

PUCRS

ESCOLA DE NEGÓCIOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA DO DESENVOLVIMENTO
MESTRADO EM ECONOMIA DO DESENVOLVIMENTO

CAROLINA SILVA DA TRINDADE

O ACORDO DE PARIS E AS EMISSÕES DE GASES: IMPACTOS SOBRE A PRODUÇÃO DE SUÍNOS NO BRASIL

Porto Alegre
2019

PÓS-GRADUAÇÃO - *STRICTO SENSU*



Pontifícia Universidade Católica
do Rio Grande do Sul

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE NEGÓCIOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA DO DESENVOLVIMENTO

CAROLINA SILVA DA TRINDADE

O ACORDO DE PARIS E AS EMISSÕES DE GASES: IMPACTOS SOBRE
A PRODUÇÃO DE SUÍNOS NO BRASIL

Porto Alegre

2019

CAROLINA SILVA DA TRINDADE

**O ACORDO DE PARIS E AS EMISSÕES DE GASES: IMPACTOS SOBRE
A PRODUÇÃO DE SUÍNOS NO BRASIL**

Dissertação submetida ao programa de Pós-Graduação em Economia do Desenvolvimento da Escola de Negócios da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul como requisito para obtenção do título de Mestre em Economia, com ênfase em Economia do Desenvolvimento.

Orientador: Prof. Dr. Augusto Mussi Alvim

Porto Alegre

2019

CAROLINA SILVA DA TRINDADE

**O ACORDO DE PARIS E AS EMISSÕES DE GASES: IMPACTOS SOBRE
A PRODUÇÃO DE SUÍNOS NO BRASIL**

Dissertação submetida ao programa de Pós-Graduação em Economia do Desenvolvimento da Escola de Negócios da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul como requisito para obtenção do título de Mestre em Economia, com ênfase em Economia do Desenvolvimento.


Carolina Silva da Trindade

O ACORDO DE PARIS E AS EMISSÕES DE GASES: IMPACTOS SOBRE A PRODUÇÃO DE SUÍNOS NO BRASIL

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Economia, pelo Mestrado em Economia do Desenvolvimento da Escola de Negócios da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Aprovado em 25 de março de 2019, pela Banca Examinadora.

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Augusto Mussi Alvim
Orientador e presidente da Sessão



Prof. Dr. Osmar Thomaz de Souza



Prof. Dr. Alessandro Donadio Miebach

Ficha Catalográfica

T833a Trindade, Carolina Silva da

O Acordo de Paris e as Emissões de Gases : Impactos Sobre a
Produção de Suínos no Brasil / Carolina Silva da Trindade .
– 2019.

52.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em
Economia do Desenvolvimento, PUCRS.

Orientador: Prof. Dr. Augusto Mussi Alvim.

1. Acordo de Paris. 2. GEE. 3. Suínos. 4. Tarifa de Carbono e
Biodigestores. 5. PCM. I. Alvim, Augusto Mussi. II. Título.

Aos meus avós Irene e Antônio (in memoriam),
que foram exemplos de caráter e dignidade.

AGRADECIMENTOS

Agradeço as pessoas que me acompanharam ao longo do mestrado e foram fundamentais para concretização deste trabalho. Primeiramente à minha família, em especial meus pais Paulo e Rosélia, e ao meu namorado Lucas, pelo apoio e estímulo, principalmente nos momentos mais difíceis.

Ao professor Dr. João Marcelo Medina Ketzer, pelo conhecimento compartilhado e auxílio dado para concretização do projeto desta dissertação.

Ao meu orientador professor Dr. Augusto Mussi Alvim, por sua amizade, amplo conhecimento, dedicação, incentivo, e confiança depositados para a realização deste trabalho.

E, por fim, agradeço a todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Economia e colegas que contribuíram com ensinamentos e vivências ao longo deste período.

RESUMO

O presente trabalho objetiva analisar os impactos causados pela emissão de gases de efeito estufa (GEE) sobre a produção de suínos no Brasil, considerando as metas brasileiras de redução de emissão de GEE ratificadas no Acordo de Paris em 2015. Para tal, utiliza-se um modelo de equilíbrio parcial formulado como um Problema de Complementaridade Mista (PCM), o qual possibilita a construção de dois cenários alternativos. No primeiro propõe-se a cobrança de uma tarifa de carbono de R\$/Kg 0,021 aos produtores de suínos. No segundo, considera-se o fornecimento de uma renda adicional de R\$/Kg 0,379 pela utilização de biodigestores na produção brasileira de suínos. Os resultados obtidos no primeiro cenário indicaram elevação média de 0,1% nos preços dos parceiros brasileiros e compensação das perdas de seus consumidores por ganhos na produção. Contudo, há prejuízo para os produtores brasileiros, pois ocorrem reduções de 1,53% em sua produção e 4,32% no preço de oferta, enquanto sua demanda oscila pouco. Em referência às metas brasileiras do Acordo de Paris, houveram reduções de 14% até 2025 e 21% até 2030 nas emissões dos suínos, diminuindo 2% (até 2025) e 3% (até 2030) as emissões do setor agropecuário, à níveis de 2016. Apesar disso, as metas para o setor foram superadas em 37% (2025) e 51% (2030). No segundo cenário, houve redução média de 1,4% nos preços dos parceiros brasileiros, porém seus ganhos na demanda compensaram parcialmente as perdas na oferta. O preço de oferta brasileiro foi 70% superior ao obtido no cenário 1, e a produção elevou-se em 18%. A destinação sustentável aos resíduos, entretanto, acarreta maior redução de emissões, tornando este o cenário preferível. Assim, estes resultados contribuem para uma diminuição nas emissões da agropecuária até 2025 de 6% e até 2030 de 9%, em relação à 2016, sendo 4,5% e 6% superiores às estimadas no cenário 1. O biogás contribuirá para o aumento da participação de bioenergia na matriz energética nacional. A meta de elevação de 18% desta participação até 2030 não será atingida. Com o incremento de 44 MtCO_{2e}, à níveis de 2016, seu percentual aumentará em 10%. Para atingimento das metas máximas de emissão brasileira de 1.343 MtCO_{2e} (2025) e 1.208 MtCO_{2e} (2030), será necessário que os demais setores compensem a excessiva emissão da agropecuária.

Palavras-Chave: Acordo de Paris. GEE. Suínos. Tarifa de carbono. Biodigestores. PCM.

ABSTRACT

The present study aims to analyze the impacts caused by the emission of greenhouse gases (GHG) on the production of pigs in Brazil, considering the Brazilian goals of reduction of GHG emissions ratified in the Paris Agreement in 2015. To do so, a partial equilibrium model formulated as a Mixed Complementarity Problem (PCM), which allows the construction of two alternative scenarios. In the first, it is proposed to charge a carbon tariff of R \$ / kg 0,021 to pig producers. In the second, it is considered the provision of an additional income of R \$ / kg 0.379 for the use of biodigesters in the Brazilian production of pigs. The results obtained in the first scenario indicated an average increase of 0.1% in the prices of the Brazilian partners and compensation of the losses of their consumers by gains in production. However, there is a loss for Brazilian producers, since there are reductions of 1.53% in their production and 4.32% in the offer price, while their demand fluctuates little. With reference to the Brazilian targets of the Paris Agreement, there were reductions of 14% by 2025 and 21% by 2030 in pig emissions, reducing agricultural sector emissions by 2% (by 2025) and 3% (by 2030) to Despite this, the targets for the sector were exceeded by 37% (2025) and 51% (2030). In the second scenario, there was an average reduction of 1.4% in the prices of Brazilian partners, but their gains in demand partially offset the supply losses. The Brazilian offer price was 70% higher than that obtained in scenario 1, and production increased by 18%. Sustainable waste disposal, meanwhile, leads to a greater reduction of emissions, making this the preferred scenario. Thus, these results contribute to a decrease in agricultural emissions by 2025 from 6% and by 2030 from 9%, compared to 2016, 4.5% and 6% higher than those estimated in scenario 1. Biogas will contribute to the increase of the share of bioenergy in the national energy matrix. The goal of raising this participation by 18% by 2030 will not be achieved. With the increase of 44 MtCO_{2e}, at 2016 levels, its percentage will increase by 10%. To reach the maximum Brazilian emission targets of 1,343 MtCO_{2e} (2025) and 1,208 MtCO_{2e} (2030), it will be necessary for the other sectors to compensate for the excessive emission of agriculture.

Keywords: Paris Agreement. Greenhouse gases. Swine. "Carbontax". Biodigesters. PCM.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Consumo, Produção e Comercialização de carne suína – 2014 a 2016	15
Tabela 2 - Tarifas de Importação em 2016 (ad valorem)	17
Tabela 3 - Cálculo da capacidade do biodigestor e estimativa da produção de biogás (PB) para suínos	24
Tabela 4 - Custo de construção e de implantação de biodigestores e custo total anualizado (CA) para construção e implantação de biodigestores por modelos para diferentes capacidades	24
Tabela 5 - Custo total da produção de energia a partir do biogás (CTB) para biodigestor modelo Canadense	26
Tabela 6 - Custos das transações comerciais no mercado internacional de carne suína para as regiões selecionadas – média 2014 a 2016	34
Tabela 7 - Valores estimados (primeira fase) e o cenário-base (CB) para quantidades e preços no mercado internacional de carne suína – média 2014 a 2016	35
Tabela 8 - Cenário-base (CB) e o cenário alternativo com imposição da tarifa de carbono (CTC) no mercado internacional de carne suína (média 2014 a 2016)	38
Tabela 9 - Cenário-base (CB) e o cenário alternativo com receita adicional devido à implantação de biodigestores na produção (CRB) no mercado internacional de carne suína (média 2014 a 2016)	40

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	A IMPORTÂNCIA DA CARNE SUÍNA PARA A PRODUÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO E A PREOCUPAÇÃO COM O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	15
2.1	DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	18
2.1.1	Acordo de Paris	19
2.1.2	Políticas Ambientais	21
2.1.2.1	Tarifa de Carbono.....	21
2.1.2.2	Biodigestores	22
3	METODOLOGIA.....	28
	RESULTADOS	34
3.1	CALIBRAÇÃO DO MODELO.....	34
3.2	CENÁRIO-BASE E CENÁRIOS ALTERNATIVOS	35
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
	REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

O Brasil atualmente é o maior produtor e exportador do agronegócio mundial. Em 2016 o setor representou 23% do PIB brasileiro e teve exportações iguais à US\$ 83,34 bilhões, correspondendo à 45% do total exportado pelo país. Este percentual foi bastante influenciado pela comercialização de carnes (principalmente para os EUA e a UE) que representou 22% das exportações totais do agronegócio (BRASIL, 2018a). Destes 22%, 7% referem-se a exportações de carne suína. Assim, nos quesitos produção e exportação de suínos, o Brasil ocupa hoje a quarta posição (3,73 milhões de toneladas produzidas, e 732,9 mil toneladas exportadas). Em relação à produção destaca-se os mais de 900 mil vínculos empregatícios (diretos e indiretos) e a importância da agricultura familiar, que é responsável por 60% da carne suína produzida no país. (DEPEC, 2017).

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2018a), as vendas de carne suína brasileira em 2016 geraram uma receita de US\$ 1,61 bilhão. Isto auxiliou na consolidação de um superávit de US\$ 47,7 bilhões na Balança Comercial do país neste mesmo ano. Este foi o maior saldo já alcançado desde 2007, excetuando os US\$ 82,91 bilhões em 2013, o que se justifica pela ocorrência da crise “*subprime*” em 2008 onde grandes países diminuíram o percentual de suas importações (dentre elas a de carne suína), retomando-as somente após 2011. Destaca-se ainda que, entre 2011 e 2016 o crescimento anual da exportação de suínos brasileiros foi de 8,77% (ALICEWEB, 2018).

Conforme Imaflora (2014) e o Observatório do Clima (2018), as emissões brasileiras de gases de efeito estufa (GEE) crescem a taxas de aproximadamente 4% ao ano desde 1970, atingindo, em 2016, 2,27 bilhões de tCO₂e, sendo cerca de 20% advindos do setor agropecuário. Com isso, o Brasil é o 7º maior emissor de GEE em nível mundial. Dentro da agropecuária, a carne (bovina, suína e de aves) é o produto que detém o maior percentual de impacto ambiental, tendo os resíduos derivados da produção de suínos representatividade de 2% no total de GEE emitido pelo setor. Logo, se os produtores não adotarem práticas de baixa emissão de GEE e alto sequestro de carbono, o processo de mudança climática será prejudicado (OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2017).

Deste modo, em virtude da preocupação mundial em relação ao aquecimento global, em 2015 iniciaram-se novas negociações para concretização de um novo acordo a exemplo do Protocolo de Quioto, que pautasse esses problemas e fizesse com que os países, juntos, pensassem em soluções para controlar essa situação. O Acordo ratificado pelo Brasil em 2015,

junto a outros 194 países, foi chamado Acordo de Paris. Assim, coube a cada país construir seus próprios compromissos e metas para redução da emissão dos gases de efeito estufa (GEE) a partir das Pretendidas Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDC) (MARCOVITCH, 2016). Com a confecção de suas NDC's, o Brasil comprometeu-se a reduzir suas emissões de GEE em 37% até 2025 tendo como referência os níveis de 2005 e 43% até 2030, elevar em 18% a participação de bioenergia sustentável em sua matriz energética, restaurar 12 milhões de hectares de florestas e atingir 45% de uso de energias renováveis até 2030 (NAÇÕES UNIDAS, 2015).

