição atmosférica proveniente da queima de combustíveis derivados do petróleo em veículos automotores. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 66-78, 2014.

EISSEN, M.; METZGER, J. O.; SCHNEIDEWIND, U. 10 years after Rio-concepts on the contribution of chemistry to a sustainable development. **Angewandte Chemie International Edition**, v. 41, n. 3, p. 414-436, 2002.

GIOVANINI, A.; FREITAS, C. A.; CORONEL, D. A. Análise da quantidade produzida de CO₂ pela bovinocultura no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 10, p. 1918-1923, 2013.

GREENE, W.H. **Econometric Analysis**. 7. ed. Boston: Pearson, 2012.

GUIMARÃES, R. P.; FONTOURA, Y. S. R. Rio+ 20 ou Rio-20?: crônica de um fracasso anunciado. **Ambiente & Sociedade**, v. 15, n. 3, p. 19-39, 2012.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estatística da Produção Pecuária**. 2018. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3087/epp_pr_2018_1tri.pdf. Acesso em: 06 jul. 2019.

966

JOO, Y.J.; KIM, C. S.; YOO, S-H. Energy consumption, Co₂ emission, and economic growth: Evidence from Chile. **International Journal of Green Energy**, v. 12, n. 5, p. 543-550, 2015.

KALKUHL, M.; WENZ, L. The impact of climate conditions on economic production. Evidence from a global panel of regions. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 103, 2020.

KLEIN, C. F.; DE LIMA, J. F. O desenvolvimento econômico regional do Brasil. **Revista Desafios**, v. 2, n. 2, p. 155-180, 2016.

KUZNETSOVA, T. V. LONG-TERM spectral components of global, north and south hemisphere temperatures over the last millennium and solar-lunar forcing. **Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics**, 2020.

LEITE, R. C. C.; LEAL, M. R. L. V. O biocombustível no Brasil. **Novos estudos CEBRAP**, São Paulo, n. 78, p. 15-21, 2007.

LIMA, M. A. *et al.* Estimativa das emissões de gases de efeito estufa provenientes de atividades agrícolas no Brasil. In: LIMA, M. A. de; CABRAL, O. M. R.; GONZALEZ MIGUEZ, J. D. (Ed.). **Mudanças climáticas globais e a agropecuária brasileira**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2001. 397p. Cap. 7, p.169-189.

MOLION, L. C. B. Aquecimento global: uma visão crítica. **Revista brasileira de climatologia**, Curitiba, v. 3, 2008.

POCHMANN, M.; SILVA, L. C. Concentração espacial da produção e desigualdades sociais. **Revista brasileira de estudos urbanos e regionais**, v. 22, 2020.

SARI, R.; SOYTAS, U. Are global warming and economic growth compatible? Evidence from five OPEC countries?. **Applied Energy**, v. 86, n. 10, p. 1887-1893, 2009.

SEEG- Sistema de Estimativas de Emissões de Gases do Efeito Estufa. **Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Brasil 1970 - 2017**, 2018.

SILVA, F. F. *et al.* Determinantes da emissão de CO₂ por uso de combustíveis fósseis para países sul-americanos, a partir da abordagem STIRPAT. **Revista de Economia**, Curitiba, v. 41, n. 1, 2015.

SINDIPEÇAS- Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores. **Relatório Balança Comercial do Setor de Autopeças**. 2018.

SOYTAS, U.; SARI, R.; EWING, B. T. Energy consumption, income, and carbon emissions in the United States. **Ecological Economics**, v. 62, n. 3-4, p. 482-489, 2007.

ZHOU, C.; WANG, S.; FENG, K. Examining the socioeconomic determinants of CO₂ emissions in China: A historical and prospective analysis. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 130, p. 1-11, 2018.

ZOTTI, C. A.; PAULINO, V. T. Metano na produção animal: Emissão e minimização de seu impacto. **Ecologia de Pastagens**. Instituto de Zootecnia. Nova Odessa (SP): APTA/SAA, 2009. 24p.