Assim, a preocupação com o aumento das emissões de gases estufa é cada vez mais eminente, o que faz com que as atenções brasileiras se voltem cada vez mais para a agricultura e pecuária, grandes responsáveis pela emissão de GEE do país. Objeto de estudo deste trabalho, a carne suína tem papel relevante em relação a estas emissões. O crescimento constante de sua produção (1,9% ao ano), que segundo o Imaflora (2014) corresponderá a um acréscimo de 20,6% na produção até 2023 e sua comercialização preocupam, pois podem elevar ainda mais as emissões. Desta forma, para que se consiga atingir as metas propostas no Acordo de Paris sem comprometer este crescimento produtivo é preciso criar mecanismos de mitigação dessa emissão acoplados na própria produção, um exemplo disso são os subsídios para implantação de biodigestores na produção e a cobrança de uma tarifa de carbono.

Sendo assim, a presente dissertação tem como principal objetivo avaliar os impactos das metas brasileiras, que restringem as emissões gases de efeito estufa, propostas no Acordo de Paris sobre a produção e exportação de suínos no Brasil. Para tal, primeiramente caracterizou-se o cenário mundial de produção e comercialização de suínos. Após, foram construídos e analisados os cenários da imposição de uma tarifa de carbono, e de implantação de biodigestor na produção, através de simulações, com PCM. O PCM é um modelo de otimização estática de equilíbrio espacial que pondera as funções de oferta e demanda para cada produto e respectiva região escolhida, considerando a incidência de medidas comerciais protetivas e custos de transporte, resultando assim na estimação de fluxos comerciais, quantidades produzidas e consumidas e preços de equilíbrio. O modelo foi escolhido, pois permite a simulação de alterações diretas sobre os preços de mercado (ação pretendida nos cenários alternativos). Assim, foi possível analisar os impactos ocorridos no setor agropecuário a partir da consolidação de cada cenário alternativo, junto à aplicação das metas de redução de 37% em 2025 e 43% em 2030, ambas à níveis de 2005, das emissões de gases estufa no Brasil delimitada a partir do Acordo de Paris.

2 A IMPORTÂNCIA DA CARNE SUÍNA PARA A PRODUÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO E A PREOCUPAÇÃO COM O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

No ano de 2016, a carne suína ocupou a primeira posição no âmbito de consumo mundial, com representatividade de 42,9%. Apesar do Brasil ser o quarto maior produtor mundial de suínos, até 1998 a participação do país na produção e conseqüente comercialização do produto era baixa, em função do alto nível de protecionismo apresentado por este mercado que resultava num percentual pequeno de exportação (USDA, 2018). Segundo a Associação Brasileira de Proteína Animal (2017), em 2016 a produção de suínos atingiu 3,73 milhões de toneladas, e suas exportações registraram aumento de aproximadamente 30% em relação ao valor de 2015 (421,23 mil toneladas). Destaca-se que, em 2015, a ocorrência da Operação Carne Franca impossibilitou para consumo uma parcela da carne suína brasileira, implicando inclusive em uma elevação das importações brasileiras em 32,93% entre 2015 e 2017 (ALICEWEB, 2018).

Verifica-se, a partir da tabela 1 exposta a seguir, que os maiores produtores e consumidores são a China, a UE, e os EUA. Atentando-se para a China, vê-se que a mesma compreende 46,73% do consumo mundial, pelo fato da dieta de sua população ser baseada em proteína suína (de cada 10kg de carne, 7kg são de suínos) (GUIMARÃES, 2017). Já a UE e os EUA possuem elevada produção de carne suína e de aves em função dos problemas sanitários e fitossanitários enfrentados pela carne bovina a partir de 2013. Em relação à UE, salienta-se ainda que sua relevância se deve principalmente à Alemanha, que representa 4,04% do mercado (4.670.000 toneladas de carcaça suína) e a Espanha, com 2,79% (3.221.700 toneladas de carcaça suína). Já os principais exportadores são a UE, os EUA e o Brasil. O volume de exportação do RM também é acentuado, e deriva da comercialização de países como o Canadá (3º maior exportador mundial) e Rússia (ALICEWEB, 2018; FAO, 2018).

Tabela 1 - Consumo, Produção e Comercialização de carne suína – 2014 a 2016

(continua)

	Países	Destino das Exportações						Produção
		Argentina	Brasil	EUA	UE	China	RM	
Origem das Exportações	Argentina	464,54						464,54
	Brasil	23,51	2852,25			187,86	614,45	3678,07
	EUA			8289,21		174,68	2312,15	10776,04

(conclusão)

		Destino das Exportações						Produção
Países		Argentina	Brasil	EUA	UE	China	RM	
Origem das Exportações	UE			121,79	20352,54	917,23	1953,32	23344,88
	China					53161,08	309,84	53470,92
	RM		262,34	744,92	657,46		23096,23	24760,95
	Consumo	488,05	3114,59	9155,92	21010,00	54440,85	28285,99	116495,40

Fonte: UN COMTRADE (2018) e FAO (2018)

(1) Tabela confeccionada a partir da média de três anos (2014 a 2016).

(2) Dados em unidade de tonelada métrica/CWE.

Ainda sobre a tabela 1, é importante frisar que a razão entre o total exportado e o produzido pelos países apresentados é quase inexistente, devido a dificuldades de acesso à alguns mercados, causadas por incidência de barreiras não tarifárias. Isto pode ser observado para o RM, os EUA e para a Argentina, que consomem 93,27%, 76,92% e 100% de sua produção, respectivamente. O Brasil também teve suas exportações bastante prejudicadas neste período em função não somente das barreiras não tarifárias impostas às carnes brasileiras pela UE, mas também da ocorrência em 2016 de um embargo Russo (principal importador de suínos brasileiros) ao complexo das carnes. Assim, apesar de grande exportador, neste período o Brasil consumiu 77,55% do que produziu (CEPEA ESALQ/USP, 2015; FAO, 2018).

Em relação à China destaca-se que, entre 2015 e 2016 houve elevação de seu custo de produção, derivado principalmente do aumento no valor de algumas *commodities* importadas em grande quantidade, como o milho (que serve de alimento para os suínos). Isto culminou em uma queda de sua produção, e conseqüente aumento de sua importação (2,35% do total consumido pelo país), em relação à média entre 2011 e 2013 (SILVA, 2014; FAO, 2018). Esse aumento veio do fortalecimento da relação comercial do Brasil, EUA e UE com a China (mercado com menor exigência sanitária). Dos países enfatizados na tabela 1, apenas a Argentina, e o RM não exportaram para a China, devido à necessidade de reter maior porcentagem de sua produção para consumo interno, o primeiro em função de sua crise interna financeira e, o segundo por causa dos problemas sanitários e fitossanitários com seus principais parceiros (RUBIN; ILHA; LOPES, 2012; DE ZEN et al, 2017; UN COMTRADE, 2018; FAO, 2018).

Enfatiza-se que, até 2010, o Brasil não havia conseguido ingressar em 60% do mercado correspondente à melhor remuneração em relação ao produto ofertado. Assim, a exigência de uma melhor articulação do setor produtivo, bem como de sua relação com os próprios governos, visa garantir melhores condições também de comercialização no âmbito mundial. A

dominância da utilização de barreiras não-tarifárias em detrimento de barreiras alfandegárias é justificada por essa exigência e compromete a relação comercial entre os países (CEPEA/ESALQ-USP, 2018; COSER et al, 2010). Unido a isso se tem a preocupação com a qualidade da própria produção, algo que também tem interferência direta nas relações comerciais (ALMEIDA, 2005).

Em 2016 o Brasil, visando beneficiar ainda mais sua produção nacional, aplicou uma tarifa *ad valorem* de 10% às importações do produto, valor este inferior apenas ao utilizado pela China (20%), conforme tabela 2. A alta tarifa de importação da China entre 2014 e 2016, ampara-se nos grandes investimentos realizados pelo país na produção interna de carne suína em função de sua enorme demanda nacional, uma vez que, como já pontuado anteriormente, esta é a principal proteína animal utilizada na dieta da população chinesa (OECD, 2018).

Tabela 2 - Tarifas de Importação em 2016 (*ad valorem*)

Países	Tarifas de Importação
Argentina	10,00%
Brasil	10,00%
China	20,00%
UE	0,00%
EUA	0,00%

Fonte: WTO (2018).

Ainda conforme a tabela 2, a Argentina apresenta tarifa de importação igual à 10%. Entretanto, apenas 4,8% de seu consumo advém de importações, sendo estas do Brasil, não tendo, portanto, incidência de tarifas, pois ambos pertencem ao MERCOSUL e conforme acordos, não há aplicação de tarifas para comercialização deste produto entre países do bloco (WTO, 2018; UN COMTRADE, 2018; FAO, 2018).

Segundo a OECD (2018), entre 2014 e 2016, apesar da não aplicação de tarifas, a UE registrou recordes em utilização de barreiras não tarifárias (principalmente de cunho sanitário) para as carnes (bovinos, aves e suínos), devido a problemas encontrados na produção de seus principais parceiros (ex.: Brasil). Os EUA também não aplicaram tarifas no período estudado, devido às negociações (acordos) realizadas principalmente com a EU e o RM (principais parceiros) no intuito de facilitar o acesso aos 9,46% do seu mercado que é abastecido pelas importações. Este baixo índice de importação de produtos agrícolas é fundamentado em sua alta preocupação com a procedência (normalmente não há importação de carne *in natura*). Esta

preocupação fez com que o país nos últimos anos priorizasse o consumo de suínos produzidos em seu próprio território e importasse apenas o produto congelado (FIGUEIREDO; SANTOS, 2009; WELCH, 2005; FAO, 2018; UN COMTRADE, 2018).

A preocupação com a procedência dos produtos (a exemplo dos EUA e UE) acabou por colocar uma questão paralela em pauta, principalmente para os países desenvolvidos, o quesito sustentabilidade. Com o aumento das emissões de poluentes, mudanças nos métodos de produção são cada vez mais necessárias e apreciadas pelos consumidores. Assim, os selos verdes (certificações relacionadas à proteção ambiental) estão em constante ascensão e garantem não só a diferenciação do produto, mas também das condições de comercialização, além de auxiliar os países em suas políticas de redução de emissão de gases de efeito estufa (GEE) (SILVA et al, 2013; LIMA, 2001).

2.1 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Segundo o Observatório do Clima (2017), as indústrias lançam na atmosfera mais de 35,5 bilhões de toneladas de CO₂ por ano. A emissão destes poluentes acaba por prejudicar o desenvolvimento mundial sob a ótica sustentável e aumenta a busca por alternativas no intuito de confeccionar e pôr em prática medidas que auxiliem na diminuição destas emissões. A primeira medida utilizada a ser destacada é o Protocolo de Quioto (1998), criado a partir da terceira reunião após a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas. O objetivo do mesmo era a redução, por parte dos países industrializados, de cerca de 5% de suas emissões de gases estufa a níveis de 1990 até o período entre 2008 e 2012 (BRASIL, 2000).

O Protocolo de Quioto, entretanto, enfrentou problemas devido ao tratamento diferenciado dado aos países desenvolvidos, uma vez que os mesmos poderiam cumprir suas metas a partir de diminuições de emissões realizadas em seu próprio território ou no de outras nações, como método de compensação (Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL). Realizando, porém, a segunda opção, a população local acabaria por sofrer com as consequências da poluição em demaseio, apesar do Protocolo defender que independentemente do que fosse feito, o ganho seria global, uma vez que a diminuição de emissões ocorreria. Inclusive, também deve-se destacar que esta prática levou à criação do mercado de créditos de carbono, que hoje exerce papel fundamental nas negociações entre países visando a redução da poluição (ALVES; OLIVEIRA; LOPES, 2013).

Apesar, contudo, do intuito do Protocolo ser a conscientização e diminuição das emissões de gases estufa, o mesmo trouxe maior visibilidade aos países envolvidos e o meio

que os cercam, enfatizando assim não só o âmbito econômico e social, mas também o político. Então, as conferências posteriores passaram a ter o papel fundamental de não apenas dar prosseguimento às propostas instauradas no Protocolo de Quioto, como também melhorá-las e atualizá-las às necessidades correntes, foi o caso do Acordo de Paris (FARINA; CONEJERO, 2003).

2.1.1 Acordo de Paris

No ano de 2015 na 21ª Conferência das Partes (COP21) em Paris foi firmado um novo acordo pelos 195 países da UNFCCC (Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima) cuja finalidade principal era não apenas reforçar a posição dos países envolvidos frente às mudanças climáticas, mas também prepará-los para lidar com os impactos de suas atitudes. Segundo o Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2016d), a concordata foi realizada no intuito de manter o crescimento médio da temperatura do planeta em ritmo menor (menos de 2°C, idealmente chegando a 1,5°C), priorizando assim o desenvolvimento sustentável. Em relação aos países em desenvolvimento, devido à existência de lacunas e necessidades atuais e emergentes, o comitê do Acordo de Paris estabeleceu alguns pontos importantes em relação à coerência e coordenação do desenvolvimento de capacidades. Assim, o comitê decidiu lançar um plano de trabalho que compreende o período de 2016 a 2020 com os seguintes pontos (NAÇÕES UNIDAS, 2015):

- a) Buscar elevar as sinergias através de cooperação, visando evitar a duplicação entre órgãos existentes estabelecidos na Convenção, responsáveis pela implantação das atividades de desenvolvimento das capacidades (incluindo auxílio de instituições de fora da Convenção);
- b) Identificar problemas e propor soluções quanto ao desenvolvimento de capacidades;
- c) Incentivar o desenvolvimento e disseminação de metodologias capazes de auxiliar no desenvolvimento das capacidades;
- d) Promover a cooperação em níveis mundial, regional, nacional e subnacional;
- e) Captar dos órgãos estabelecidos na Convenção, boas práticas, desafios e experiências;
- f) Encontrar oportunidades no intuito de reforçar a capacidade nos níveis nacional, regional e subnacional.

Visando a eficácia do acordo, foram selecionados por meio de eleição na própria Conferência das Partes 12 membros com elevados conhecimentos teóricos e práticos em áreas relevantes, que possuem como responsabilidade atentar-se a implementação e o cumprimento do mesmo. Assim, cada um dos cinco grupos regionais das Nações Unidas, possuía dois representantes e o comitê contava ainda com dois membros adicionais representando respectivamente os pequenos estados insulares e os países menos desenvolvidos.

Para melhor organização e controle, os representantes dos países que ratificaram o acordo foram instruídos a confeccionar em nome de suas nações as pretendidas “Contribuições Nacionalmente Determinadas” (NDC’s). De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2016d), as NDC’s são documentos onde os países apresentam e conseqüentemente expõem seus níveis de emissão de gases estufa (GEE). Elas também trazem pretensões de redução destes valores a partir da viabilidade social e econômica de cada nação. Em 12 de setembro de 2016, foi concluído o procedimento de ratificação brasileira do Acordo de Paris, e, alguns dias depois, a NDC do país foi entregue às Nações Unidas. O Brasil se compromete a:

- a) Diminuir as emissões de gases estufa em 37% abaixo dos níveis de 2005, até 2025, e, 43% até 2030;
- b) Restaurar 12 milhões de hectares de florestas;
- c) Elevar a participação de bioenergia sustentável em sua matriz energética em 18% até 2030, bem como de energias renováveis em 45% no mesmo período.

Assim, até 2025 o país pode emitir no máximo 1.346 MtCO_{2e}, e até 2030, 1.208 MtCO_{2e}. Para o setor agropecuário estima-se que, para alcance das metas, as emissões em 2025 e em 2030 devem atingir 470 MtCO_{2e} e 489 MtCO_{2e}, respectivamente. Desde 1970, as emissões de GEE da agropecuária vêm crescendo em média 3,5% ao ano. Os menores percentuais foram registrados em 2011 e 2014 (cerca de 1% ao ano), entretanto, a partir de 2014, o percentual de emissão voltou a subir (2% ao ano) (OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2018).

Todavia, para auxiliar no alcance das metas propostas pelo novo acordo, o desenvolvimento e aplicação de políticas ambientais é necessário. Atualmente existem inúmeras ferramentas que podem realizar a gestão dos problemas ambientais, porém, na maioria dos países (como o Brasil) só alguns destes instrumentos são de fato utilizados, devido aos elevados custos adicionais gerados (BRASIL, 2016a).

2.1.2 Políticas Ambientais

Os instrumentos de política ambiental podem ser organizados em três grupos: instrumentos de regulação (mecanismos de comando e controle), instrumentos de comunicação e instrumentos econômicos (mecanismos de mercado). Os primeiros determinam através de leis quais são as ações possíveis de serem tomadas pelos agentes econômicos. Eles podem ser de regulação direta, quando são confeccionados para resolver especificamente questões ambientais, ou indireta, quando desenvolvidos no intuito de solucionar outros problemas, mas acabam incidindo sobre o meio ambiente. Os instrumentos de comunicação por sua vez, são usados no intuito de auxiliar na promoção da conscientização e fornecimento de informação à população e aos agentes responsáveis pela poluição, sobre temas ambientais, fazendo com que ambos atuem de forma benéfica em relação ao meio ambiente (ex.: educação ambiental e selos verdes). Já os mecanismos de mercado, têm por finalidade diminuir a regulação e fornecer, conseqüentemente, maior flexibilidade aos indivíduos envolvidos nos processos, bem como reduzir os custos de controle relacionados aos problemas ambientais e estimular o investimento e a prática de energias limpas (MUELLER, 2007).

Para HAHN (2000), os mecanismos de mercado são preferidos em detrimento dos outros dois instrumentos, uma vez que possibilitam o atingimento de metas ambientais com um custo menor. Ainda, segundo SACHS (2007), o governo também possui um papel fundamental no quesito desenvolvimento sustentável, pois o mesmo estabelece algumas políticas de cunho tecnológico, industrial e de gestão que indiretamente afetam o meio ambiente.

Conforme a OECD (2001), o desenvolvimento, bem como o uso de novas tecnologias, está diretamente conectado ao comércio internacional, a questões ligadas ao mercado de capitais e a problemas populacionais, e isso pode influenciar negativa ou positivamente o ambiente. O controle desses efeitos cabe ao governo realizar através da promoção de políticas, contudo, as mesmas precisam integrar aspectos ambientais, políticos, econômicos e sociais para que se alcance o êxito necessário. São exemplos de políticas ambientais a cobrança da tarifa de carbono e a utilização de novas tecnologias limpas na produção, a exemplo dos biodigestores.

2.1.2.1 Tarifa de Carbono

A tarifa de carbono é um instrumento econômico que visa diminuir gradativamente as emissões de gases (BRASIL, 2016a). Com isso, o uso dessa taxa acaba por provocar um desincentivo monetário à emissão de carbono. O valor de imposto cobrado é calculado com

base na quantidade de combustíveis extraídos da terra e colocados no fluxo comercial, e os processadores são livres para repassar o custo na medida em que houver adaptação do mercado (CARBON TAX CENTER, 2016a).

Alguns países já praticam a cobrança da tarifa de carbono. A nação pioneira foi a Irlanda, que diferentemente de outros países impôs a tarifa para vários setores de sua economia. E, graças à incidência da mesma, atingiu não só a diminuição dos valores de emissão de GEE, mas também obteve estímulos para a ampliação do mercado de trabalho baseado na eficiência energética e economias mais sustentáveis. O país adquire anualmente com o imposto (onde desde 2012 a cobrança é de €20) aproximadamente € 400 milhões (NIX, 2017).

O Reino Unido (Inglaterra, Escócia, País de Gales e Irlanda do Norte), por exemplo, mantém a cobrança do imposto desde 2013. Desta maneira, o imposto funciona como uma espécie de “preço mínimo” pago pelos emissores de CO₂. Assim, sempre que o preço de carbono em emissões é mais do que o mínimo estipulado, paga-se a somatória do mínimo e do equivalente a esta diferença representada pelo excedente ao governo local (LEICESTER, 2012). A taxa cobrada em 2016 foi de €18 por tonelada métrica de CO₂, o que no Brasil equivale hoje à aproximadamente R\$ 72,00 por tonelada. Apesar das emissões estarem em constante decréscimo desde 1990, a partir da implementação da cobrança da tarifa de carbono os níveis caíram em patamares não vistos desde a última década do século XIX, além de estar influenciando positivamente cada vez mais a adoção de novas práticas sustentáveis e tecnologias limpas (CARBON TAX CENTER, 2016b).

Para os países que ainda não utilizam práticas como a tarifa de carbono (ex.: Brasil) acredita-se que, havendo uma imposição tarifária para tal emissão (pretendida no Brasil apenas após 2020), os setores responsáveis por essa prática serão induzidos a procurar e desenvolver métodos de produção mais sustentáveis sob pena de prejuízo econômico. Assim, se implementada no Brasil, a tarifa de carbono representará um bom instrumento de limitação a ser utilizado no estudo da produção de suínos brasileiros com o intuito de atingir as metas propostas pelo país na ratificação do Acordo de Paris (PAES, 2017). Outro instrumento econômico que pode auxiliar no atingimento das metas brasileiras é a implantação de biodigestores na produção.

2.1.2.2 Biodigestores

O manejo adotado em mais de 95% dos sistemas brasileiros de confinamento de suínos constitui-se no depósito de dejetos em esterqueiras, seguido da guarnição no solo para

fertilização de lavouras e pastagens. O problema é que este manejo é extremamente prejudicial ao meio ambiente, uma vez que, durante este armazenamento os dejetos dos animais emitem elevada quantidade de metano (CH_4) e Amônia (NH_3) que, uma vez aplicados ao solo, aumentam também a emissão de dióxido de carbono (CO_2) e de Óxido Nitroso (N_2O) na atmosfera. Assim, uma alternativa para estabilizar e inclusive auxiliar na diminuição de emissões de GEE pela produção de suínos, é a implantação de biodigestores na produção (EMBRAPA; 2015).

Os biodigestores são utilizados na produção do biogás. Este, por sua vez, é uma mistura gasosa, composta por metano (CH_4) e gás carbônico (CO_2), com combustível potencial usado na produção de energia elétrica. Essa energia é obtida através da queima do biogás em turbinas devidamente adaptadas, sendo o mesmo, considerado fonte de energia limpa podendo ser reaproveitado no próprio ciclo de produção (ANDREAZZI et al, 2015). Segundo a EMBRAPA (2015), um biodigestor com tempo de retenção hidráulica de 30 dias (mais utilizado no Brasil) emite 84% menos GEE do que uma esterqueira (depósito de dejetos bruto padrão). E, quando se considera apenas a queima do metano (CH_4) a produção lança na atmosfera 53% menos de GEE. Existem três tipos de biodigestores atualmente em uso, são eles: o Indiano, o Chinês e o Canadense. O biodigestor modelo Indiano é feito de concreto, e é caracterizado por conter um gasômetro feito de aço capaz de “aprisionar os gases”. O modelo Chinês diferencia-se do anterior pois não possui o gasômetro. Ele localiza-se totalmente abaixo do solo, também é feito de tijolos, mas seu teto tem um formato de abóboda (NISHIMURA, 2009). Seu custo de construção é também inferior ao primeiro, devido ao custo de seus materiais (LUCAS JÚNIOR; SOUZA; LOPES, 2003). O modelo Canadense (mais utilizado no Brasil) é caracterizado por ter uma base retangular de tijolos, bem como um gasômetro feito em PVC. A cobertura é feita a partir de uma geomembrana sintética de polietileno, aportada ao biodigestor (OLIVER, 2008).

Segundo Fonseca, Araújo e Hengdes (2009), a estimativa de produção diária de biogás para os suínos corresponde à $0,356 \text{ m}^3/\text{animal}$. Assim, unindo o volume produzido e o poder calorífico do biogás ($5,5 \text{ kWh/m}^3$), é possível calcular a quantidade de energia a ser produzida anualmente. Os cálculos abaixo consideram o custo anual dos biodigestores, com taxa de juros a 10% ao ano, vida útil das máquinas de 20 anos e custos de manutenção e operação de 5% ao ano. Desta maneira, verifica-se o custo total da energia produzida para cada tipo de biodigestor em relação aos suínos. As quantidades de dejetos produzidas pelos suínos relacionam-se diretamente com a produção de biogás. Por meio da tabela 3, percebe-se que a produção de biogás aumenta cerca de 2 m^3 em relação à capacidade do biodigestor quando a quantidade de

suínos é pequena, porém, há uma tendência de elevação proporcional vista entre as quantidades de 80 e 120.

Tabela 3 - Cálculo da capacidade do biodigestor e estimativa da produção de biogás (PB) para suínos

Quantidade de Animais	Capacidade do Biodigestor (m³)	Produção de Biogás (m³/dia)
20	6,44	7,12
40	12,88	14,24
60	19,32	21,36
80	25,76	28,48
120	32,20	35,60

Fonte: Elaborado pela autora com base em Calza et al (2015).

A partir da tabela 4 a seguir, corrobora-se que o biodigestor de modelo Canadense é o que apresenta uma capacidade de atendimento a suínos mais elevada proporcionalmente em relação ao custo, além de ser o modelo mais moderno dentre os três. Esses resultados, combinados à facilidade de adaptação tanto em pequenas como em grandes produções, justificam a preferência dos produtores pela utilização deste modelo (OLIVER, 2008). Todavia, no Brasil, até o surgimento do modelo Canadense, o mais utilizado foi o biodigestor Indiano, devido à sua maior funcionalidade, ajustando-se facilmente ao tipo de solo e de clima local, bem como pela facilidade de construção em relação ao modelo Chinês, apesar do maior custo em relação a este último (GASPAR, 2003). Contudo, a definição do tipo de biodigestor a ser utilizado, varia caso a caso conforme as condições locais (ex.: tipo do esterco) e do próprio produtor.

Tabela 4 - Custo de construção e de implantação de biodigestores e custo total anualizado (CA) para construção e implantação de biodigestores por modelos para diferentes capacidades

(continua)

Capacidade do biodigestor (m³)	Modelo Indiano		Modelo Chinês		Modelo Canadense	
	CA (R\$)	Custo de construção (R\$)	CA (R\$)	Custo de construção (R\$)	CA (R\$)	Custo de construção (R\$)
20	1.796,60	5.065,70	1.437,30	4.052,50	746,20	2.104,00
40	2.517,80	7.099,30	2.014,00	5.679,40	1.121,80	3.162,00
60	3.348,00	9.440,20	2.678,40	7.552,10	1.485,70	4.188,00

(conclusão)

Capacidade do biodigestor (m ³)	Modelo Indiano		Modelo Chinês		Modelo Canadense	
	CA (R\$)	Custo de construção (R\$)	CA (R\$)	Custo de construção (R\$)	CA (R\$)	Custo de construção (R\$)
80	4.068,30	11.470,90	3.254,60	9.176,70	1.849,60	5.214,00
100	4.428,40	12.486,30	3.830,80	10.801,40	2.213,40	6.240,00
120	5.028,60	14.178,60	4.407,00	12.426,00	2.577,30	7.266,00

Fonte: Elaborado pela autora com base em Calza et al (2015).

O Brasil possui uma capacidade renovável já instalada acumulada para geração de bioenergia de 11,5%, o que o deixa atrás apenas dos EUA (12,7%) (IRENA, 2015). Conforme o Ministério de Minas e Energia (BRASIL, 2016c), a produção de bioenergia do país em 2016 passou a ser a segunda fonte de geração de energia mais importante da matriz energética nacional, com 8% de representatividade. E, quando se trata da utilização de biodigestores, o país conta com 140 instalados, segundo o Ministério das Cidades (BRASIL, 2016b). Estes biodigestores situam-se nas regiões sul (principalmente o estado do Paraná, com 47 biodigestores), sudeste e em menor escala na centro-oeste. No Paraná, estado com maior percentual nacional de criação de suínos (17,8%), segundo a Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento (PARANÁ, 2018), 13% da energia gerada pelo estado, é advinda de biodigestores. E, devido ao tipo de produção nestes locais ser predominantemente de pequeno porte, o biodigestor mais indicado e utilizado é o do tipo Canadense. Hoje, 36,42% do total de biodigestores em operação no Brasil são destinados à suinocultura. O estado com o maior percentual de utilização do mecanismo a partir da produção de suínos para geração de bioenergia, é o Paraná, com 33,33%. Após os estados de Santa Catarina (21,56%) e Minas Gerais com percentual (19,60%), os estados do Mato Grosso, Rio Grande do Sul e Mato Grosso do Sul possuem respectivamente 13,72%, 9,80% e 1,96% (CIBIOGAS, 2018b).

Dos 51 biodigestores brasileiros utilizados na produção de suínos, 60,78% são encontrados em produções de pequeno porte, 29,41% em médio porte e 9,80% em grande porte. Isto se justifica pelo fato dos próprios governos estaduais, junto a entidades de pesquisa e que prestam assistência aos pequenos produtores, criarem projetos que não só divulguem os benefícios da implementação do mecanismo na produção, mas também consigam condições especiais para financiamento dos biodigestores junto às instituições financeiras. Apesar da grande representatividade, a capacidade dos biodigestores de pequeno porte é bem reduzida, o que faz com que eles sejam responsáveis por apenas 6,81% (31.283 m³/dia) do total de bioenergia produzido, restando 19,22% (88.327m³/dia) para os de médio porte e 73,97%

(339.909m³/dia) para os de grande porte (FONSECA; ARAÚJO; HENDGES, 2009; CIBIOGÁS, 2018a).

Ainda faz-se importante destacar que o total gerado de energia pelos biodigestores usados na suinocultura é de 459.518,65 m³/dia, destes 71,26% é destinado à energia elétrica, onde os Estados do Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e do Rio Grande do Sul são referência, possuindo respectivamente 100%, 92,88% e 89,70% de sua produção por biodigestor voltada para este tipo de energia. Já a energia térmica é responsável por 14,57% do total de energia gerada pelos biodigestores implementados na produção de suínos, e é do Estado de Santa Catarina que advém 80,27% desta produção. Este percentual é aproximadamente 70% superior ao encontrado no Mato Grosso que ocupa a segunda posição no critério de produção. Os 14,17% restantes da produção total da suinocultura são referentes à energia mecânica, onde 59,44% advém do Estado de Santa Catarina (CIBIOGÁS, 2018a).

O aumento na consolidação do uso de biodigestores teve início em 2010, devido ao decreto nº 7.390/2010, onde o governo brasileiro criou o Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas (Plano ABC – Agricultura de Baixa Emissão de Carbono). O mesmo possui como finalidade planejar e organizar ações que visem a utilização de tecnologias sustentáveis, a fim de garantir a redução de emissões de gases de efeito estufa do setor agropecuário do país entre 2010 e 2020. Assim, desde 2010, o Brasil comprometeu-se a disponibilizar, em forma de crédito rural, o total de R\$ 157 bilhões como forma de incentivo aos produtores, bem como a disseminação de conhecimento relacionado à utilização dos biodigestores. Espera-se que, até 2020, 4,4 milhões de toneladas de dejetos de animais sejam tratados (BRASIL, 2016a).

Tabela 5 - Custo total da produção de energia a partir do biogás (CTB) para biodigestor modelo Canadense

Quantidade de Animais	Modelo Canadense		
	CA(R\$)	PB(kWh)	CTB(R\$/kWh)
20	746,20	14.293,40	0,050
40	746,20	28.586,80	0,026
60	746,20	42.880,20	0,017
80	1.121,80	57.173,60	0,019
100	1.121,80	71.467,00	0,015

Fonte: Elaborado pela autora com base em Calza et al (2015).

Ao analisar a tabela 4 junto a 5, verifica-se que quanto maior o número de suínos produzindo dejetos, menor será o custo total da produção de energia a partir do biogás. Ratifica-

se que existe a tendência de diluição do custo de implantação de biodigestores por animal. O custo de energia gerada a partir do biogás também segue a mesma tendência, ou seja, diminui com a elevação da quantidade de suínos utilizados na produção. Com o enfoque na análise do modelo Canadense (o mais utilizado no Brasil), o interessante é que o custo anualizado da produção de energia mantém-se constante nas quantidades 20, 40 e 60. Ele aumenta, entretanto, 66,51% na passagem de 60 para 80 animais. Mas é claro que, com o acréscimo exacerbado do custo anualizado também se eleva a capacidade do biodigestor. Isto ocorre naturalmente, em função de sua correlação direta.

Assim, para construção e discussão dos cenários propostos com base nos itens relacionados à políticas ambientais destacados anteriormente, utilizou-se um modelo de otimização estática de equilíbrio espacial, o PCM.

3 METODOLOGIA

Para desenvolvimento da pesquisa, faz-se uso de um modelo de otimização estática de equilíbrio espacial apresentado na forma de um Problema de Complementaridade Mista (PCM), apresentado por Rutherford (1995), Ferris e Munson (2000), e Bishop, Nicholson e Pratt (2001). A ideia central do PCM parte das condições Karush-Kuhn-Tucker (KKT) do problema de maximização da função *Net Social Payoff* (NSP), e pondera as funções oferta e demanda para cada produto e respectiva região, bem como a incidência de medidas comerciais protetivas (ex.: barreiras) e gastos com transporte, resultando assim na estimação dos fluxos comerciais, quantidades produzidas e demandadas e, inclusive de preços de equilíbrio. Além disso, os produtos são considerados como sendo homogêneos e, as preferências, a tecnologia disponível e o crescimento da população, como exógenos.

O modelo baseia-se em um sistema de equações simultâneas derivadas das funções oferta e demanda que são expostas na forma de desigualdades, estas podendo ser lineares ou não-lineares. Segundo Alvim e Waquil (2004), os resultados obtidos tanto no modelo de otimização da função NSP condicionada, quanto no PCM, são iguais, embora o primeiro apresente os preços de maneira implícita. Contudo, é a partir do PCM que é possível simular diretamente alterações que operam sobre os preços de mercado, como, por exemplo, as barreiras tarifárias. Por isso, a utilização deste último sistema é preferível em relação aos demais modelos de equilíbrio parcial que, embora semelhantes em relação ao primeiro, não possibilitam a introdução dos valores de tarifas, quotas-tarifárias e subsídios com facilidade. As equações expressas abaixo representam as condições iniciais do PCM para obtenção dos preços, quantidades produzidas e consumidas e os fluxos comerciais (já considerando valores tarifários).

$$\phi_i \geq 0, \left(\sum_j X_{i,j} - q_i^s \right) \cdot \phi_i = 0, \forall i, j \quad (1)$$

$$\lambda_j \geq 0, \left(q_j^d - \sum_i X_{i,j} \right) \cdot \lambda_j = 0, \forall i, j \quad (2)$$

$$X_{ij} \geq 0, \left(\lambda_j - \left(\phi_i - S_i + t_{i,j} \right) \cdot \left(1 + tar_{i,j} \right) \right) \cdot X_{i,j} = 0, \forall i, j \quad (3)$$

A partir da interpretação da primeira equação é possível verificar que, uma vez que o preço-sombra (ϕ_i) de uma determinada produção na região i for superior a zero, o termo entre parênteses (que corresponde respectivamente à soma das exportações da i -ésima região para a j -ésima região (X_{ij}) e ao total produzido na região i (q_i^s)) na equação (1) deve obrigatoriamente

ser igual a zero. Ou seja, o total produzido pela região i deve ser idêntico aos dos fluxos comerciais desta região para todas as demais, inclusive para ela mesma. A segunda equação tem igual interpretação à da equação (1), porém a variável responsável pela restrição da soma das importações de determinada região j advinda da região i ($X_{i,j}$) ao total consumido na mesma região j (q_j^d), é λ_j . Já a terceira equação é responsável pela explanação dos fluxos comerciais considerando custos de transporte ($t_{i,j}$), subsídios (S_i) e tarifas ($tar_{i,j}$) entre as regiões. Assim, o preço de determinado produto na região j advém da combinação destes fluxos comerciais e do preço na região produtora i . Todavia, pode ocorrer a não comercialização do produto, caso seu preço após a importação seja maior que o do mercado interno.

Ao convergir essas três equações, ainda se faz necessário o uso de uma quarta, que objetiva calibrar o modelo para uma melhor compreensão dos resultados, através da estimação dos custos das transações comerciais. O método proposto inicialmente por Paris et al (2011) com base nos trabalhos de Takayama e Judge (1964) e Samuelson (1952), foca-se na introdução de uma nova variável com função de ajuste aos problemas de otimização. Pois, segundo os autores, as especificações de programação matemática normalmente apontam diferenças, justificadas pela imprecisão dos custos de transação entre o resultado e os dados observados de oferta, demanda e do próprio fluxo comercial entre os países. Então, adaptando esse modelo ao PCM, é possível obter as estimativas através de duas etapas. Na primeira, $\gamma_{i,j}$ é endógeno ao modelo, e portanto, estabelecido a partir dos custos de transações entre as regiões produtora (i) e consumidora (j). É nesta etapa também, que é realizada a ponderação das quantidades e preços de demanda e oferta, as quantidades do fluxo comercial, os custos de transportes, e os custos de transações comerciais, que por sua vez, são dados através de:

$$\sum_j X_{i,j} \leq q_i^s \varphi_i \geq 0 \quad \left[q_i^s - \sum_j X_{i,j} \right] \varphi_i = 0 \quad (4)$$

$$q_j^d \leq \sum_i X_{i,j} \lambda_j \geq 0 \quad \left[\sum_i X_{i,j} - q_j^d \right] \lambda_j = 0 \quad (5)$$

$$X_{i,j} = \bar{X}_{i,j} \gamma_{i,j} = livre \quad [X_{i,j} - \bar{X}_{i,j}] \gamma_{i,j} = 0 \quad (6)$$

$$\lambda_j \leq \varphi_i + t_{i,j} + \gamma_{i,j} X_{i,j} \geq 0 \quad (\gamma_{i,j} + (t_{i,j} + \varphi_i)(1 + tar_{i,j}) + S_i - \lambda_j) X_{i,j} = 0 \quad (7)$$

A partir da quarta equação, corrobora-se que a soma do total de comercialização do país i para o país j será menor que a quantidade ofertada pelo país i , quando o preço de mercado ao produtor (φ_i) for zero. Porém, o volume total comercializado do país i para o país j será igual à quantidade ofertada no país i , se for superior a zero o preço que os produtores desejam receber. A mesma interpretação pode ser realizada para a equação (5), entretanto esta se refere à quantidade demandada e seu preço-sombra é representado por λ_j . O fluxo de comércio (relação de igualdade entre o fluxo observado e o estimado) entre as regiões i e j é representado pela equação (6). Esta é a parte do sistema de equações que permite estimar uma medida para os custos das transações, $\gamma_{i,j}$.

Na equação (7), os fluxos comerciais são associados aos diferenciais de preços a partir da consideração não só dos custos de transporte, mas também dos valores de subsídios e tarifas. Contudo, esta equação pressupõe não só o caso em que a combinação dos subsídios concedidos, do preço na região produtora i , dos custos de transação comercial, bem como das tarifas impostas sobre as importações advindas da região i resultam no preço do produto na região consumidora j , mas também que os fluxos comerciais de uma determinada região i para uma região j sejam maiores do que zero. É preciso destacar que, a única variável capaz de assumir valores, tanto positivos, quanto negativos, é a “custos de transações”, uma vez que, as políticas de comércio (ex.: subsídio) podem ser superiores aos próprios custos transacionais (PARIS et al, 2011). As demais variáveis são ou positivas e vinculadas a inequações, ou livres dependentes de equações (FERRIS; MUNSON, 2000). Ainda sobre a sétima equação, se a soma dos preços e custos (condição de complementaridade que determina que o preço de mercado da região de demanda j (λ_j) deve ser menor que o preço de oferta da região i (φ_i), acrescido dos custos de levar a mercadoria até a região de demanda (t_{ij}), dos custos das transações comerciais ($\gamma_{i,j}$), dos subsídios e do percentual de tarifa correspondente ao produto, que depende das políticas de cada país) apresentada for maior que a disposição que os consumidores tem a pagar, o comércio será prejudicado e sofrerá diminuição.

Após esta primeira etapa, os custos de transações são incluídos no modelo exogenamente. Assim, os preços e quantidades tanto de oferta quanto de demanda são estimados, e a quantidade de fluxo comercial passa a ser endógena. Neste momento, portanto, as equações do PCM permanecem as mesmas, com exceção da sétima equação que passa a ser substituída pela oitava (onde $\gamma_{i,j}$ passa a ser exógeno $\hat{\gamma}_{i,j}$). Ao unir as equações (4), (5) e (8) encontra-se a solução ótima, e a criação dos cenários base e alternativos passa a ser possível.

$$\lambda_j \leq \varphi_i + t_{i,j} + \gamma_{i,j} X_{i,j} \geq 0 \quad (\hat{\gamma}_{i,j} + (t_{i,j} + \varphi_i)(1 + tar_{i,j}) + S_i - \lambda_j) X_{i,j} = 0 \quad (8)$$

Os dois cenários propostos possuem como objetivo averiguar, na relação entre o Brasil e seus parceiros, as possíveis alterações ocorridas nas quantidades produzidas e consumidas, bem como no preço de comercialização do produto estudado. O intuito é verificar qual dos cenários apresenta maior benefício em relação à redução do percentual de emissão de gases de efeito estufa em comparação às metas propostas pelo país a partir do Acordo de Paris.

No primeiro cenário, a simulação é feita a partir de imposição da tarifa por quantidade emitida de carbono, o que provoca um desincentivo monetário à emissão. A tarifa é definida conforme segue:

- 1- O valor utilizado como referência para a tarifa é de R\$ 72,00 por tonelada métrica de CO₂ (€18) captada no solo, a exemplo do Reino Unido em 2016 (pioneiro na aplicação desta tarifa, bem como na obtenção de bons resultados);
- 2- Através da base de dados da FAO verificou-se a quantidade de cabeças de suínos brasileiros produzidos (39.225.283 cabeças considerando o peso médio de 100kg para cada animal segundo a FAO), bem como a média de quilogramas de CO₂ gerados na produção dos mesmos entre 2014 e 2016 (573.007.666 kg);
- 3- Com isso, descobriu-se de maneira proporcional que um suíno de 100 kg produziu 14,60 quilogramas de CO₂ neste período (ou seja, a cada 1 kg de suíno são produzidos 0,146 kg de CO₂, logo, 1 tonelada produz 146 kg de CO₂);
- 4- Assim, se para 1000kg de CO₂ a tarifa é de R\$ 72,00, então para 146kg de CO₂ a tarifa é de R\$/t 10,51. Destaca-se ainda, que há quebra de 50% do peso do animal quando é abatido. Desta forma foi necessário multiplicar por 2 o valor da tarifa para chegar ao equivalente da carne a ser consumida. Logo, a tarifa utilizada foi R\$/t 21,02 (R\$/Kg 0,021).

O segundo cenário será simulado a partir do fornecimento de subsídios a implantação de biodigestores na produção por parte dos produtores brasileiros de carne suína. Isto resultará na geração do biogás, que poderá ser reaproveitado na própria produção como fonte de energia elétrica, ou mesmo como receita adicional derivada de sua venda para a indústria. Para simulação deste cenário será acrescida uma receita adicional para os produtores brasileiros, calculada conforme Noronha et al (2009). O cálculo é explicado abaixo:

- 1- Sabe-se que, conforme dados da tabela 3, a estimativa para produção de biogás para 60 suínos é de 21,36 m³/dia e, conseqüentemente, 7689,6 m³/ano;

- 2- Assim, 39.225.283 suínos (dados da FAO para a produção no período estudado) produzem 5.027.112.269 m³/ano;
- 3- O custo do m³ do gás natural canalizado é R\$/m³ 0,1 (devido à precificação do biogás ser bastante volátil, o gás canalizado derivado de produção limpa foi escolhido conforme o Ministério de Minas e Energia (BRASIL, 2018b). Logo, a receita gerada é de R\$/m³ 502.711.227 (dada a produção anual calculada anteriormente);
- 4- O custo anualizado (com taxa de juros a 10% ao ano, vida útil das máquinas de 20 anos e custos de manutenção e operação de 5% ao ano) para construção de um biodigestor tipo canadense para 60 animais (cada um com 100kg) é de R\$ 746,20, conforme tabela 4.
- 5- Logo, 39.225.283 cabeças de suínos de 100kg (FAO, 2018) tem um custo anualizado de R\$ 487.831.770. A renda adicional total gerada será então R\$ 14.879.457, que corresponde à diferença entre R\$ 502.711.227 e R\$ 487.831.770. Logo, a receita adicional para os suínos é de R\$/t 379,33 e R\$/Kg 0,379.

Assim, há o acréscimo de uma receita adicional de R\$/Kg 0,379 para os produtores no Brasil, além da cobrança da tarifa de carbono de R\$/Kg 0,021. Enfatiza-se que as simulações de ambos os cenários foram realizadas considerando a unidade monetária Dólar (US\$) como padrão, logo, para geração dos resultados foi necessária a conversão da tarifa e da receita adicional advinda dos biodigestores para a moeda norte-americana. Para tal, utilizou-se a cotação de 28 de fevereiro de 2019, quando R\$ 1,00 equivalia à US\$ 3,73. Destaca-se ainda que serão considerados de maneira agregada (devido à impossibilidade de desagregação do modelo) alguns outros custos como o de informação, perdas de mercadoria no processo de armazenamento, roubo e de arbitragem.

As regiões escolhidas para a realização da pesquisa foram, além do Brasil, a Argentina, EUA, UE, China e Resto do Mundo (no qual usou-se dados da Rússia, principal importador de carnes brasileiras), que são considerados os principais produtores e consumidores de carne suína, além de serem os parceiros brasileiros de maior relevância na comercialização do produto. Os valores de consumo e produção foram obtidos para cada região através do Un Comtrade (2018) e os de exportação e importação a partir dos dados disponibilizados pela OECD (2018) (e convertidos na unidade CWE que corresponde à carcaça do animal). Para confecção dos fluxos comerciais, considerou-se uma média entre os anos de 2014, 2015 e 2016, assim como para as tarifas de importação, adquiridas na base de dados da WTO (2018). Os

valores referentes ao frete marítimo entre as regiões selecionadas foram obtidos através de cálculo realizado na World Freight Rates (2018), considerando as distâncias em milhas náuticas, os preços adquiridos na FAO por quilograma de carne suína e o transporte em containeres de 40pt. Os dados de elasticidades foram adquiridos na Food and Agricultural Policy Research Institute (FAPRI, 2018). Já os números referentes à produção de biogás para o ano de 2016, têm como base de dados o CIBIOGÁS (2018a; 2018b) (Centro Internacional de Energias Renováveis – Biogás). Todos estes dados observados são expostos no capítulo 2 do presente trabalho e foram utilizados para a obtenção das estimativas e testes de validação do modelo, no qual as simulações foram realizadas com o uso do *General Algebraic Modelling System*– GAMS.

RESULTADOS

A geração dos resultados é dividida em duas etapas. A primeira é responsável pela calibração do modelo, bem como pela geração de custos das transações comerciais entre as regiões selecionadas. A segunda fase tem por objetivo apresentar o cenário-base e os cenários-alternativos.

3.1 CALIBRAÇÃO DO MODELO

Com o intuito de corrigir possíveis distorções entre os dados observados (reais) e os estimados, foi realizada a calibração do modelo. Para tal, foram calculados na primeira fase, com base em informações reais, os custos de transações comerciais (de maneira agregada), juntamente com os preços de equilíbrio do mercado (preço-sombra) (PARIS et al, 2011). Os valores estimados equivalem à realidade e, portanto, confirmam a adequação dos coeficientes e da estrutura do modelo, conforme visto na tabela 7. Assim, constatou-se que, em relação às variáveis produção, consumo, preços e exportação, o modelo estimado representa devidamente o mercado internacional de carne suína no período selecionado, considerando os países parceiros destacados. Os custos de transações comerciais mencionados anteriormente encontram-se ordenados decrescentemente por valor na tabela 6, disposta a seguir.

Tabela 6 - Custos das transações comerciais no mercado internacional de carne suína para as regiões selecionadas – média 2014 a 2016

Países			Países		
Custo das transações			Custo das transações		
Exportador	Importador	US\$/t.	Exportador	Importador	US\$/t.
Argentina	RM	373	UE	RM	219
Argentina	China	337	EUA	China	215
Brasil	RM	336	UE	China	102
Brasil	China	307	Argentina	UE	60
EUA	RM	296	Brasil	UE	35

Fonte: Elaborado pela autora, a partir das estimativas geradas pelo modelo.

As exportações da Argentina e do Brasil possuem os maiores e os menores custos de transação dentre as regiões estudadas. Para o RM e para a China são observados os maiores custos de transação, sendo respectivamente de US\$ 373 e US\$ 336 por tonelada de carne suína

para exportar para o RM, e US\$ 337 e US\$ 307 para enviar o produto para a China. Já os menores custos encontrados foram para a UE. Ressalta-se que os custos de transações são fundamentais para realização do melhor ajuste do cenário-base (estimado) em relação aos valores observados para as variáveis utilizadas na pesquisa, auxiliando favoravelmente no fechamento do modelo. Em seguida são apresentados os cenário-base e alternativos.

3.2 CENÁRIO-BASE E CENÁRIOS ALTERNATIVOS

Para a construção dos cenários, fez-se uso das mesmas variáveis já apresentadas. O cenário-base é utilizado como referência para a confecção dos cenários alternativos e é gerado a partir dos resultados da segunda fase do modelo. Esses resultados são convalidados por meio de seu confronto com aqueles obtidos em primeira fase. Utilizou-se o documento de análise confeccionado pelo Observatório do Clima e Imafora (2018) para investigação dos resultados em relação às metas brasileiras do Acordo de Paris. A tabela 7 apresenta as quantidades (oferta e demanda) e preços após a realização da referida calibração, com inclusão dos custos de transações comerciais expostos na tabela 6.

Tabela 7 - Valores estimados (primeira fase) e o cenário-base (CB) para quantidades e preços no mercado internacional de carne suína – média 2014 a 2016

Países	Quantidade de oferta			Quantidade de demanda			Preços		
	1ª fase ton(CWE)	CB ton(CWE)	Dif. (%)	1ª fase ton(CWE)	CB ton(CWE)	Dif. (%)	1ª fase (US\$/t.)	CB (US\$/t.)	Dif. (%)
Argentina	464,54	464,55	0,00	488,05	488,07	0,00	1720	1720	0,00
Brasil	3.678,07	3.678,27	0,01	3.114,59	3.114,67	0,00	1760	1760	0,00
EUA	10.776,07	10.776,06	0,00	9.155,92	9.155,95	0,00	1880	1880	0,00
UE	23.344,88	23.346,64	0,01	21.010,00	21.010,98	0,00	1990	1990	0,00
China	53.470,92	53.470,07	0,00	54.440,85	54.441,02	0,00	2740	2740	0,00
RM	24.762,00	24.761,03	0,00	28.285,99	28.285,94	0,00	2970	2970	0,00

Fonte: Elaborado pela autora, a partir das estimativas geradas pelo modelo.

Os percentuais expressos na tabela 7 indicam que os preços e os valores de oferta e demanda praticamente não tiveram alterações em relação aos estimados em primeira fase. Por isso, confirma-se que estes valores (cenário-base) podem ser utilizados como parâmetro para construção dos cenários alternativos. Atentando-se aos preços, vê-se que Argentina e Brasil detêm os menores valores, o que se justifica pelo baixo custo de produção encontrado nestes

países. Segundo a EMBRAPA (2017), em 2016 o custo brasileiro foi de R\$ 246,70, ficando atrás apenas dos EUA (1,81% mais barato), devido a um aumento no custo da ração no país ocorrido no referido ano (o aumento deveu-se pela ocorrência da crise do milho). Além disso, outros elementos contribuem para a baixa precificação como o clima tropical, o baixo custo da mão de obra, a capacitação para o manejo, sua própria extensão territorial e elevada capacidade produtiva de grãos, como a soja, que serve de alimento para os animais (SARTOR; SOUZA; TINOCO, 2004; MOREIRA; FEHR; DUARTE, 2017).

Com a crise financeira argentina, a população passou a apreciar e consumir em maior quantidade a carne suína, uma vez que, além das propriedades nutricionais, o preço do produto destacava-se em relação aos demais tipos de carne. Além disso, a Argentina possui condições geográficas e climáticas favoráveis (a exemplo do Brasil) para produção do produto e inclusive é uma região considerada como “livre de febre aftosa” desde 2006. Estas questões, juntamente com a elevação na quantidade de frigoríficos em operação no país, serviram de impulso para que em 2016 o principal parceiro brasileiro do MERCOSUL aumentasse sua produção de suínos e buscasse a retomada de suas exportações. Atualmente o país possui acordos de importação do produto com o Brasil e EUA (DE ZEN et al, 2017; TAPIAS, 2013).

As condições climáticas desfavoráveis chinesas (no calor extremo, dificultando o controle das temperaturas nos galpões pelos agricultores, resultando em um maior número de venda destes animais e conseqüentemente menor quantidade de abate) e sua alta demanda por carne suína justificam o fato de seu preço ser aproximadamente 56% superior ao brasileiro. Já os mercados dos EUA e UE têm grande proteção (barreiras tarifárias e não tarifárias) e, conseqüentemente, níveis de importação bastante baixos, 9,46% e 3,12%, respectivamente. Assim, apesar de possuírem baixos custos de produção, a elevada incidência de medidas protetivas faz com que seus preços atinjam patamares medianos (GUIMARÃES, 2017).

O primeiro cenário alternativo, retratado na tabela 8, simula a imposição para os produtores brasileiros de uma tarifa de R\$/Kg 0,021. Com essa imposição, apesar dos importadores (Argentina, China e RM) e exportadores (BRASIL, EUA e UE) líquidos permanecerem os mesmos em relação ao cenário base, os fluxos comerciais entre as regiões alteraram-se. Assim, no que se refere à produção mundial dos países parceiros do Brasil, as perdas dos consumidores são compensadas pelos ganhos dos produtores, e seus preços de oferta e demanda elevam-se em média 0,1%. Quanto às relações de comércio, a Argentina continua a não realizar exportações, porém importa dos EUA exatamente a quantidade que antes era negociada com o Brasil (porém antes não havia cobrança de tarifas). Os EUA, que exportavam para a China e RM e importavam da UE e RM, agora comercializam apenas para a Argentina

e UE. Destaca-se que as negociações antes não existentes entre EUA e UE agora são bastante significativas (quase 100% das exportações dos EUA são destinadas à UE, e o contrário corresponde à 40%). A China também passou a negociar com a UE, o que antes negociava com o RM, e o RM agora consome tudo o que produz.

Tabela 8 - Cenário-base (CB) e o cenário alternativo com imposição da tarifa de carbono (CTC) no mercado internacional de carne suína (média 2014 a 2016)

Países	Quantidade de oferta			Quantidade de demanda			Preço de oferta			Preço de demanda		
	CB	CTC	Dif.	CB	CTC	Dif.	CB	CTC	Dif.	CB	CTC	Dif.
	ton(CWE)	ton(CWE)	(%)	ton(CWE)	ton(CWE)	(%)	(US\$/t.)	(US\$/t.)	(%)	(US\$/t.)	(US\$/t.)	(%)
Argentina	464,55	464,73	0,04	488,07	487,92	-0,03	1720	1722	0,12	1720	1722	0,12
Brasil	3.678,27	3.621,94	-1,53	3.114,67	3.113,90	-0,02	1760	1684	-4,32	1760	1762	0,11
EUA	10.776,06	10.776,17	0,00	9.155,95	9.153,05	-0,03	1880	1882	0,11	1880	1882	0,11
UE	23.346,64	23.354,40	0,03	21.010,98	21.007,06	-0,02	1990	1992	0,10	1990	1992	0,10
China	53.470,07	53.494,23	0,05	54.441,02	54.436,11	-0,01	2740	2742	0,07	2740	2742	0,07
RM	24.761,03	24.768,34	0,03	28.285,94	28.281,77	-0,01	2970	2972	0,07	2970	2972	0,07

Fonte: Elaborado pela autora, a partir das estimativas geradas pelo modelo.

A produção brasileira diminuiu 1,53% e os preços de oferta reduziram-se em 4,32%, enquanto a demanda e seu respectivo preço quase não sofreram alterações, indicando que o cenário favorece os consumidores e prejudica os produtores. As exportações brasileiras que antes eram destinadas à Argentina (2,85%), China (22,75%) e RM (74,40%), elevaram-se e passaram a destinar-se totalmente à China. Devido à elevação dos preços de oferta dos países parceiros e queda do preço brasileiro, o país destinou sua produção ao consumo chinês, que possui um preço de demanda cerca de 36% superior ao seu e menor exigência sanitária visando maiores ganhos. Já as importações foram realizadas da EU, rendendo ao Brasil um ganho de US\$ 4.561.505,94.

Observa-se que, dos 499 MtCO_{2e} emitidos pela agropecuária em 2016, 2% advém dos suínos. Comparando-se com as metas brasileiras propostas durante a COP21, na qual ocorreu a consolidação do Acordo de Paris, se implementada a cobrança da tarifa, haveria uma redução nas emissões de GEE pelos suínos de aproximadamente 14% até 2025 e 21% até 2030, o que representaria uma diminuição de aproximadamente 2% (até 2025) e 3% (até 2030) das emissões totais da agropecuária à níveis de 2016. Entretanto, mesmo com essa redução, considerando um crescimento anual de 3,5% das emissões do setor, conforme dados do Observatório do Clima (2018), as emissões do setor alcançariam 646,21 MtCO_{2e} e 738,52 MtCO_{2e}, respectivamente em 2025 e 2030, sendo 37% maior do que a meta em 2025 (470 MtCO_{2e}) e 51% maior em 2030 (489 MtCO_{2e}).

Assim, os resultados apontados pelo cenário apresentaram pouca variação nas quantidades produzidas, não demonstrando indícios relevantes em relação a uma possível diminuição da emissão de CO₂ por parte da produção de suínos no Brasil. Indica-se, portanto, que apenas a imposição da tarifa de carbono no país, não é suficientemente eficaz no combate à emissão de GEE.

No segundo cenário ocorre a concessão de um subsídio, derivado da renda adicional obtida por utilização de biodigestor na produção de suínos brasileira. Esta renda tem o valor de R\$/Kg 0,379. Os resultados dessa simulação são vistos na tabela 9, exibida abaixo.

Tabela 9 - Cenário-base (CB) e o cenário alternativo com receita adicional devido à implantação de biodigestores na produção (CRB) no mercado internacional de carne suína (média 2014 a 2016)

Países	Quantidade de oferta			Quantidade de demanda			Preço de oferta			Preço de demanda		
	CB	CRB	Dif.	CB	CRB	Dif.	CB	CRB	Dif.	CB	CRB	Dif.
	ton(CWE)	ton(CWE)	(%)	ton(CWE)	ton(CWE)	(%)	(US\$/t.)	(US\$/t.)	(%)	(US\$/t.)	(US\$/t.)	(%)
Argentina	464,55	462,49	-0,44	488,07	488,69	0,13	1720	1695	-1,45	1720	1691	-1,69
Brasil	3.678,27	4.362,14	18,59	3.114,67	3.124,81	0,33	1760	2865	62,78	1760	1731	-1,65
EUA	10.776,06	10.774,59	-0,01	9.155,95	9.201,20	0,49	1880	1855	-1,33	1880	1854	-1,38
UE	23.346,64	23.226,19	-0,52	21.010,98	21.052,13	0,20	1990	1965	-1,26	1990	1964	-1,31
China	53.470,07	53.217,92	-0,47	54.441,02	54.500,97	0,11	2740	2714	-0,95	2740	2710	-1,09
RM	24.761,03	24.676,44	-0,34	28.285,94	28.350,98	0,23	2970	2945	-0,84	2970	2936	-1,14

Fonte: Elaborado pela autora, a partir das estimativas geradas pelo modelo.

Verifica-se na tabela 9, que os países parceiros do Brasil possuem perdas na oferta que são parcialmente compensadas pela demanda. Entretanto, destaca-se que há diminuição tanto nos preços de oferta (com exceção do Brasil) quanto nos preços de demanda. Em relação aos fluxos comerciais, é importante apontar que apesar das alterações existentes em comparação ao cenário base e ao primeiro cenário, os importadores e exportadores líquidos permanecem os mesmos. Ainda sobre os novos fluxos comerciais, destaca-se a expansão das exportações da UE para os EUA, além da grande participação da China em importações e exportações. Argentina, EUA, UE e Brasil, negociam com a China visando atingir maiores ganhos ao final das transações, uma vez que, mesmo diminuindo, o preço Chinês ainda é maior que o preço de ambos os parceiros do MERCOSUL. Esta estratégia mostra-se interessante, principalmente pelo lado brasileiro, pois há grande aumento de seu preço de oferta (aproximadamente 60%). O mesmo, porém, não é acompanhado pelo preço da demanda. Assim, garantir ganhos na exportação pode compensar as perdas no mercado interno.

Destaca-se que os consumidores brasileiros não sofrem prejuízo neste cenário, uma vez que há pequeno aumento na demanda e a redução ocorrida no preço de demanda acompanha a diminuição mundial média de 1,4%. Entretanto, seu preço de oferta aumenta consideravelmente, em função não só da elevação da quantidade produzida em 18%, mas também dos custos com a implantação dos biodigestores, ficando 70% mais alto do que o obtido no primeiro cenário.

Contudo, apesar do primeiro cenário ser mais favorável aos países parceiros do Brasil, para este a implementação de biodigestores, quando o objetivo é a redução de emissões de GEE, mostra-se melhor em detrimento da aplicação da tarifa. Com a utilização dos biodigestores haveria uma redução nas emissões de GEE até 2025 de 6% e até 2030 de 9%, em relação ao nível de 2016 e o valor estimado de emissão para 2025 seria de 626,25 MtCO_{2e} e para 2030 de 698,60 MtCO_{2e}, o que ainda indicaria uma superação das metas propostas para a agropecuária em 2025 e 2030 de 32,5% (470 MtCO_{2e}) e 42% (489 MtCO_{2e}), respectivamente. Apesar desta superação, em comparação às variações estimadas no primeiro cenário, os valores reduzem-se 4,5% (2025) e 6% (2030) a mais, o que torna este preferível em detrimento do anterior. Além disso, a geração do biogás contribuiria para o aumento do percentual da participação de bioenergia na matriz energética do país, que em 2016 foi de 8% (33,84 MtCO_{2e}). A meta de elevação de 18% da mesma até 2030, atingindo assim 617 MtCO_{2e} não será alcançada, porém haverá um aumento de 10% (44 MtCO_{2e}) em relação à quantidade gerada em 2016.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo estudar os impactos oriundos das emissões de gases de efeito estufa (GEE) sobre a produção e exportação de suínos no Brasil, ponderando as metas de diminuição de emissões de GEE ratificadas pelo país em 2015 no Acordo de Paris. Para tanto, fez-se uso de um modelo de equilíbrio parcial formulado como um Problema de Complementaridade Mista (PCM), conforme apresentação por Rutherford (1995), Ferris e Munson (2000), e Bishop, Nicholson e Pratt (2001).

Diversas pesquisas foram desenvolvidas utilizando o método PCM no intuito de avaliar cenários potenciais do mercado agrícola brasileiro como Alvim (2003), Alvim e Waquil (2004), Oliveira e Silveira (2014), Alvim e Caetani (2014) e Bosio (2018), entretanto nenhum teve viés voltado à sustentabilidade ou referiu-se ao Acordo de Paris, como esta pesquisa. Através do PCM foi possível a construção de dois cenários alternativos, onde se buscou avaliar as distorções no mercado de carne suína provocadas pela implantação de medidas voltadas à redução de emissão de GEE. Assim, foram estimados os cenários de cobrança da tarifa de carbono (1º) e de concessão de subsídios à utilização de biodigestores na produção (2º).

Dada a análise, observa-se em relação ao primeiro cenário alternativo, o qual simula a imposição de uma tarifa de carbono de R\$/Kg 0,021 à emissão dos produtores brasileiros, que os preços de oferta e demanda dos países parceiros do Brasil se elevam em média 0,1%, e que as perdas de seus consumidores são compensadas pelos ganhos na produção. Contudo, os importadores (Argentina, China e RM) e exportadores (Brasil, EUA e UE) líquidos permanecem os mesmos do cenário base, mas há alterações nos fluxos comerciais. Destes fluxos, destaca-se a Argentina, que acaba importando dos EUA exatamente a quantidade antes negociada com o Brasil e não realiza exportações. Destaca-se também, a consolidação e crescimento das negociações norte-americanas com a UE, uma vez que suas exportações passam a destinar-se quase em sua totalidade ao bloco econômico europeu.

Do mesmo modo este cenário é favorável aos consumidores brasileiros e prejudicial aos produtores, uma vez que houve retração de 1,53% e 4,32% na produção e no preço de oferta do país, respectivamente, enquanto a demanda e seu preço quase não sofreram alterações. As exportações brasileiras elevaram-se e passaram a destinar-se totalmente à China, que possui um preço cerca de 36% superior ao seu e menor exigência sanitária. Já as importações foram realizadas da UE, o que rendeu ao país um ganho de US\$ 4.561.505,94.

No que se refere ao Acordo de Paris e às metas brasileiras propostas durante a COP21 visando o comprometimento de redução de emissões de GEE, com a realização da cobrança da tarifa, haveria uma redução de aproximadamente 14% até 2025 e 21% até 2030 na emissão dos suínos, culminando conseqüentemente numa diminuição de 2% (até 2025) e 3% (até 2030) das emissões totais da agropecuária à níveis de 2016. Porém, essa redução não é suficiente para o atingimento das metas do setor agropecuário de 470 MtCO_{2e} (2025) e 489 MtCO_{2e} (2030). Com os resultados obtidos neste cenário, as metas do setor ainda serão superadas em 37% em 2025 e 51% em 2030, alcançando as respectivas quantidades emitidas de 646,21 MtCO_{2e} (2025) e 738,52 MtCO_{2e} (2030). Indica-se, portanto, que apenas a imposição da tarifa de carbono para a produção de suínos não é suficientemente eficaz para o objetivo proposto, isto considerando um crescimento anual de 3,5% das emissões do setor, conforme dados do Observatório do Clima (2018).

Quanto ao segundo cenário que propõe a concessão de um subsídio, derivado da renda adicional de R\$/Kg 0,379 obtida por utilização de biodigestores na produção brasileira de suínos, frisa-se que as perdas na quantidade de oferta existentes para os países parceiros do Brasil são parcialmente compensadas pelos ganhos na demanda. Em relação aos preços, houve uma redução geral média (com exceção da oferta do Brasil) de 1,4% em ambos. Os importadores e exportadores líquidos permaneceram os mesmos apontados no cenário base e no primeiro cenário alternativo. As modificações ocorridas nas relações comerciais, entretanto, diferiram das encontradas no cenário 1. Sobre este ponto enfatiza-se a grande participação da China nas importações e exportações, além das exportações da UE para os EUA.

No tocante ao Brasil, vê-se que seu preço de oferta aumenta consideravelmente em função não só da elevação da quantidade produzida em 18%, mas também dos custos com a implantação dos biodigestores, ficando assim, cerca de 70% superior ao obtido no primeiro cenário. Portanto, a redução de emissões brasileira será maior com a implementação de biodigestores, mesmo que, neste cenário, o aumento da produção seja superior ao dobro do aumento no cenário 1, pois há uma destinação sustentável a estes resíduos, resultando em maior redução de emissões.

Deste modo, os resultados deste cenário contribuem para uma redução nas emissões da agropecuária até 2025 de 6% e até 2030 de 9%, em relação à quantidade de 2016. Em 2025 as emissões atingirão 626,25 MtCO_{2e} e 698,60 MtCO_{2e} em 2030, o que ainda indicaria uma superação das metas propostas para a agropecuária em 2025 e 2030 de 32,5% (470 MtCO_{2e}) e 42% (489 MtCO_{2e}), respectivamente. Assim, para o atingimento da meta de emissões totais máximas pelos setores brasileiros em 2025 de 1.343 MtCO_{2e} (37% inferior ao valor de 2005)

e em 2030 de 1.208 MtCO_{2e} (43% inferior ao valor de 2005), será necessário que os demais setores compensem a excessiva emissão da agropecuária. Entretanto, a redução proporcionada pela utilização dos biodigestores será de 4,5% e 6% superiores, em relação ao valor estimado do primeiro cenário para 2025 e, também para 2030, tornando-o preferível, em detrimento do primeiro.

Além disso, os biodigestores contribuem para o aumento do percentual de participação de bioenergia na matriz energética do país através da geração do biogás. Esta elevação, contudo, não será suficiente para o alcance da meta. Conforme proposta brasileira feita durante a COP21 em Paris, o Brasil espera que, até 2030, a participação de bioenergia em sua matriz energética eleve-se em 18%. Hoje a bioenergia representa 8% (33,84 MtCO_{2e}) do gerado pelo setor energético. Com o incremento advindo deste cenário de 44 MtCO_{2e} até 2030, a mesma aumentará em 10%, à níveis de 2016.

Todavia, apesar da contribuição fornecida pelo estudo no âmbito do desenvolvimento sustentável, o mesmo apresentou uma limitação pontual que impossibilitou a introdução de valores referentes aos subsídios nos cenários estudados, pois não foram encontradas bases de dados que dispusessem dessas informações para os mercados dos EUA e UE.

REFERÊNCIAS

- ALICEWEB. In: _____. **AliceWeb Database**. Brasil, 2018. Disponível em: <<http://aliceweb.mdic.gov.br/>>. Acesso em: 10 jan. 2018.
- ALMEIDA, J. S. **Acordo sobre a aplicação de medidas sanitárias e fitossanitárias: balanço de uma década buscando o equilíbrio entre a proteção do comércio e a proteção da saúde dos consumidores**. Santiago, Chile: ONU e CEPAL, 2005. (Texto para discussão, 59). Disponível em: <<http://www20.iadb.org/intal/catalogo/PE/2010/06507.pdf>>. Acesso em: 22 jan. 2018.
- ALVES, R. S.; OLIVEIRA, L. A.; LOPES, P. L. **Crédito de carbono: o mercado de crédito de carbono no Brasil**. 2013. Apresentado no X Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, São Paulo, 2013. Disponível em: <<https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos13/2018412.pdf>>. Acesso em: 29. set. 2017.
- ALVIM, A. M. **Os impactos dos novos acordos de livre comércio sobre o mercado de arroz no Brasil: um modelo de alocação espacial e temporal**. 2003. Tese (Doutorado em Economia) – Programa de Pós-Graduação em Economia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
- ; CAETANI, M. I. **Mercado internacional da soja: Modelando os efeitos dos custos das transações e das barreiras comerciais**. Porto Alegre, 2015.
- ; WAQUIL, P. D. O Problema de Complementaridade Mista: um modelo de alocação espacial aplicado ao setor agrícola. In: Santos, M. L. e Vieira, W. C. **Métodos Quantitativos em Economia**. Viçosa: UFV, 2004. p.161-190.
- ANDREAZZI, M. A. et al.; Destinação de resíduos da suinocultura em granjas das regiões noroeste e sudoeste do Paraná. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 19, n. 3, p. 744-751, set./dez. 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/reget/article/viewFile/17911/pdf>>. Acesso em: 12. Nov. 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL – ABPA. **Produção Brasileira de Carne Suína (Mil Ton)**. In: _____. Suinocultura: Estatísticas do mercado Interno. Brasil, 2017. Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/setores/suinocultura/mercado-interno/porco/producao-brasileira-de-carne-suina-ton>>. Acesso em: 12 abr. 2018.
- BISHOP, P. M.; NICHOLSON, C.F.; PRATT, J. E. **Tariff-Rate Quotas: difficult to model or plain simple**. Wellington: NZIER, 2001. (Paper for discussion, 7). Disponível em: <https://nzier.org.nz/static/media/filer_public/a3/7c/a37c5901-01c0-4990-9fe0-ffda8e54b02a/wp2001-07_tariff_rate_quotas.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2018.

BOSIO, E. L. **Os efeitos do acordo de associação transpacífico (TPP) e do acordo de parceria transatlântico de comércio e investimento (TTIP) sobre o mercado internacional de fertilizantes.** 2018. Dissertação (Mestrado em Economia do Desenvolvimento) – Programa de Pós-Graduação em Economia, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. **Plano ABC - Agricultura de Baixa Emissão de Carbono.** Brasil, 2016a. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/plano-abc-agricultura-de-baixa-emissao-de-carbono>>. Acesso em: 17 abr. 2018.

----- **Saldo comercial do agronegócio alcança US\$ 7,79 bilhões em março.** Brasil, 2018a. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/noticias/saldo-comercial-do-agronegocio-alcanca-us-7-79-bilhoes-em-marco>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

-----. Ministério das Cidades. **Iniciativas do Projeto Brasil** – Alemanha de fomento ao aproveitamento energético do biogás no Brasil. Brasil, 2016b. Disponível em: <<http://www.abconsindcon.com.br/ena/edicoes-antiores/6-ENA/1/3/Iniciativas%20do%20Projeto%20Brasil%20-%20Alemanha%20de%20fomento%20ao%20aproveitamento%20energ%C3%A9tico%20do%20biog%C3%A1s%20no%20Brasil.pdf>>. Acesso em: 17 abr. 2018.

-----. Ministério das Relações Exteriores – MRE. **Protocolo de Quioto.** Brasil, 2000. Disponível em: <http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/Protocolo_Quito.pdf>. Acesso em: 26. set. 2017.

-----. Ministério de Minas e Energia – MME. **Em 2016, biomassa é a segunda maior fonte de energia.** Brasil, 2016c. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2017/03/em-2016-biomassa-e-a-segunda-maior-fonte-de-energia>>. Acesso em: 18 mai. 2018.

-----. Ministério de Minas e Energia – MME. **Boletim mensal de acompanhamento da indústria de gás natural.** Brasil, 2018b. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/1138769/0/Boletim_Gas_Natural_nr_126_AGO_17.pdf/570f9d68-8388-4008-a706-1b929685d171>. Acesso em: 28 fev. 2019.

-----. Ministério do Meio Ambiente – MMA. **Acordo de Paris.** Brasil, 2016d. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>> Acesso em: 18 mai. 2018.

CALZA, L. F. et al; Avaliação dos custos de implantação de biodigestores e da energia produzida pelo biogás. **Journal of the Brazilian Association of Agricultural Engineering**, Jaboticabal, v. 35, n. 6, nov./dez. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162015000600990&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 12. nov. 2017.

CARBON TAX CENTER. **What's a carbon tax?**. In: _____. New York, 2016a. Disponível em: <<https://www.carbontax.org/whats-a-carbon-tax/>>. Acesso em: 03. mar 2018.

----- . **WHERE Carbon Is Taxed: United Kingdom**. In: _____. New York, 2016b. Disponível em: <[https://www.carbontax.org/where-carbon-is-taxed/#United Kingdom](https://www.carbontax.org/where-carbon-is-taxed/#United%20Kingdom)>. Acesso em: 05. mar 2018.

CENTRO DE PESQUISAS ECONÔMICAS DA ESOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA LUIZ DE QUEIROZ DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – CEPEA ESALQ/USP. **Milho/CEPEA: Incertezas quanto à produtividade e alta do dólar elevam preço interno**. In: _____. São Paulo, SP, 2018. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/diarias-de-mercado/milho-cepea-incertezas-quanto-a-produtividade-e-alta-do-dolar-elevam-preco-interno.aspx>>. Acesso em: 19 jun. 2018.

----- . **Suínos: Embargo Russo afeta mercado interno**. In: _____. São Paulo, SP, 2015. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/diarias-de-mercado/suinos-embargo-russo-afeta-mercado-interno.aspx>. Acesso em: 19 jun. 2018.

CENTRO INTERNACIONAL DE ENERGIAS RENOVÁVEIS – CIBIOGÁS. In: _____. **BiogasMap**. Brasil, 2018a. Disponível em: <<https://cibiogas.org/biogasmapp>>. Acesso em: 18 mai. 2018.

----- . **MapBiogás: Um retrato do biogás no Brasil**. In: _____. Brasil, 2018b. Disponível em: <<http://mapbiogas.cibiogas.org/>>. Acesso em: 18 mai. 2018.

COSER, J. F.; et al. Estrutura de mercado internacional de carne suína e a participação brasileira. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.40, n.12, p. 14-25, dez. 2010. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/ftp/iea/publicacoes/ie/2010/tec2-1210.pdf>>. Acesso em: 17 Mar. 2018.

DE ZEN, Sérgio (Org.). **Custos Trimestrais de Suínos: Março 2017**. São Paulo, 2017. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/revista/pdf/0963921001489597567.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2019.

----- et al. **SUÍNOS/CEPEA: Exportação recorde não garante bom desempenho do setor em 2016**. Piracicaba, 2017. Disponível em: <www.cepea.esalq.usp.br/suinos/>. Acesso em: 21 mar. 2018.

DEPARTAMENTO DE PESQUISAS E ESTUDOS ECONÔMICOS DO BANCO BRADESCO- DEPEC. **Carne Suína: Junho de 2017**. In: _____. Brasil, 2017. Disponível em: <https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset_carne_suina.pdf>. Acesso em: 21 Mar. 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA.

Embrapa Suínos e Aves: Estatísticas e desempenho da Produção. In: _____.
Brasil, 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/estatisticas>>. Acesso em: 21 mar. 2018.

----- **Emissões de GEE.** In: _____. Brasil, 2015. Disponível em:
<<https://www.embrapa.br> >. Acesso em: 13 nov. 2017.

FARINA, E. & CONEJERO, M. **Mercado de carbono e as “regras do jogo”.** São Paulo: FEA/USP, 2003.

FERRIS, M.C.; MUNSON, T.S. **GAMS/PATH user guide**, version 4.3.
Washington D.C: GAMS Development Corporation, 2000.

FIGUEIREDO, A. M.; SANTOS, M. L. Leis agrícolas dos EUA: Síntese histórica e principais mudanças na política agrícola. 2009. **Informe Gepec**, [S.L.], v. 13, n. 1, p. 22-39, jan./jun. 2009. Disponível em: < <http://e-revista.unioeste.br/index.php/gepec/article/viewFile/1910/2023>>. Acesso em: 10 out. 2018.

FOOD AND AGRICULTURAL POLICY RESEARCH INSTITUTE – FAPRI.
Elasticity Database. In: _____. USA, 2018. Disponível em: <
<http://www.fapri.org/tools/elasticity.aspx>>. Acesso em: 02 dez. 2018.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION – FAO. Value of Agricultural Production and Trade Indices. In: _____. **FAO Database.** USA, 2018.
Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data>>. Acesso em: 20 set. 2018.

FONSECA, F. S. T.; ARAÚJO, A. R. A.; HENDGES, T. L. **Análise de Viabilidade Econômica de Biodigestores na Atividade Suinícola na Cidade de Balsas - MA: um estudo de caso.** 2009. Trabalho apresentado no Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, Porto Alegre, 2009. Disponível em: < <http://www.sober.org.br/palestra/13/687.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2018.

FUNDAÇÃO DE ESTUDOS DO COMÉRCIO EXTERIOR – FUNCEX. **Desafios e oportunidades à exportação de produtos brasileiros aos Estados Unidos.** In: _____. Sérgio Amaral (embaixada brasileira). Washington, 2018. Disponível em: < <https://sistemas.mre.gov.br/kitweb/datafiles/Washington/en-us/file/Desafios%20e%20Oportunidades%20à%20Exportação%20de%20Produtos%20Brasileiros%20aos%20EUA.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2018.

GASPAR, R. M. B. L. **Utilização de Biodigestores em Pequenas e Médias Propriedades Rurais, com Ênfase na Agregação de Valor: Um Estudo de Caso na Região de Toledo- PR.** 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

GUIMARÃES, D. et al. Suinocultura: Estrutura da cadeia produtiva, panorama do setor no Brasil e no mundo e o apoio do BNDES. **Agroindústria: BNDES**

Setorial, Brasil, 45. Ed., p. 85-136, 2017. Disponível em:
<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/11794/1/BS%2045%20Suinocultura%20-%20estrutura%20da%20cadeia%20produtiva%2C%20panorama%20do%20setor%20no%20Brasil%5B...%5D_P.pdf> Acesso em: 29 jan. 2018.

HAHN, R. W. The impact of economics on environmental policy. **Journal of Environmental Economics and Management**, San Francisco, v. 39, n. 3, p. 375-399, may 2000. Disponível em: <https://ac.els-cdn.com/S0095069699911191/1-s2.0-S0095069699911191-main.pdf?_tid=b1b8a37b-c38d-4a79-856d-7b1ed9d05dcd&acdnat=1551207727_1780e746dd6bdf0d073bfc5082760ea5>. Acesso em: 19 dez. 2018.

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY - IRENA. **Renewable Power Generation Costs in 2014: An Overview**. In: _____. Arab Emirates, 2015. Disponível em: <<https://www.irena.org/publications/2015/Jan/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2014>>. Acesso em: 26 nov. 2018.

INSTITUTO DO MANEJO E CERTIFICAÇÃO FLORESTAL E AGRÍCOLA - IMAFLORA. **Análise das Emissões de GEE no Brasil (1990-2012): Setor Agropecuário**. In: _____. São Paulo, 2014. Disponível em: <https://www.imaflora.org/downloads/biblioteca/53fb8083b4e88_SEEG_Agropecuaria.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2018.

LEICESTER, A. **Environmental taxes: economic principles and the UK experience**. London, UK: Institute for Fiscal Studies, 2012. (Paper for discussion). Disponível em: <https://www.ifs.org.uk/docs/chapter_leicester_uk2.pdf>. Acesso em: 04. mar 2018.

LIMA, P. N. **Certificações Ambientais e Comércio Internacional**. 2001. Dissertação (Mestrado em Direito) – Programa de Pós-Graduação em Direito, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

LUCAS JÚNIOR, J. de; SOUZA, C. de F.; LOPES, J. D. S. **Construção e Operação de Biodigestores**. Viçosa: CPT, 2003. 176 p.

MARCOVITCH, J. (Org.). **Os Compromissos de Paris e os ODS 2030: Energia, Florestas e Redução de GEE**. São Paulo, 2016. Disponível em: <<https://www.usp.br/mudarfuturo/cms/>>. Acesso em: 16 abr. 2018.

MOREIRA, B. A.; FEHR, L. C. F. A.; DUARTE, S.L. Análise das variáveis de custos de produção de suínos nas Regiões Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, XXIV, 2017, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: XXIV CBC, 2017, p. 3-16. Disponível em: <<https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/viewFile/3925/3926>>. Acesso em: 30 nov. 2018.

MUELLER, C. C. **Os economistas e as relações entre o sistema econômico e o meio ambiente**. 1 ed. Brasília, DF: UNB/FINATEC, 2007.

NAÇÕES UNIDAS. **Adoção do Acordo de Paris**. In: _____. França, 2015. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2016/04/Acordo-de-Paris.pdf>>. Acesso em: 10. nov. 2017.

NISHIMURA, R. **Análise de balanço energético de sistema de produção de biogás em granja de suínos**: implementação de aplicativo computacional. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) –Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2009.

NIX, J. **Carbon Tax: The Irish case**. Brussels, Belgium: Green Budget Europe, 2017. Disponível em: <http://www.climat.be/files/9614/8534/4227/BE_Carbon_Pricing_Debate-Nix-Ireland.pdf>. Acesso em: 03 mar 2018.

NORONHA, A. et al. **Mensuração dos custos de implantação de biodigestores na suinocultura**. 2009. Trabalho apresentado no XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção - A Engenharia de Produção e o Desenvolvimento Sustentável: Integrando Tecnologia e Gestão, Salvador, 2009.

OLIVEIRA, A. L. R.; SILVEIRA, J. M. F. J. **Implicações dos sistemas de segregação do milho na logística de transportes brasileira**: Aplicação de um problema de complementaridade mista. Campinas, 2014. Disponível em: <<http://pdf.blucher.com.br/s3-sa-east-1.amazonaws.com/marineengineeringproceedings/spolm2014/126715.pdf>>. Acesso em: 29 jan. 2019.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. **Análise de emissões de GEE no Brasil (1970-2014)**. In: _____. Brasil, 2017. Disponível em: <<http://seeg.eco.br/2014/12/06/seeg-2014-engl/>>. Acesso em: 21 mar. 2018.

-----; **Emissões de GEE no Brasil e suas implicações para políticas públicas e a contribuição brasileira para o Acordo de Paris**. In: _____. Brasil, 2018. Disponível em: <<http://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2018/08/Relatorios-SEEG-2018-Sintese-FINAL-v1.pdf>>. Acesso em: 29 jan. 2018.

-----; INSTITUTO DO MANEJO E CERTIFICAÇÃO FLORESTAL E AGRÍCOLA – IMAFLORA. **Emissões de GEE no Brasil: 2018 - Documento de Análise**. Brasil, 2018. Disponível em: <<http://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2018/.../Relatorios-SEEG-2018-Sintese-FINAL-v1.pdf>>. Acesso em: 28 jan. 2019.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO - OECD. **Agricultural Policy Indicators**. In: _____. **OECD Statistics**. Paris, 2018. Disponível em: <stats.oecd.org/>. Acesso em: 06 jun. 2018.

-----; **OECD environmental outlook**. OECD Environmental Outlook with prospects for 2020. In: _____. Paris, 2001. Disponível em: <<https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/9789264188563->

en.pdf?expires=1550162532&id=id&accname=ocid54025470&checksum=BF56D0A9F3E5428162F0914DBA206D40>. Acesso em: 06 jun. 2018.

OLIVER, A. P. M. **Manual de Treinamento em Biodigestão**. Versão 2.0. Brasil: Wirock International Brasil, 2008. Disponível em:<http://www.ieham.org/html/docs/Manual_Biodigestao.pdf> Acesso em: 17 abr. 2015.

PAES, N. L. (Org.). **Carbon and Fuel Taxes in Brazil**. Brasil, 2017. Disponível em:<https://www.thepmr.org/system/files/documents/PMR_Workshop_Carbon_Tax_Presentation_Nelson%20Paes.pdf>. Acesso em: 07 mar. 2018.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento. **Números da pecuária Paranaense: Ano 2018**. Curitiba, PR, 2018. Disponível em:<<http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/nppr.pdf>>. Acesso em: 17 mai. 2018.

PARIS, Q. et al. Calibrating spatial models of trade. **Journal of Economic Modeling**, Bruxelas, v. 28, n. 6, p. 2509 – 2516, nov. 2011.

RUBIN, L. S.; ILHA, A. S.; LOPES, T. A. M. Exportação de Carne Suína: Performance e Possibilidades frente à eliminação de barreiras. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Lavras, v. 14, n. 1, p. 28-45, jan. 2012. Disponível em:<<https://ageconsearch.umn.edu/bitstream/134190/2/3%20-%20Artigo%2009.506.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2018.

RUTHERFORD, T. F. Extension of GAMS for Complementarity Problems Arising in Applied Economic Analysis. **Journal of Economic Dynamics and Control**, Bruxelas, v.19, n. 8, p. 1299-1324, nov. 1995.

SACHS, I. **Rumo à ecossocioeconomia: teoria e prática do desenvolvimento**. 1 ed. São Paulo: Cortez Editora, 2007.

SAMUELSON, P. B. Spatial price equilibrium and linear programming. **The American Economic Review**, v.42, n. 3, EUA, p. 283-303, jun. 1952.

SARTOR, V.; SOUZA, C. F.; TINOCO, I. F. F. **Informações básicas para projetos de construções rurais: Instalações para suínos**. 1 ed., Viçosa, MG: UFV, 2004. Disponível em:<<http://arquivo.ufv.br/dea/ambiagro/arquivos/suinos.pdf>>. Acesso em: 28 dez. 2018.

SILVA, A. R. A. et al. Boletim de Inovação e Sustentabilidade. **BISUS**, São Paulo, v. 1, n. 2, p. 1-656, dez/2013. Disponível em:<<https://www.pucsp.br/sites/default/files/download/posgraduacao/programas/administracao/bisus/bisus-2s-2103-v1.pdf>>. Acesso em: 22 nov. 2018.

SILVA, M. V. M. O Oceano Ártico: Oportunidades da nova fronteira marítima. **Antíteses**, Londrina, v.7, n.13, p. 228-253, jan./jun. 2014. Disponível em:

<<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/antiteses/article/view/16469/14644>>.
Acesso em: 12 set. 2018.

TAKAYAMA, T.; JUDGE, G. Spatial equilibrium and quadratic programming. **Journal of Farm Economics**, EUA, v. 46, n. 1, p. 67-93, fev. 1964.

TAPIAS, B. A. Suíno: Crescimento da Produção na Argentina. **Revista Mercado & Negócios**, São Paulo, v. 33, n. 3, p. 31, dez. 2013.

UN COMTRADE. Departamento of Economic and Social. In: _____. **Get Data: Trade Statistics**. EUA, 2018. Disponível em: <<https://comtrade.un.org/data/>>.
Acesso em: 18 jun. 2018.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA. In: _____. **USDA data**. EUA, 2018. Disponível em: <<https://www.usda.gov/topics/data>>.
Acesso em: 20 mar. 2018.

WELCH, C. **Agronegócios e a agricultura familiar nos Estado Unidos**. Relatório do Núcleo de Estudos, Pesquisas e Projetos de Reforma Agrária (NERA) da UNESP e PUCSP. São Paulo, 2005. Disponível em:
<www2.fct.unesp.br/nera/publicacoes/CliffAgronegocioscite.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2018.

WORLD FREIGHT RATES. **Calculadora de fretes**. In: _____. Miami, 2018. Disponível em: <worldfreightrates.com/pt/freight>. Acesso em: 04 set. 2018.

WORLD TRADE ORGANIZATION - WTO. Statistical Indicators. In: _____. **WTO Data portal**. EUA, 2018. Disponível em:
<<http://stat.wto.org/Home/WSDBHome.aspx>>. Acesso em: 06 jun. 2018.